

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри водогосподарської
інженерії, доцент
_____ Володимир КОВАЛЕНКО
« ____ » червня 2023 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

на тему **Обґрунтування стану гідротехнічних споруд
«Антонівських ставків» на р. Суха Сура**

Виконала: здобувачка вищої освіти,
групи ГТБз-1-18
Спеціальність – 194 "Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні
технології"
Освітня програма „ Водна інженерія та
водні технології”

Вікторія ВОЛІК

(прізвище та ініціали)

Керівник : доц. Коваленко В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент : _____

(прізвище та ініціали)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра водогосподарської інженерії
перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність – 194 "Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології" Освітня програма „ Водна інженерія та водні технології”

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою водогосподарської інженерії
доц. _____ (Володимир КОВАЛЕНКО)
08 травня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу здобувачу вищої освіти
Волік Вікторії Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: **Обґрунтування стану гідротехнічних споруд «Антонівських ставків» на р. Суха Сура**
керівник роботи Коваленко Володимир Васильович, к. с.-г. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по агроуніверситету від «11» травня 2023 р. № 849

1. Термін здачі закінченої роботи : « 15 »_червня_ 2023 _р.
2. Вихідні дані до роботи

Матеріали інженерних вишукувань щодо сучасного стану гідротехнічних споруд на річці Суха Сура (РОВР, 2007-2009 рр.). Довідникові матеріали щодо гідрологічної вивченості території дослідження та її кліматичної характеристики. Матеріали ГІС-порталів та технологій для візуалізації об'єкту дослідження та обробки даних ДЗЗ (EOS, <https://eos.com/landviewer/>).

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити) Вступ. 1. Природно-кліматичні умови території проектування; 2. Гідрологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки. 3. Х-ка ГТС гідровузлів. 4. Розрахунок та аналіз пропуску надзвичайних витрат гідротехнічними спорудами «Антонівських ставків». 5. ОВНС-землі водного фонду. Висновки.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Презентація в середовищі Power Point: постановочна частина дипломної роботи; природно кліматичні умови, результати

досліджень, креслення, висновки. 2. Результати дослідження в ГІС QGIS – презентація основного картографічного матеріалу

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: «10» березня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. 1. Природно-кліматичні умови на території проектування (водозбір ставків);	02.2023 р.	
2	Гідрологічна вивченість території, гідрологічні та водогосподарські розрахунки	03.2023 р.	
3	Х-ка ГТС на водних об'єктах	03.2023 р.	
4	Розрахунок та аналіз пропуску надзвичайних витрат гідротехнічними спорудами ставків.	04.2023 р.	
5	<u>ОВНС-землі водного фонду</u>	05.2023 р.	
6	Висновки. Креслення. Презентація в PowerPoint та QGIS	01.06.2023 р.	
7	Поточний контроль виконання ДП за планом	05.06.2023р.	
8	Передзахист ДП на кафедрі	05.06.2023 р.	
9	Представлення ДП на рецензію	14.06.2021 р.	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Керівник роботи _____ / Коваленко В.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Рельєф місцевості.....	9
1.2 Геологічні та гідрогеологічні умови району досліджень	10
1.3 Коротка кліматична характеристика.....	13
1.4 Ґрунти на водозборі р. Суха Сура	19
2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАСЕЙНУ р. СУХА СУРА.....	21
2.1 Гідрографічна мережа.....	21
2.2 Гідрологічні та гідрометричні спостереження.....	26
2.3 Гідрологічний режим водотоків на водозборі р. Суха Сура	34
3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	37
3.1 Стік річки за рік та його внутрішньорічний розподіл.....	37
3.2 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку весняної поєні 43	43
3.3 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку дощового паводку	48
3.4 Трансформація максимального стоку.....	51
4 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ВОДОЗБОРІ РІЧКИ СУХА СУРА	55
4.1 Характеристика водосховищ	55
4.2 Зведені дані про ставки на водозборі річки	56

4.3 Інформація про гідротехнічні водоскидні споруди «Антонівських» ставків.....	58
5 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ПРОПУСКУ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДОСКИДАМИ «АНТОНІВСЬКИХ СТАВКІВ»	65
5.1 Визначення пропускної здатності водоскидів на водних об'єктах водозбору	65
5.2 Аналіз пропуску максимальних витрат водоскидами «Антонівських ставків».....	68
6 ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ВОДООХОРОННИХ ЗОН, ПРИБЕРЕЖНИХ ЗАХИСНИХ СМУГ «АНТОНІВСЬКИХ» СТАВКІВ	71
6.1 Вимоги до визначення меж прибережних захисних смуг та водоохоронних зон водойм	71
6.2 Рекомендовані режими господарської діяльності на прибережних ділянках річок та водойм.....	76
6.3 Визначення ширини водоохоронних зон «Антонівських» ставків.....	77
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85

ВСТУП

В контексті останніх подій, пов'язаних з знищенням руснею Каховської ГЕС та створених умов екологічної катастрофи на півдні України, ефективне використання водних ресурсів приймає яскраво провідну роль в природокористуванні найближчого майбутнього на території Степу України.

В добавок до цього ми спостерігаємо чітку тенденцію змін клімату та обезвоження південних регіонів країни. Тому актуальність питання управління водними ресурсами є високою та потребує всебічного вивчення та прийняття управлінських рішень, як на рівні поверхневих вод басейнових систем, так і на рівні окремих водогосподарських діляниць та водозборів малих річок внутрішніх вод .

Водні ресурси Дніпропетровської області складаються із річного стоку її території (місцевий стік), і притоку води по Дніпру. Прогнозні ресурси підземних вод оцінюються в кількості 320 млн.м³.

Середні багаторічні запаси місцевих водних ресурсів області – 0,87 км³ [34]. Транзитний стік об'ємом складає 51 км³ .

Паспортизацією і інвентаризацією річок і водоймищ області встановлено, що кількість водоймищ – більше 3200 з загальним об'ємом 1129 млн.м³[25].

Об'єктом нашого дослідження є формування стоку поверхневих вод в басейні р. Суха Сура, права притока р. Мокра Сура.

Предметом дослідження є наявні в басейні р. Суха Сура водні об'єкти (ставки, водосховища) та гідротехнічні водоскидні та водоспускні споруди на «Антонівських ставках».

За мету дослідження прийнято вивчення стану водоскидних гідротехнічних споруд на водних об'єктах в басейні р. Суха Сура в цілому та на «Антонівських ставках» зокрема, оцінку їх пропускної здатності при формуванні максимальних витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд *задач*, а саме:

- вивчити природно-кліматичні умови території водозбору р. Суха Сура;
- оцінити гідрологічну вивченість басейну річки , на основі огляду нормативної, довідникової та спеціальної літератури;
- визначити характерні гідрологічні та водогосподарські характеристики як для басейну р. Суха Сура в цілому, так і для виділених створів;
- на аналізі даних річних звітів регіонального офісу водних ресурсів в Дніпропетровській області, надати характеристику водних об'єктів (ставки і водосховища) на водозборі річки та конкретно «Антонівських ставків»;
- надати характеристику гідротехнічним спорудам на водозборі річки Суха Сура за даними річних звітів обласного державного управління водних ресурсів;
- надати оцінку пропускної здатності водоскидних гідротехнічних споруд «Антонівських ставків» при формуванні надзвичайних витрат і відповідність умов роботи вимогам надійності ГТС при їх експлуатації.

1 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Район дослідження відноситься до суббасейну Нижнього Дніпра [37],
рис.1.1.



Рисунок 1.1 - Карта суббасейну Нижнього Дніпра [37]

«Антонівські ставки» розташовані в басейні р. Суха Сура (басейн
Мокрої Сури, Дніпра), рис.1.2.

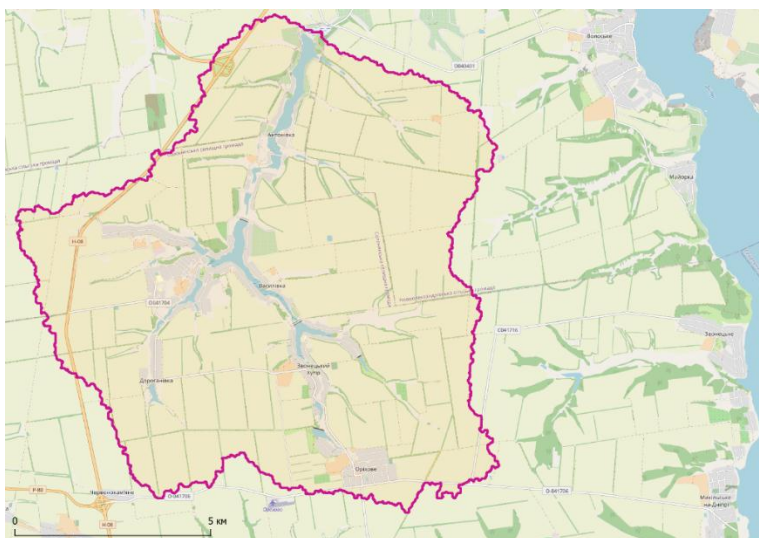


Рисунок 1.2 – Досліджуваний водозбір (QGIS)

Найближча метеостанція – в місті Дніпро. За даними спостережень на ній зроблена компіляція природних та кліматичних умов досліджуваної території.

1.1 Рельєф місцевості

Рельєф досліджуваної території є результатом довгої і складної історії геологічного розвитку. Загальні риси будови рельєфу визначаються геологічною структурою (рис.1.3).

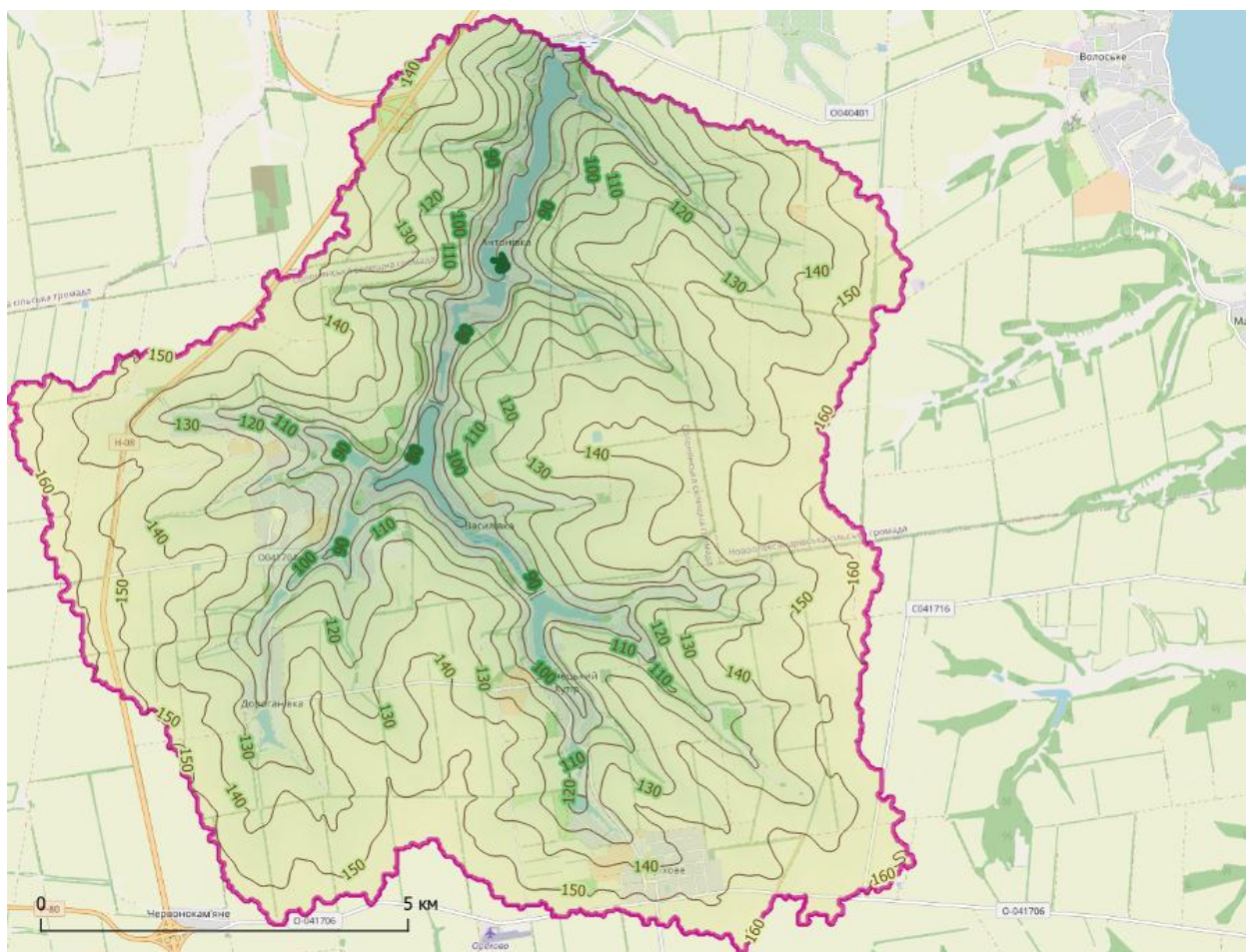


Рисунок 1.3 – Рельєф водозбору р. Суха Сура (до створу нижнього «Антонівського ставка», QGIS)

Максимальні відмітки складають 160 – 170 м БС, мінімальна відмітка в створі нижнього «Антонівського ставка» - 61 м.

Геоструктурну основу території знаходиться у межах Придніпровського блоків Українського щита, складених метаморфічними та інтрузивними породами докембрійського фундаменту, на поверхні якого залягає покрив осадочних відкладень [35]. В цілому поверхня дуже розчленована глибокими долинами річок, балками і ярами (найбільша яружність в центральній частині області) [35].

Значна розчленованість басейну Сухої Сури утворюють множини вододілів, що надають місцевості хвилястий характер. Ширина цих вододілів досягає 4-6 км. Вододільні плато між великими долинами і балками плоскі і досягають ширини 3-4 км. Схили вододілів мають ширину не більш 2 км, причому схили північної експозиції більш довгі та більш пологі (до 2-5°), південні - більш коротші та більш круті (до 8-10°). Перехід їх у схили балок чіткий, у вигляді перегинів. Крутизна схилів балок досягає 15 - 20°. Середньовиважений похил території водозбору складає 1,53 процента (QGIS).

1.2 Геологічні та гідрогеологічні умови району досліджень

Дніпропетровська область — одна з найбагатших на Україні за різноманітністю і промисловими запасами корисних копалин. Тут містяться найбільші поклади титанових руд, бокситів, нікелю, кобальту. Розвідані значні запаси кам'яного і бурого вугілля, родовища нафти та природного газу. Значні поклади гранітів, базальтів, мармуру, каолінів і доломітів, вогнетривких глин, покрівельних сланців, сурику, вапняків, пісків та інших запасів [35]. Територія розміщена в межах Дністровсько-дніпровської північно-степової фізико-географічної провінції (правобережна частина) та

Лівобережно-Дніпровсько-Приазовської північно-степової фізико-географічної провінції (лівобережна частина) [12].

В кривлі горизонту залягають глини, вапняки, піщаники і сланці вапняки та піщаники палеогенового, палеоцен-верхньокрейдового віку. Залягають водоносні крейдові відкладення безпосередньо на кристалічних породах докембрія, і, очевидно, існує взаємозв'язок між водами нижньокрейдових порід і їх кори вивітрювання.

Води мають напір до 300 м і більше. В районі міста Каховки спостерігається самовилив. Дебіт скважин змінюються від 0,007 до 1,3 л/с.

Мінералізація води висока (до 32-76 г/л). По типу води хлоридно-натрієві кальцієво-натрієві. Режим рівня стабільний [43].

Вода більшості річок за хімічним показниками забруднена або брудна. Такі притоки Дніпра, як Мокра Сура, Конка і Базавлук, що впадають у Дніпровське і Каховське водосховища, мають найбільш забруднену воду (VI клас якості). Так, вода р. Мокра Сура не відповідає нормативам якості за вмістом NO_2 (48-80 ГДК), NH_4 (3 ГДК), нафтопродуктів (до 14 ГДК), БО (до 2 ГДК) [40].

Складна тектонічна роздробленість території знаходить чітке віддзеркалення в рельєфі, його стародавніх і сучасних форм. На подібних, складно порушених геотектонікою ділянках, закономірно виявляються активізація ерозійних і обвальних процесів.

Геологічна будова. У геологічній будові території беруть участь породи протерозойського, палеогенового, неогенового і четвертичного віків [43]. Кристалічні породи характеризуються наявністю зони активної тріщинуватості середньою потужністю 50 м, на ділянках тектонічних порушень вона може досягати 200 м. Глибина залягання порід 75-120 м на вододілах і 20-30 м в заплаві річки. Кривлею кристалічних порід архейського віку і кори їх вивітрювання є палеогенове глинисто-піщані відкладення. В заплаві річки вони перекриті четвертинними відкладами.

Палеогенові відклади представлені на вододілах еоценовою товщею глинистих порід київської свити і глинисто-піщаними відкладеннями загальною потужністю до 70 м. Кривлею відкладень є неогенові піски і вапняки ярусу сармата.

Неогенова система представлена на досліджуваній території сарматом ярусами. Ярус сармата залягає безпосередньо на глинистих породах київської свити і складний різнозернистими пісками, глинами і вапняками. Потужність ярусу сармата в цілому 28-40 м, потужність шарів вапняків – від 4 до 15 м.

Четвертинні відклади мають повсюдне розповсюдження і представлені чотирма відділами. На вододілах і схилах долини залягають елювіальні і еолово-делювіальні лесовидні суглинки нижньо-, середньо- і верхньочетвертинних віків загальною потужністю 10-20 м, перекритих сучасними відкладеннями (рослинний шар). У заплаві р. Суха Сура четвертинні породи представлені алювіальн-делювіальними пісками, супісками і суглинками.

З денної поверхні ділянка перекрита ґрунтово-рослинним шаром потужністю 0,3-1,1 м, представлений суглинковим чорноземом з корінням рослин.

У прибережній частині і в руслі річки утворилися шари алювіальних верхньочетвертинних пісків кварцових, жовтих, різнозернистих, розкритою потужністю до 0,3 м.

Гідрогеологічні умови. У регіональному плані на досліджуваній території поширені водоносні горизонти четвертинних відкладень, відкладень неогенового віку і водоносний горизонт зони архейського віку.

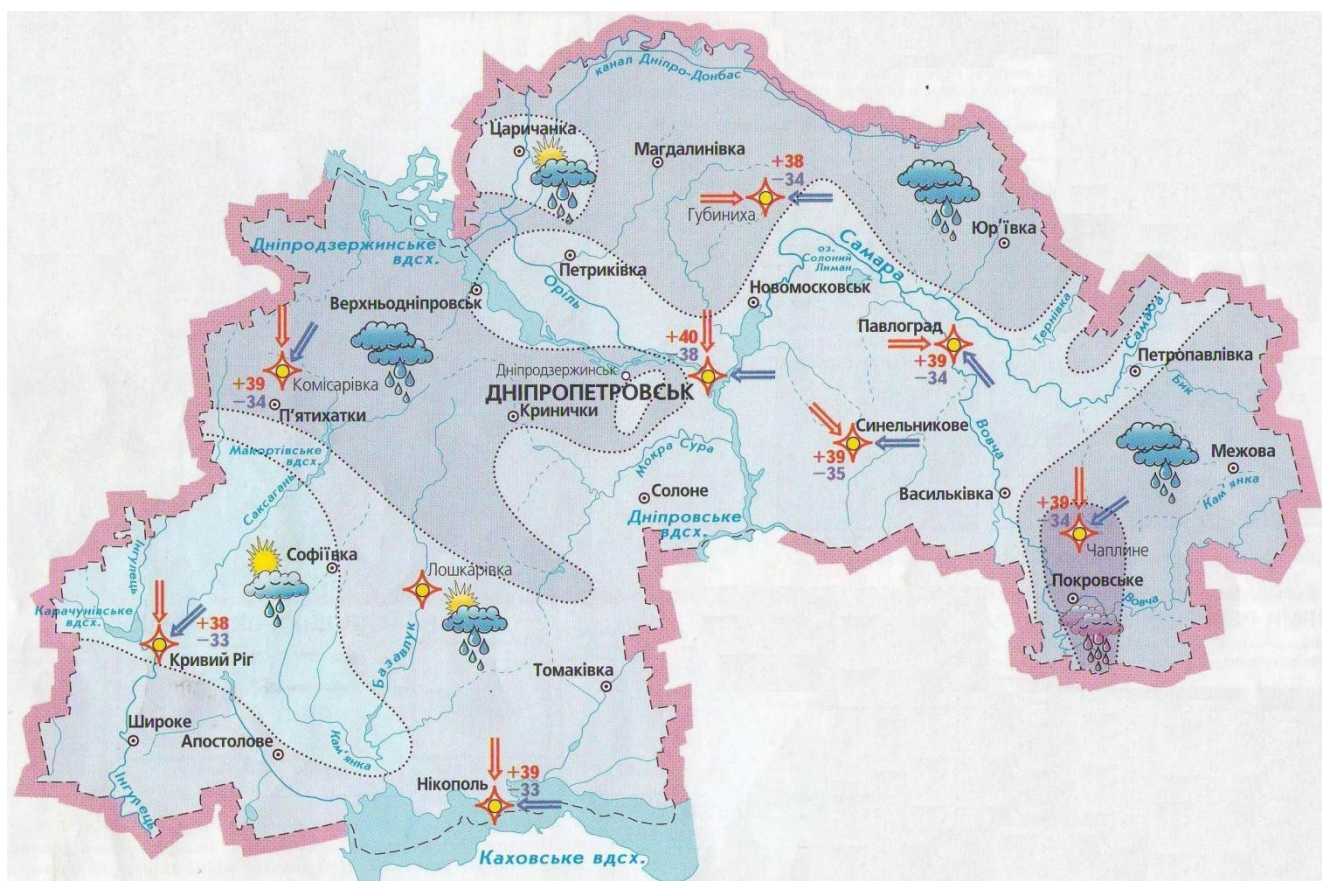
В період природних гідрогеологічних умов водоносний горизонт відкладів четвертинного віку був поширений повсюдно в алювіальних відкладах р. Базавлук на глибині 2-3 м і спорадично, у вигляді окремих лінз – в лесовидних суглинках на вододільних ділянках. Місцевими водоупорами горизонтів ґрунтових вод типу верховодки в межах лесової товщі служать

горизонти похоронених ґрунтів, регіональним – червоно-бурі глини. Живлення горизонту на вододілі здійснювалося за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, розвантаження відбувається в нижче розташовані горизонти неогенових відкладень та в тальвег.

Водоносний горизонт неогенових відкладень є єдину гідродинамічну систему з верхнім водоупором з червоно-бурих глин. Коефіцієнт фільтрації пісків складає 2-23 м/доб, вапняків – 2,5-200 м/доб. Горизонт безнапірний. Живлення здійснювалося за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і перетікання з вищерозміщених горизонтів чверткових відкладень; розвантаження відбувається у вигляді численних джерел і вимочувань на його берегах.

1.3 Коротка кліматична характеристика

Клімат нашої області помірно-континентальний. Континентальність збільшується з південного заходу на північний схід, що підтверджується збільшенням амплітуди добових і річних температур повітря. Однією з особливостей клімату території є значні коливання погодних умов з року в рік. У цілому клімат характеризується відносно прохолодною зимою і жарким літом. (рисунок 1.4.).



Умовні позначення

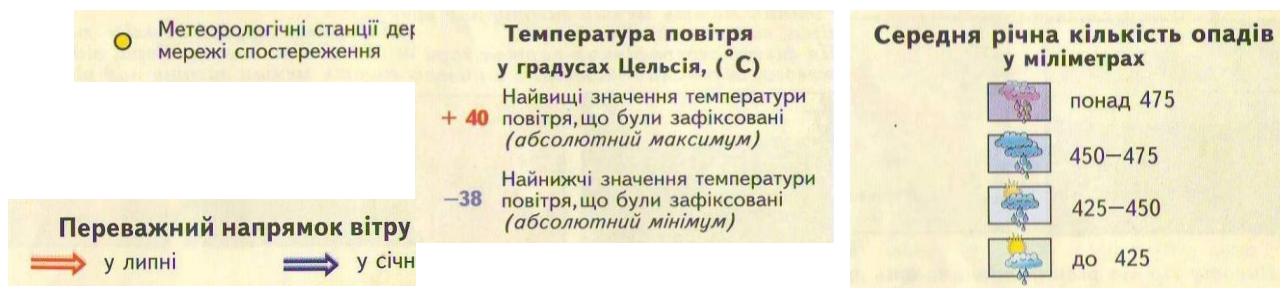


Рисунок 1.4- Клімат Дніпропетровської області [16]

Кліматична характеристика водозбору річки Суха Сура наведена за спостереженнями метеостанцій Дніпро та Лошкарівка.

В довідниках по клімату [29, 16, 28] відмічено, що «..характерною особливістю клімату території є значні коливання погодних умов з року на рік. Помірно-вологі та прохолодні роки змінюються різко посушливими та теплими, а посушливість у теплий період нерідко підсилюється дією суховіїв» - це в повній мірі відповідає території дослідження. А також

відмічено «...У цілому, клімат характеризується відносно прохолодною, часто малосніжною зимою і жарким літом. Поєднання недостатнього зволоження з високими температурами в літній період обумовлює значну сухість повітря, що збільшує дефіцит вологості і випаровування і несприятливо впливає на сільськогосподарське виробництво» [16].

Температура повітря. Режим температури обумовлюється низкою процесів і факторів, головними з яких є умови припливу сонячної радіації, циркуляції атмосфери та характеру підстильної поверхні. Значення кожного з них протягом року неоднакове, тому і характер термічного режиму змінюється від сезону до сезону [28].

Середньомісячна температура повітря (рис. 1.5.) . Найтеплішим є грудень. Середньомісячна температура в ньому від $-0,7^{\circ}\text{C}$ до $-2,6^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший січень, середньомісячна температура змінюється з півдня на північ від $-4,1^{\circ}\text{C}$ до $-6,1^{\circ}\text{C}$.

Підвищення температури весною йде повільно. Найбільш інтенсивне зростання температури відбувається від березня до квітня ($8-8,5^{\circ}\text{C}$) і від квітня до травня ($6-6,5^{\circ}\text{C}$).

Найтеплішим є липень. Середньомісячна температура у північних районах 21°C , а у південних – 22°C .



Рисунок 1.5- Середня місячна температура повітря [16]

Амплітуда температури, як різниця між середніми температурами найтеплішого та найхолоднішого місяців, знаходиться в межах $26-27^{\circ}\text{C}$.

Річний хід температури повітря, так само як і інших метеоелементів, обумовлює розподіл року на кліматичні сезони. Тривалість кліматичних сезонів широко варіює у залежності від метеоумов конкретного року [28]. Так, тривалість зимового періоду 10%-вої забезпеченості (76-96 днів) на півтора місяця коротше зимового періоду 90%-ної забезпеченості (121 - 141 день) і в середньому складає 100 днів. Тривалість літнього періоду 10%-ної забезпеченості (142-152 днів) довше на 40-45 днів тривалості літнього періоду 90%-ної забезпеченості (104-114 дні). Тривалість весняного й осіннього періодів у середньому складають відповідно 50-60 і 65-75 днів

Це й обумовлює зміну безхмарної і морозної погоди на похмуру, вітряну з опадами погоду, що і переважає в зимовий період. Ймовірність настання середньої добової температури нижче мінус 15 °С у січні і лютому більше 10 %, а строкової температури - більше 20%. Зареєстрований абсолютний мінімум температури - -38 °С. Найбільша тривалість періоду без відлиги спостерігалася взимку 1996-97 років, коли від'ємні температури на території області трималися більше двох місяців. Тривалий вплив низьких від'ємних температур негативно позначається на стані посівів озимих культур, які, особливо при відсутності снігового покриву, вимерзають на значних площах.

Влітку, у порівнянні з іншими сезонами, температурний фон найбільш однорідний. Середньодобові температури повітря самого теплого місяця - липня складають 21-23 °С. Абсолютний максимум температури складає 41 °С [16].

Вологість повітря. На території досліджуваного району характер внутрішньо річного розподілу вологості повітря одноманітний і залежить, головним чином, від циркуляційних особливостей атмосферних явищ, що відбуваються, і пори року.

Вологість повітря звичайно характеризується дефіцитом вологості повітря. Взимку відносна вологість повітря знаходиться в межах 80-90%, а

дефіцит насичення - 0,4-0,7 мб, із мінімумом у січні, а в травні - серпні вона виражена більш чітко, підіймаючись до 10-18 мб. При тривалих бездощових періодах і при вторгненні теплих, сухих повітряних мас із континентальних східних районів, дефіцит вологості повітря може досягати величезних розмірів - до 40 мб, а відносна вологість - 30% і менше [35].

Атмосферні опади. Характер випадання атмосферних опадів і їх кількість протягом року залежить, головним чином, від циклонічної діяльності. У літній період значну частину опадів складають внутрішні, пов'язані з розвитком конвекції. Загальна закономірність просторового розподілу річних опадів на території Дніпропетровської області складається в поступовому їх зменшенні з півночі і північного сходу на південь і південний захід.

У середині року опади розподіляються нерівномірно: у теплий період їх випадає 60-67%, а в холодний - 33-40 % річної суми. У окремі роки кількість літніх опадів складає 75-80 % річної суми. У теплий період опади звичайно випадають у вигляді зливових дощів із достатньо великою інтенсивністю і малою тривалістю, а в холодний - у вигляді обложних дощів, снігопадів.

На території області стійкий сніжний покрив звичайно встановлюється в грудні. Чергування морозних періодів і відлиг не зберігає сніговий покрив і тому, як правило, значних запасів води в снігу не накопичується.

Найбільша кількість опадів випадає в червні (58-71 мм), а найменша - у лютому, березні і вересні (27-44 мм) (таблиця 1.1). У теплий період року (квітень-жовтень) опадів на території області випадає 300-350 мм, у холодний (листопад-березень) - 170-230 мм. Річна сума опадів змінюється від 250 до 800 мм і більше. Максимальна кількість опадів за добу перевищує 100 мм. Такі зливові опади завдають збитків народному господарству, призводять до інтенсивного розвитку ерозії ґрунтів.

Таблиця 1.1 - Середня багаторічна кількість річних і місячних опадів

Метеостанція	Місяць												Рік
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Дніпро	34	30	30	39	43	64	58	48	32	38	37	39	492
Лошкарівка	37	34	33	41	44	66	60	49	33	40	39	42	518

Найбільша тривалість одного дощу складає 20-24 годин [41]. Сумарна тривалість опадів за рік складає 650-750 часів, хоча в окремі вологі роки їх тривалість перевищує 1000 годин. Число днів з опадами на території області коливається в межах 120-140.

Сніговий покрив. Дата утворення стійкого снігового покриву, як правило, не збігається з датою появи першого снігу, і спостерігається в середньому 20 грудня. Руйнування (схід) снігового покриву по роках відбувається в різний час, але звичайно на початку березня. Тривалість збереження снігового покриву досягає 80 днів.

Схід снігового покриву відбувається в середньому за 8–11 днів, а в окремі роки за 4–6 днів [16]. Через часті відлиги, які супроводжуються дощами, сніговий покрив нестійкий і нерідкі випадки повного його зникнення серед зими.

Висота снігового покриву невелика і нерівномірна; вона змінюється в середньому від 3 см наприкінці грудня до 6–8 см – до моменту сніготанення. В окремі роки висота снігу досягає 70 см. Щільність снігового покриву постійно змінюється. Середні багаторічні величини щільності снігу, який щойно випав становить $0,10-0,15 \text{ г/см}^3$, у середні зими – $0,20-0,25 \text{ г/см}^3$, до моменту сніготанення досягає $0,30 \text{ г/см}^3$ при запасах води в снігу 20–30 мм.

Середня кількість атмосферних опадів за весь зимовий сезон змінюється від 137 до 141 мм [16].

1.4 Ґрунти на водозборі р. Суха Сура

Основними ґрунтами даної території є чорноземи повнопрофільні, що відносяться до плакорних ділянок, що займають 48,3 % земельної площі, у тому числі звичайні чорноземи (42,3 %) і південні (5,7 %) [17]. Еродовані ґрунти, що займають схили різної крутизни і довжини, складають 36,6 % загальної площі земель області. До понижених елементів місцевості відносяться такі генетичні групи ґрунтів, як лучно-чорноземні, чорноземні-лугові, лугові, лучно-болотні, засолені, солонцюваті, осолоділі, солончаки і солонці (рисунок 1.4).

Територія водозбору річки відноситься до південного і північного району.

Північний район характеризується теплом, недостатньою вологістю із чорноземами потужними і середньо потужними з малим і середнім вмістом гумусу, південний – дуже теплий посушливий із чорноземами звичайними перехідними до південних і чорноземами південними. Чорноземи звичайні є основною генетичною групою ґрунтів території дослідження [17]. Вони займають всі елементи вододілів, схилів балок. На вододільних плато і верхній частині схилів крутизною до 2° звичайно розміщені їх незмиті різниці. Чорноземи звичайні потужні незмиті характеризуються глибиною гумусового горизонту до 80-90 см, у тому числі верхній гумусовий горизонт (Н) до 40-45 см, середньопотужні - до 68-80 см (Н = 37-42 см), малопотужні - до 60-68 см (Н = 35-38 см). За механічним складом ці ґрунти, як і ґрунтоутворюючі породи, стають важчими при віддаленні від Дніпра з легкосуглинкового до важкосуглинкового і легкоглинистого складу з вмістом

переважної фракції 0,05-0,001 мм. Найбільше поширені важкосуглинкові ґрунти.



Умовні позначення

ОСНОВНІ ТИПИ ҐРУНТІВ	
Чорноземи звичайні на лесових породах	
	мало- й середньогумусні ; потужності
	малогумусні
	малогумусні малопотужні
Чорноземи південні на лесових породах	
	потужні малогумусні та с гумусовані
Чорноземи на щільних глинах	
	переважно солонцюваті

	переважно на лесових по
	глибокосолонцюваті в ко сі з солонцями переважн лесових породах
Лучні ґрунти	
	на делювіальних та алюв відкладах
	солонцюваті на делювіал алювіальних відкладах
	Лучно-чорноземні та д осолоділі глейові ґрун солоді
	Дернові піщані, глини піщані та супіщані ґру

ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТІВ	
	серед
	важли
	легни
МЕХАНІЧНИЙ СКЛАД ҐРУН	
	серед
	важли
	легни

Рисунок 1.4- Ґрунти [17]

2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАСЕЙНУ Р. СУХА СУРА

Водні ресурси Дніпропетровської області представляють 55 річок, довжиною понад 25 км. Головна водна артерія — Дніпро, основні його притоки: Оріль, Самара з Вовчою (ліві), Базавлук, Мокра Сура, Інгулець з Саксагань (праві). [34].

2.1 Гідрографічна мережа

Суха Сура—права притока Мокрої Сури (басейн Дніпра). Протікає в межах Дніпровського району Дніпропетровської області.

Довжина річки до розрахункового створу (нижній Антонівський ставок) складає 17 км, площа басейну 104,4 км² (рис.2.1). Річище помірно звивисте, на окремих ділянках улітку пересихає. Похил річки 4,0 м/км (в середньому). На ділянці між досліджуваними ставками (на рис. 2.1 – ставки за номером 4, 33, 12, 11 та 13) похил становить 1,1 м/км.

Загальна довжина водотоків, включаючи ті, що пересихають, становить 41,9 км. Наявні водотоки наведені в табл. 2.1 [25]. Довжина яружно-балочної мережі становить 161 км.

Суха Сура бере початок біля села Оріхове. Тече в межах Придніпровської височини на північ. Впадає до Мокрої Сури за 7,5 км від її гирла.

Морфометричні характеристики річкового водозбору – це кількісні характеристики, з яких вихідними є довжина річки і площа її водозбору,

між якими є кореляційна залежність, яка частіше виражається степеневою функцією

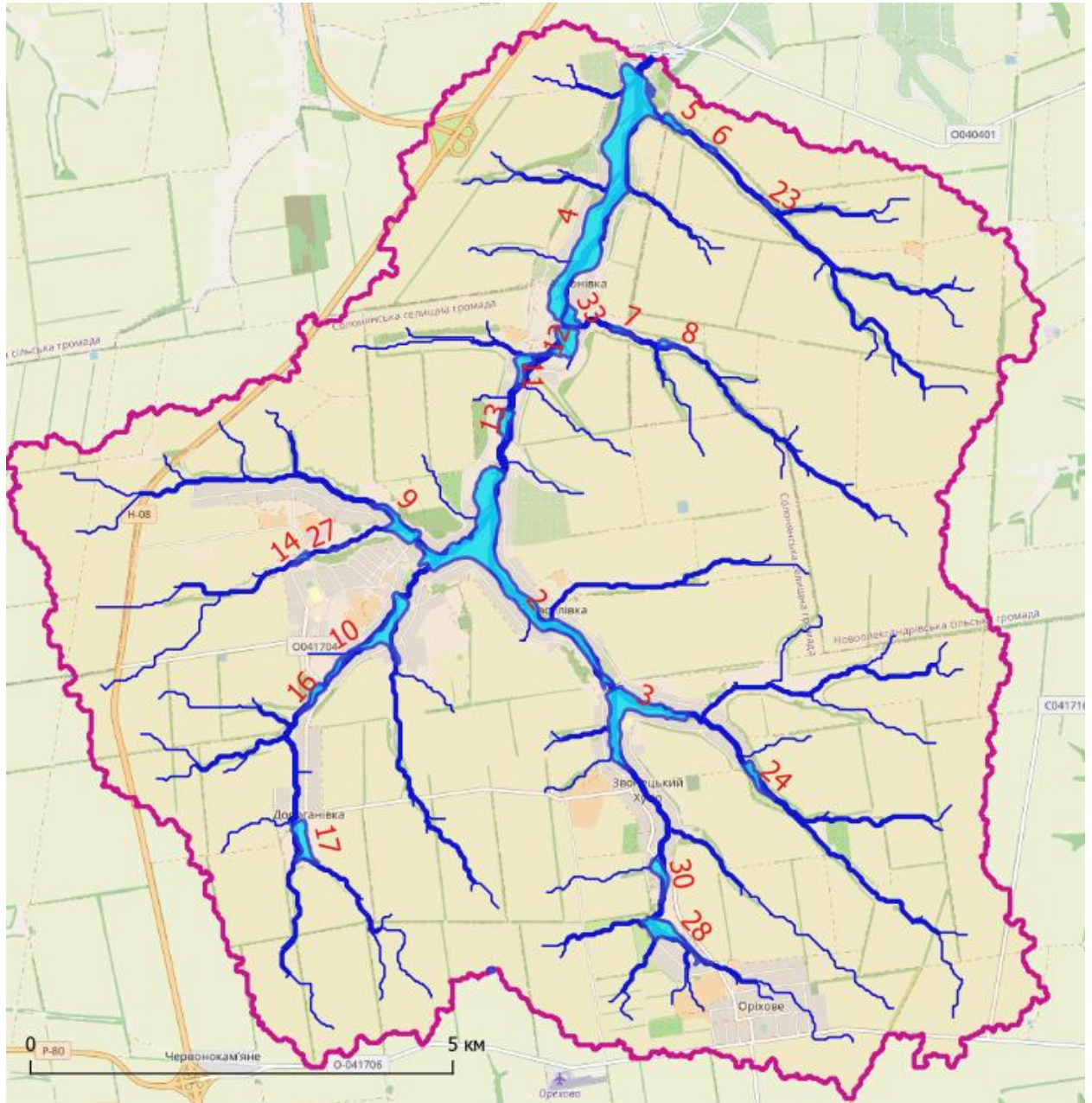


Рисунок 2.1 – Гідрографічна мережа та ставки на водозборі р. Суха Сура (QGIS)

$$F = K \cdot l^n. \quad (2.1)$$

Для рівнинних водозборів ця залежність виражається рівнянням

$$l = 1,36 \cdot F^{0,56}, \quad (2.2)$$

де l – довжина річки, км;

F – площа водозбору, км².

Виходячи з табл.2.1 маємо залежність площі водозбору від довжини водотоків на водозборі р. Суха Сура має значення коефіцієнтів в формулі 2.1: $K=2,66$, $n=0.914$.

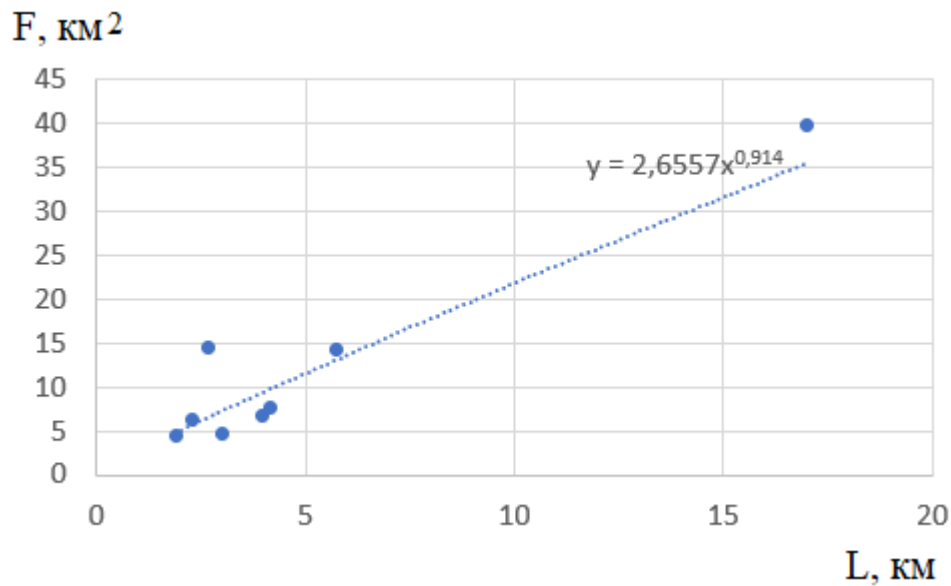


Рисунок 2.2 – Залежність площі часткових водозборів від їх довжини

Форма річкових водозборів визначає ступінь одночасності припливу води до замикаючого (розрахункового) створу в різних частинах водозбірної площі і тому істотно впливає на концентрацію стоку і умови протікання води в річці [32].

Кількісною характеристикою форми річкового басейну може бути його середня ширина, яка визначається за формулою [32]

$$B_{сер} = F / L, \quad (2.3)$$

де L – довжина водозбору, км.

В нашому випадку $B_{сер} = 101,4 / 17 = 6,0$ км.

Таблиця 2.1- Збірна відомість про водні об'єкти на водозборі р. Суха Сура [25]

Р., стр., б.	Назва річки (струмка, балки)	Куда впадає	З якого берега	Відстань до витоку, км	Довжина річки (струмка, балки) без притоків, км			Площа водозбору без притоків, км ²			Відмітка м, БС	
					загальн а	в межах		загальн а	в межах		витоку	гирла
						області	району		області	району		
р	Суха Сура	р. Мокра Сура	п	7,7	17	17	9,75	39,74	39,74	31,44	130	66,5
б	Б/н 1	р. Суха Сура	п	15,8	0,82	0,82	0,82				130	110
б	Б/н 2	р. Суха Сура	п	14,0	2,3	2,3	2,3	6,25	6,25	4,94	139	87,2
б	Б/н 2.1	б. б/н 2	п	1,5	1,42	1,42	1,42				145	104,5
б	Б/н 2.2	б. б/н 2	п	1,1	1,02	1,02	1,02				139	99,5
б	Б/н 3	р. Суха Сура	л	13,0	2,66	2,66	2,66	14,38	14,38	14,38	127	87
б	Б/н 3.1	б. Б/н 3	л	1,8	0,7	0,7	0,7				139,5	115
б	Б/н 3.2	б. Б/н 3	л	1,1	0,6	0,6	0,6				128	111
б	Б/н 3.3	б. Б/н 3	п	0,6	1,51	1,51	1,51				125	97,5
б	Б/н 3.4	б. Б/н 3	л	0,6	0,8	0,8	0,8				122	87
б	Б/н 3.5	б. Б/н 3	л	0,3	0,7	0,7	0,7				118	87
б	Б/н 4	р. Суха Сура	п	11,7	2,07	2,07	2,07				121	79,4
б	Карасева	р. Суха Сура	л	10,4	5,76	5,76	5,76	14,2	14,2	14,2	132,4	77,7
б	Б/н 1	б. Карасева	л	4,6	0,89	0,89	0,89				134	119
б	Б/н 2	б. Карасева	л	3,2	1,1	1,1	1,1				134	130
б	Б/н 3	б. Карасева	л	2,9	0,93	0,93	0,93				129	99,4
б	Б/н 4	б. Карасева	л	2,2	0,38	0,38	0,38				117,5	93

Р., стр., б.	Назва річки (струмка, балки)	Куда впадає	З якого берега	Відстань до витоку, км	Довжина річки (струмка, балки) без притоків, км			Площа водозбору без притоків, км ²			Відмітка м, БС	
					загальн а	в межах		загальн а	в межах		витоку	гирла
						області	району		області	району		
б	Б/н 5	б. Карасева	п	1,5	1,89	1,89	1,89	4,37	4,37	4,37	120	90
б	Легка	б. Карасева	л	0,4	3,98	3,98	3,98	6,77	6,77	5,96	137	78
б	Б/н 1	б. Легка	л	3,2	1,03	1,03	0,33				135	123
б	Б/н 2	б. Легка	л	2,0	0,57	0,57	0,57				130	103
б	Глиняна	б. Легка	п	0,5	3	3	3	4,7	4,7	3,69	138,2	94
б	Б/н 5	р. Суха Сура	л	10,3	0,82	0,82	0,82				115	77,7
б	Бірикєтова	р. Суха Сура	п	9,4	1,04	1,04	1,04				115	72,3
б	Б/н 6	р. Суха Сура	л	8,2	1,69	1,69	1,69				128	70,2
б	Б/н 7	р. Суха Сура	п	8,1	1	1	1				112	70,2
б	Литвинова	р. Суха Сура	п	7,3	4,14	4,14	1,5	7,67	7,67	2,22	124	66,5

Однією з найважливіших гідрографічних характеристик басейну річки є його середня висота над рівнем моря [38]. Середню висоту визначаємо за формулою

$$H_{\text{сеп}} = \frac{H_1 f_1 + H_2 f_2 + \dots + H_n f_n}{F}, \quad (2.4)$$

де H_1, H_2, \dots, H_n – середня висота між сусідніми горизонталями;

f_1, f_2, \dots, f_n – часткові площі, обмежені горизонталями;

F – площа річкового басейну.

В роботі середню висоту визначили за цифровою моделлю водозбору, побудовану на базі SRTM USGS рельєфу [46]. Вона становить 129,5 м БС.

Середній похил поверхні басейну виражаємо в проміле (тисячних частках) і визначаємо за формулою

$$I_{\text{сеп}} = \frac{\Delta H [0,5(l_0 + l_n) + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1}]}{F}, \quad (2.5)$$

де ΔH – висота перерізу горизонталей, м;

l – довжина горизонталей.

В роботі середній похил водозбору встановило аналогічно висоті, використали цифрову модель SRTM USGS рельєфу [46], обробили в QGIS матрицю рельєфу – отримали матрицю похилів (рис.2.3). Він становить 1,53%, максимальні значення – 13%. Значення похилу впливає на швидкість формування максимального стоку повені та дощового паводку.

2.2 Гідрологічні та гідрометричні спостереження

Оскільки об'єм води у річках, їх витрата постійно змінюється; змінюється і рівень води в них. Характер цих коливань визначається впливом

ряду факторів, що обумовлюють багаторічні, сезонні та добові коливання рівнів води [32].

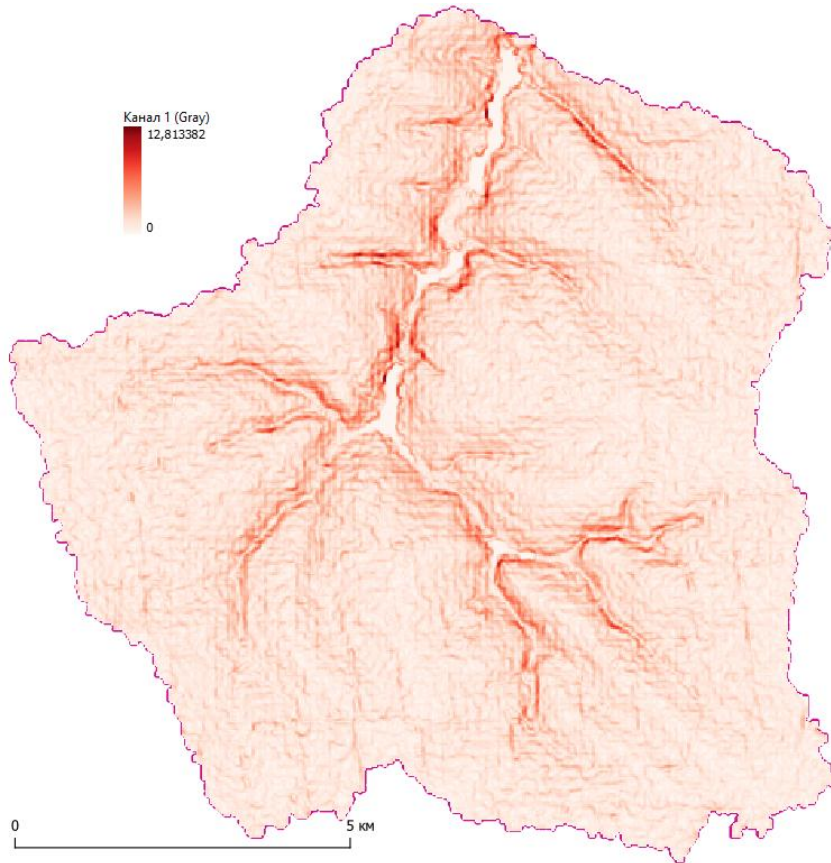


Рисунок 2.3 – Матриця похилів на водозборі р. Суха Сура (QGIS)

Спостереження за рівнями води у річках необхідні також і для підрахунку стоку води. Звичайно при підрахунку стоку води використовують залежність витрат води в річці від її рівня, яка встановлюється емпіричним (дослідним) шляхом [31]. За встановленою на основі відносно невеликої кількості одночасних вимірювань витрат (Q) і рівнів (H) залежністю можна за щоденними спостереженнями за рівнем визначати щоденні витрати води і підрахувати стік за декаду, місяць, сезон або рік.

Проте не досліджуваному об'єкті таких спостережень не велось, тому в цьому пункті представлені дані гідрометричних спостережень на р. Мокра Сура та сусідніх річках.

На водомірних постах спостереження за рівнем води проводять щоденно о 8 і 20 год, а в період повені і паводків – через однакові проміжки часу (2, 4, 6 год). На річці з паводковим режимом пост обладнують самописцем рівнів. В період межені з незначними коливаннями рівнів достатньо вести спостереження о 8 і 20 год. На річках із стійким тривалим льодоставом при плавній зміні рівнів води спостереження проводять один раз на добу – о 8 год. Рівні води на похилових постах, при наявності змінного підпору, виміряють у строки, встановлені для основного поста [31].

Річка Суха Сура належить до річок Нижньодніпровського гідрологічного району, що характеризується високою весняною повінню і низькою літньою меженню, яка порушується дощовими паводками. Весняна повінь може проходити двома-трьома піками і більше.

Найвищі рівні весняної повені є найвищими річними рівнями і спостерігаються зазвичай в другій-третьій декаді березня, в ранні весни – в другій половині лютого, а в пізні в першій декаді квітня .

Середня інтенсивність підйому рівнів на річках району в роки з високою повінню змінюється в межах 20-120 см/добу, найбільша 50-400 см/добу. В роки з низькою повінню середня інтенсивність підйому складає 1-6 см/добу, найбільша 8-13 см/добу [41].

В таблиці 2.2 приведена інтенсивність підйому і спаду рівня в період повені на річках Нижньодніпровського гідрологічного району в різні по водності роки.

Літньо-осіння межень іноді переривається невеликими дощовими паводками тривалістю 10-20 днів. Вищі рівні дощових паводків значно нижче середніх і багаторічних вищих рівнів весняної повені. Інтенсивність підйому рівня в період паводку складає 20-50 см/добу, а іноді досягає 2 м/добу.

Рівні зимової межені зазвичай дещо вище рівній літньо-осінньої межені. На малих річка спостерігається перемерзання від декількох днів до 2-3 місяців.

Таблиця 2.2 - Інтенсивність підйому і спаду рівнів води
 Нижньодніпровського району в період повені (в см за добу) [41]

№ п/п	Річка	Пункт	Висока повінь				Низька повінь			
			підйом		спад		підйом		спад	
			середня	найбільша	середня	найбільша	середня	найбільша	середня	найбільша
			1947 р.				1961 р.			
1	Мокра Сура	с.Кринички	58	118	12	33	6	10	4	10
3	Базавлук	с.Катерино- Наталівка	45	73	10	140	2	9	1	7

Середня річна амплітуда коливання рівнів води на річках Нижньодніпровського гідрологічного району змінюється на малих річках в межах 80-380 см. Найбільша річна амплітуда на малих річках досягає 150-500 см [41].

Дані про максимальні витрати води (Q , м³/с) і шару стоку (мм) весняного паводку (за багаторічний період) приведені в таблиці 2.3, а дані про максимальні витрати води, що визначені за формулою – в таблиці 2.4.

Найбільші максимальні витрати снігових і дощових паводків, які спостерігались на території водозборів вище вказаних річок приведені в таблиці 2.6, відомості про коефіцієнт паводкового стоку приведені в таблиці 2.7, а характеристики дощових паводків приведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.3 - Максимальні витрати води (Q , м³/с) і шару стоку (мм) весняного повені (за багаторічний період) [41]

№ п/п	Річка	Пункт	Площа водозбору F, км ²	Період спостережен ь		Характеристика	За період спостережень			За багаторічний період				Максимальні витрати води і шар стоку повені різної забезпеченості (%)				
				роки	Кількіс		найбільший		середні й	Q- м ³ /с h- мм q- л/с км ²	Cr	Cr/Ct	1	2	5	10	25	
							Q м ³ /с	h мм										рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Базавлук	с. Катерино- Наталівка	1050	1951-56	16	Q _{мит}	152	1953	36,8	68,3	65,0	1,07	2,0	335	283	215	162	96,0
				1958-67		Q _{сер.доб}	83,0	1953	26,4	44,8	42,7	0,98	2,0	200	171	132	102	62,5
						h	41	1963	13	22	-	0,96	1,9	96	82	64	50	31

Таблиця 2.4 - Визначення максимальних витрат води за формулою [41]

№ п/п	Річка	Пункт	Категорія русла	Довжина річки L, км	Площа водозбору F, км ²	Залісеність, %	Заболоченість, %	Падіння річки H, м	Швидкість v, км/добу	Час добігання τ, діб	Час водовіддачі t _c , діб	n=τ/t _c	Коефіцієнт φ	Водовіддача λ _м	Коефіцієнт m	m t _c , діб	Неодночасність водовіддачі t _н , діб	Коефіцієнти		Витрата 1%- вої забезпеченості		Відхилення, %
																		ρ	г	розрахована, м ³ /с	по кривій забезпеченості, м ³ /с	
1	Базавлук	с. Катерино- Наталівка	4	74	1050	1	0	126	40	1,8	3,0	0,60	0,159	6,5	1,01	3,0	0,4	0,92	-	300	335	-10
3	Інгулець	с.Олександро Степанівка	3	92	1400	7	<1	120	49	1,9	3,6	0,53	0,170	6,5	1,08	3,9	-	0,95	-	409	440	-7
		с. Ново- Федорівна	4	162	3870	3	<1	130	41	4,0	3,5	1,14	0,110	6,5	1,04	3,6	0,3	0,95	-	730	(790)	-8
		м. Кривий Ріг	4	228	8600	2	<1	182	46	4,9	3,3	1,48	0,097	6,5	1,03	3,4	0,5	0,93	-	1400	1350	+4
		с. Могилівка	4	283	9280	2	<1	170	44	6,4	3,2	2,00	0,084	6,5	1,03	3,3	0,6	0,93	0,85	1120	1040	+7

Таблиця 2.5 - Найбільші максимальні витрати снігових і дощових повені [41]

Річка - пункт	Площа водозбору, км ²	Період спостережень	Найбільша витрата, м ³ /с				Q _{дощ} / Q _{сн}
			снігова		дощова		
			Q	дата	Q	дата	
Інгулець – с.Могилівка	9280	1926-43 1945-66	851	13/III 1937	134	22/VI 1941	0,16
Базавлук – с.Катерино-Наталівка	1050	1951-66	152	25/III 1953	44,6	26/VI 1953	0,29

Таблиця 2.6 - Багаторічні характеристики дощових паводків [41]

Річка - пункт	Площа водозбору, км ²	Період спостережень		Характеристики паводків								Максимальні витрати води і шари стоку дощових паводків різної забезпеченості, %								
				За період спостережень			За багаторічний період													
				роки	число років	Найбільші величини			середня витрата, м ³ /с	середній шар стоку, мм	середній модуль стоку, л/с/км ²	C _v	C _g	C _v / C _g	0,1	1	2	5	10	25
						витрата води, м ³ /с	модуль стоку, л/с км ²	рік												
Базавлук – с.Катерино-Наталівка	1050	1951-66	16	44,6	42,5	1952	5,00	4,77	-	-	-	276	148	112	69,8	40,8	12,6			
				2,36		1952	0,49		-	-	-	55	31	14	7	3	0,8			
Інгулець – с.Ново-Федорівка	3870	1926-40	19	50,7	13,1	1952	18,1	4,68	1,25	2,60	2,08	247	157	131	94	67,8	38,8			
		1950-53		4,14		1952	1,18		1,22	2,60	2,13	15,5	9,93	7,26	5,98	4,29	2,26			
		4,58		1964		1,18	-		-	-	35	20	12,4	6,6	3,8	1,6				

2.3 Гідрологічний режим водотоків на водозборі р. Суха Сура

Льодовий режим річок. « При охолодженні поверхні води до нуля графіка на річці виникають льодові утворення – річка вступає у фазу зимового режиму. За початок зимового періоду прийнято вважати сталий перехід температури повітря через нуль (в бік зниження); за кінець – очищення річки від льоду» відмічено в підручнику видатного гідролога України, професора Литовченка О.Ф. [31].

В Нижнєдніпровському гідрологічному районі настання стійкого льодового утворення спостерігається в середньому в період з 17 листопаду по 5 грудня і триває 15-25 днів [41].

Можна виділити у льодовому режимі три фази: 1) замерзання, 2) льодостав 3) скресання.

При замерзанні річок спочатку з'являється «сало». Це така тонка льодова плівка, яка «..складається з прозорих кристалів і пересувається по поверхні води у вигляді жирних плям. Одночасно утворюються забереги – нерухомі смуги льоду вздовж одного або обох берегів. При льодоставі окремі ділянки річки можуть не замерзати – це ополонки. Вони звичайно утворюються там, де великі швидкості течії. Інтенсивність наростання товщини льоду (його потужність) залежить від суми від'ємних температур» - відмічено в роботах гідрологів сучасності [32, 31].

В Нижнєдніпровському гідрологічному районі настання льодоставу спостерігається в середньому в період з 5 по 25 листопада і триває 70-100 днів [41].

Скресання річок відбувається, коли настають плюсові температури повітря, лід тане і в річку надходять талі поверхневі води. В Нижнєдніпровському гідрологічному районі скресання річок спостерігається в середньому в період з 7 по 20 березня, а очищення річок – з 18 по 27

березня. При цьому середня тривалість весняних льодових явищ становить 5-10 днів [41].

Найбільша тривалість льодових явищ на ділянках річок даного гідрологічного району з звичайним льодовим режимом становить 140-160 днів, а найменша – 50-100 днів. При цьому товщини льоду становить 25–35 см [41].

Річкові наноси. При водогосподарському використанні річок необхідно знати режим перенесення річкою наносів. Недостатня вивченість стоку наносів може призвести замулення водосховища. Внаслідок відкладення наносів у водосховищі звільнений від наносів водотік збільшує свою ерозійну здатність [31].

При проектуванні водосховищ для акумуляції стоку наносів протягом усього періоду їхньої експлуатації передбачають мертвий об'єм (МО).

Річки, що впадають в Мокра Сура, поверхня водозборів яких значно зрізана поблизу гідрографічної мережі і покрита потужним шаром лесу, несуть в своїх водах велику кількість зважених наносів.

Для досліджуваної території стік зважених насосів становить близько 170 г/м^3 і змінюється по рокам від 18 до 390 г/м^3 . Найбільша мутність весною спостерігається і лютому – березні, рідше в квітні і досягає $120\text{--}630 \text{ г/м}^3$. Концентрація зважених наносів в період літніх липневих паводків може мати ще більш високе значення – 2700 г/м^3 [41]. Модуль стоку наносів становить 43 т/км^2 за рік, а в маловодний рік, коли стік води досягає тільки 10 % норми, - лише $0,07 \text{ т/км}^2$ за рік [41].

Режим річкового стоку. Описати його можна за даними багатьох довідникових джерел. Ось один із варіантів, який відповідає умовам формування стоку на водозборі р. Сура Сура: «...Вода в річки надходить за рахунок стікання атмосферних опадів поверхневим і підземним шляхом. В режимі стоку річки виділяють характерні фази (періоди) залежно від зміни умов живлення. В режимі річок України виділяють такі фази водного

режиму: повінь, паводок і межень. Повінь характеризується найбільшою за рік водністю, високим і тривалим підйомом рівня, який супроводжується виходом води на заплаву. Вона викликається головним джерелом живлення (на рівнинних річках – сніготаненням, а в мусонних районах – випадання дощів). Для річок однієї кліматичної зони повінь спостерігається щорічно в один і той самий сезон з різною інтенсивністю і тривалістю. Повінь може бути весняною, літньою і весняно – літньою. Весняна повінь викликається таненням сезонних снігів і льодовиків та випаданням дощів. Паводок – швидкість і порівняно короткочасний підйом рівня води в річці. На відміну від повені паводки виникають нерегулярно; максимальні витрати паводків часто перевищують найбільші витрати талих вод. Паводки виникають внаслідок випадання дощів, злив і сніготанення під час зимових відлиг. Межень характеризується тривалим (сезонним) стоянням низьких (меженних) рівнів і витрат води в річці внаслідок зменшення або припинення поверхневого стоку. В цей період річка живиться виключно або майже виключно за рахунок підземного стоку. На більшості річок України виділяють два меженних періоди – літню та зимову межень» [12].

Нижче, в розділі «Гідрологічні розрахунки» розглянуті питання визначення максимального стоку річки.

3. ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Стік річки за рік та його внутрішньорічний розподіл

Нормою річного стоку називають середнє його значення за багаторічний період, який включає декілька (не менше двох) повних циклів коливань водності при незмінних фізико-географічних умовах [11].

Для водозбірної площі р. Суха Сура будемо визначати як для випадку відсутності даних спостережень.

При відсутності гідрометричних спостережень величину норми стоку визначають за картою ізоліній середнього багаторічного стоку [20].

Коефіцієнт варіації річного стоку C_v треба визначати за формулою

$$C_v = (\alpha/q^{0,4}) \cdot (A+1000)^{0,1}, \quad (3.1)$$

де α - параметр, що визначається за даними річок-аналогів, л/с;

q - середній багаторічний річний модуль стоку, л/(с·км²);

A - площа водозбору річки до розрахункового створу, км².

Розрахункове значення відношення коефіцієнта асиметрії (C_s) до коефіцієнта варіації (C_v) необхідно приймати, як середнє за даними групи річок з найбільш тривалішими спостереженнями за розглянутою гідрологічною характеристикою в гідрологічно однорідному районі [20].

Для водозбору р. Суха Сура приймаємо це відношення рівне $C_s=2,0C_v$.

Для співвідношення ($C_s=2,0C_v$) модульний коефіцієнт ($K_{p\%}$) при визначенні модуля стоку заданої забезпеченості.

$$q_{p\%} = K_{p\%} \cdot q_0, \quad (3.2)$$

де q_0 – модуль стоку, знятий з карти ізоліній норми річного стоку [18].

Іншим важливим параметром є об'єм стоку. Його значення для різної забезпеченості визначають за формулою

$$W_{p\%} = q_{p\%} \cdot F \cdot 31,5, \quad (3.3)$$

де F – площа водозбору, км².

Крім річних значень стоку, для визначення режиму роботи водосховищ та ставків, необхідно знати і розподіл стоку всередині року тобто по сезонам та місяцям. При цьому необхідно враховувати, що стік р. Суха Сура має місце тільки в період сніготанення та дощових паводків. Розподілення в відсотках від річного стоку проводимо з врахуванням пересихання водостоків та водності року з використанням типових схем розподілу стоку [41].

Для визначення характеристик річного стоку в ГІС QGIS [2] створено проект для басейну р. Суха Сура, проведені відповідні підготовчі маніпуляції з цифровою моделлю рельєфу (ЦМР) [46] для обробки географічної інформації.

В результаті створені:

- 1) підготовлена цифрова модель рельєфу водозбору р. Суха Сура (див.рис.1.3);
- 2) проведений гідрологічний аналіз та обробка ЦМР щодо автоматизованого визначення водотоків, їх витоку та гирлової частини (див. рис. 2.1);
- 3) створений векторний шар водних об'єктів (ставки та водосховища) на водозборі (рис.3.1)
- 4) на основі прив'язки растрів високої якості - фото-планів з Google Earth Pro [1]– сучасний стан гребель (рис.3.2) та водоскидних споруд (рис.3.3);

- 5) Використовуючи модулі (plugin) обробки растрових ЦМР в QGIS та модулі SAGA по обробці водних об'єктів та водозбірних басейнів, виділені водозбори для розрахункових створів – гребель ставків та водосховища (рис.3.4);

2

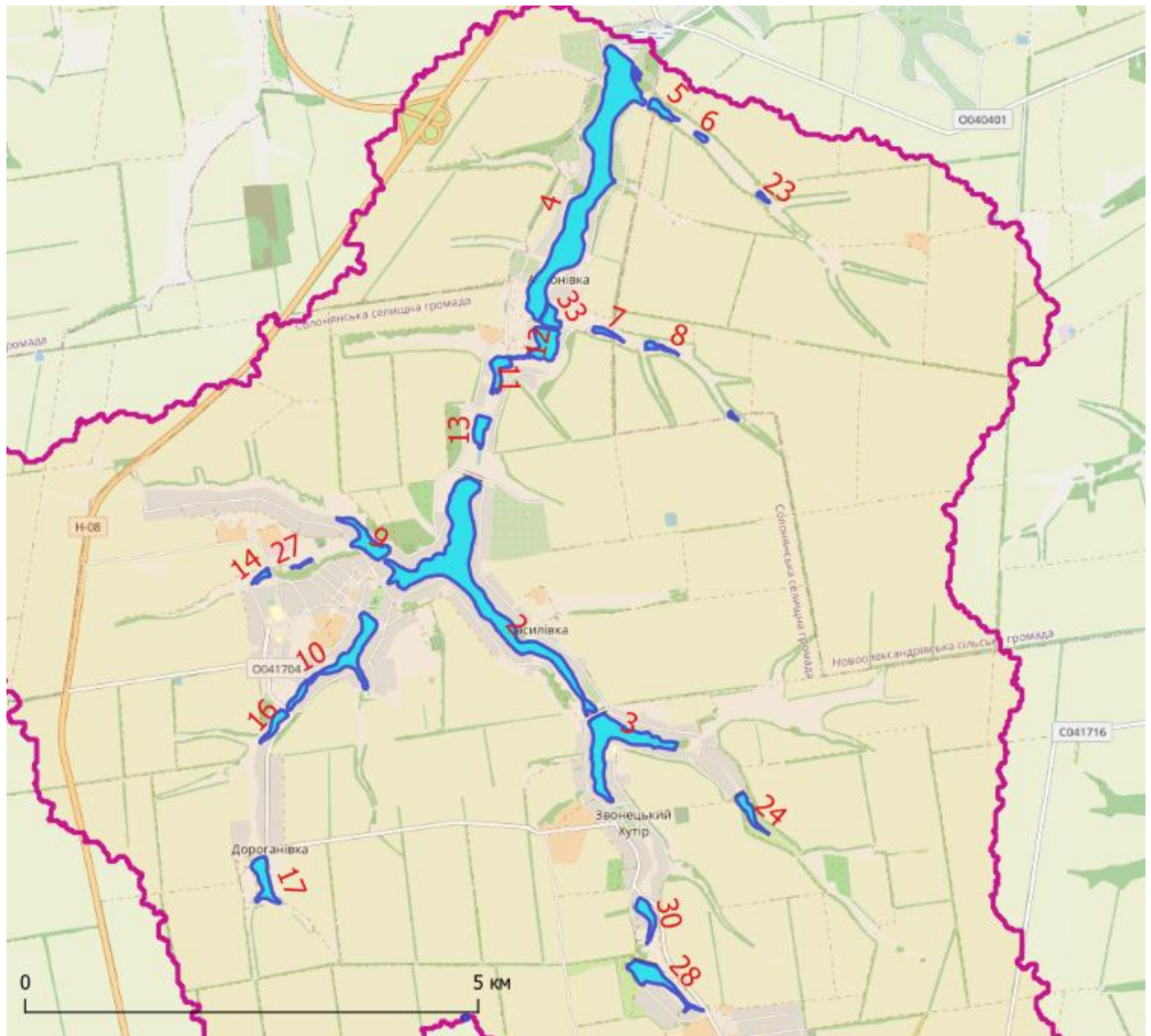


Рисунок 3.1 – Векторний шар водних об'єктів (ставки та водосховища) на водозборі

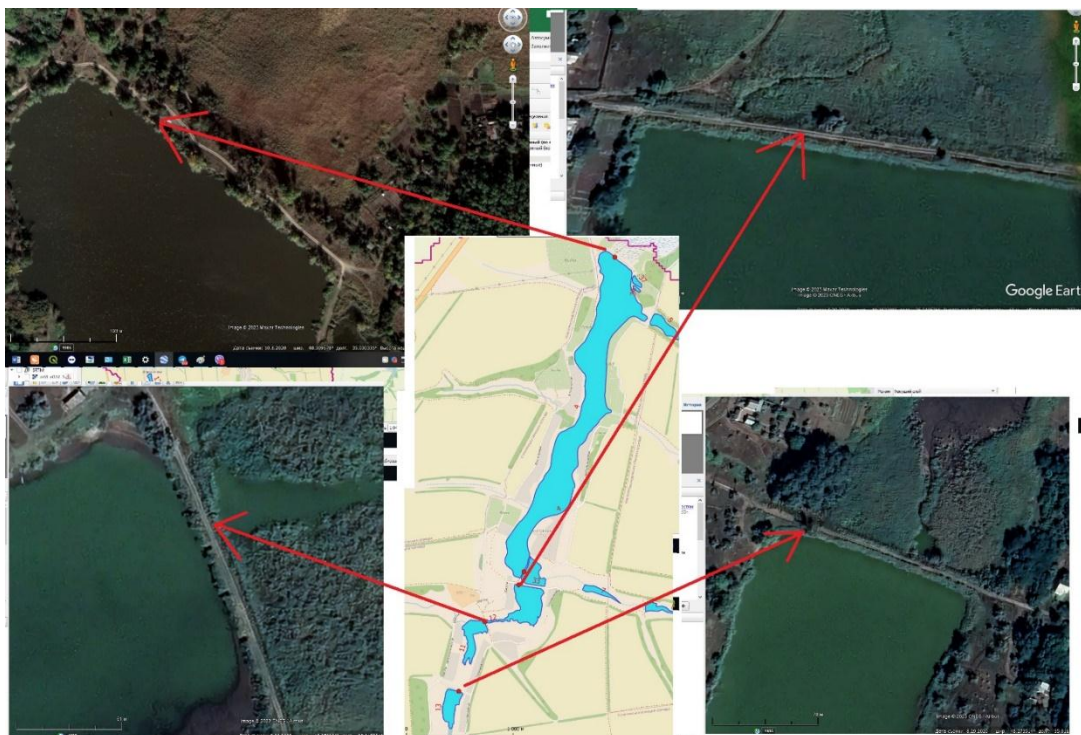


Рисунок 3.2 – Фото-плани сучасного стану гребель , Google Earth Pro

[1]



Рисунок 3.3 – Тип та стан водоскидів (фото автора, 19.04.2023 р.)

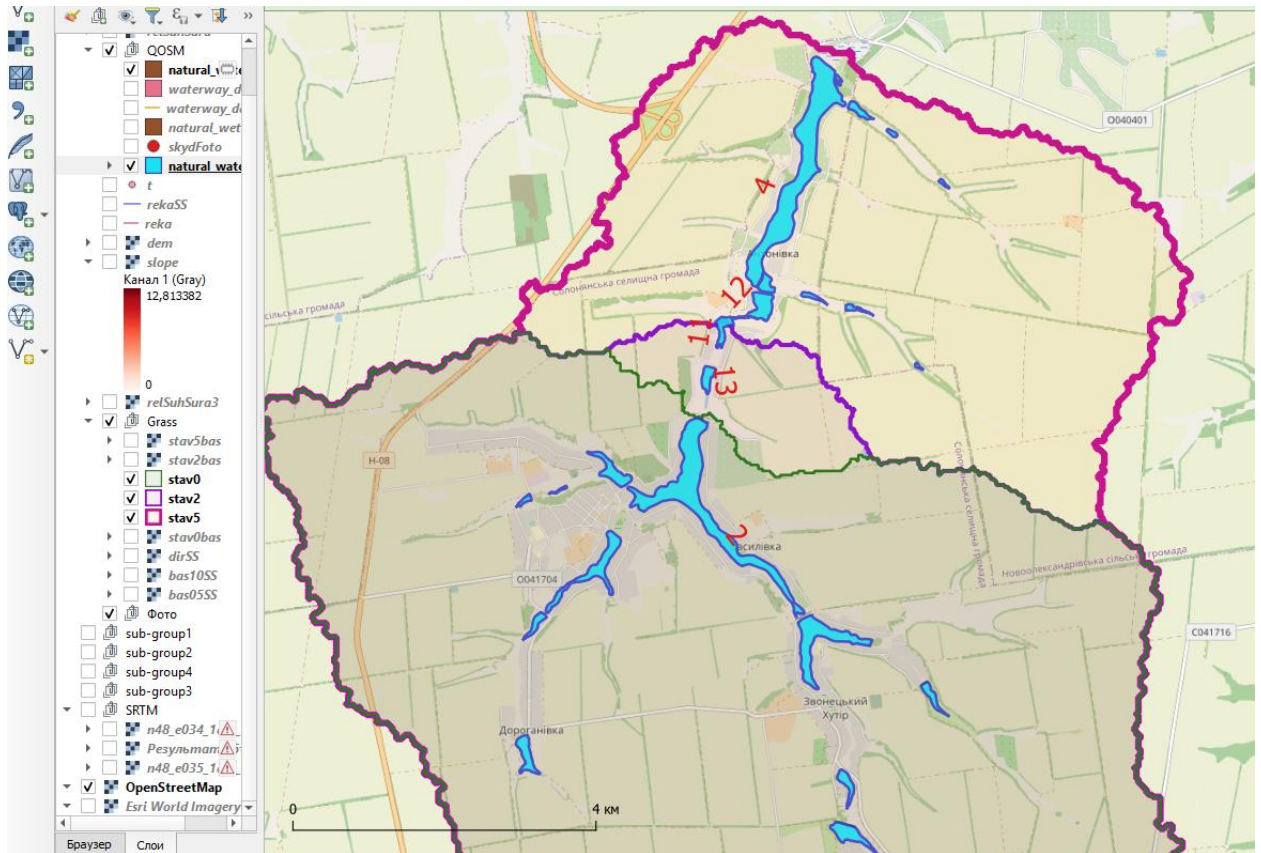


Рисунок 3.4 – Часткові водозбори (QGIS)

Розрахунок річного стоку різної забезпеченості за створами гирло р. Суха Сура, ставок 4, 12 (11) та 2, наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1- Розрахунок річного стоку різної забезпеченості по створам р. Суха Сура

Найменування показників		р. Суха Сура		
Створ (№ ставка)		4	12 (11)	2
- середній багаторічний річний модуль стоку, л/(с·км ²), q		0,7	0,7	0,7
A - площа водозбору річки до розрахункового створу, км ² .		104,4	73,1	69,3

Найменування показників		р. Суха Сура		
Створ (№ ставка)		4	12 (11)	2
α - параметр, що визначається за даними річок-аналогів, л/с;		1,72	1,72	1,72
Коефіцієнт варіації річного стоку C_v		0,984	0,987	0,988
Відношення $C_s: C_v$ (кратне 0,5)		2	2	2
Уточнене C_v		0,984	0,987	0,988
Модульний коеф, К%	P=1%	4,15	4,15	4,15
	P=5%	2,78	2,78	2,78
	P=10%	2,19	2,19	2,19
	P=25%	1,38	1,38	1,38
	норма	1	1	1
	P=50%	0,748	0,748	0,748
	P=75%	0,352	0,352	0,352
	P=90%	0,154	0,154	0,154
	P=95%	0,082	0,082	0,082
	P=99%	0,019	0,019	0,019
Обем стоку за рік, тис.м3	P=1%	9564	6697	6349
	P=5%	6407	4486	4253
	P=10%	5047	3534	3350
	P=25%	3180	2227	2111
	норма	2305	1614	1530
	P=50%	1724	1207	1144
	P=75%	811	568	538
	P=90%	355	249	236
	P=95%	189	132	125
	P=99%	44	31	29
Середньо річна витрата расход, м3/с	P=1%	0,303	0,212	0,201
	P=5%	0,203	0,142	0,135
	P=10%	0,160	0,112	0,106
	P=25%	0,101	0,071	0,067
	норма	0,073	0,051	0,049
	P=50%	0,055	0,038	0,036
	P=75%	0,026	0,018	0,017
	P=90%	0,011	0,008	0,007
	P=95%	0,006	0,004	0,004
	P=99%	0,001	0,001	0,001

3.2 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку весняної повені

При відсутності прямих спостережень за максимальним весняної повені, його значення розраховують як для випадку відсутності даних спостережень – відповідно до рекомендацій ДБН [20].

Відповідно до цього нормативу «..Максимальна витрата води весняної повені $Q_{p\%}$ м³/с, заданої щорічної вірогідності перевищення $P\%$ для рівнинних річок визначають за формулою..»

$$Q_{p\%} = [K_0 \cdot h_{p\%} \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 / (A + A_1)^{n_1}] \cdot A, \quad (3.4)$$

де K_0 - параметр, що характеризує дружність весняної повені, визначається за даними річок-аналогів;

$h_{p\%}$ - розрахунковий шар сумарного весняного стоку, мм, щорічної вірогідності перевищення $P\%$. При відсутності даних спостережень приймаємо в залежності від середнього багаторічного шару стоку h_0 , значення якого визначаємо з карти [10];

μ - коефіцієнт, що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку та максимальних витрат води, приймаємо за рекомендаціями [10];

δ - коефіцієнт, що враховує вплив водосховищ, ставків та проточних озер;

δ_1 - коефіцієнт, що враховує зниження максимальної витрати води в залісених басейнах;

A - площа водозбору річки, км²;

A_1 - додаткова площа водозбору, що враховує зниження редуції, км², приймаємо за рекомендаціями [20];

n_1 - показник ступеня редуції, що приймаємо за рекомендаціями [18].

Для території України, максимальна витрата води весняної повені Q_p м³/с, розрахована за формулою (3.4) не зовсім точна. Вишневський [17] та Каганер [41] рекомендують розрахунки проводити за формулою граничної інтенсивності

$$Q_p = 0,28 \cdot a_m \cdot \varphi \cdot F \cdot \rho \cdot r \cdot \lambda, \quad (3.5)$$

де Q_p – максимальна миттєва витрата (м³/с) ймовірністю перевищення $P\%$;

a_m – максимальна інтенсивність водовіддачі (мм/год) 1%-вої ймовірності перевищення;

φ – коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати;

F – площа водозбору, км²;

ρ – коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодноразності віддачі стоку з басейну;

r – коефіцієнт, що враховує вплив системи водосховищ;

λ – коефіцієнт ймовірності перевищення максимальних витрат води;

0,28 – коефіцієнт вимірювання.

За цією формулою, максимальна витрата Q_p дорівнює $P=1\%$. При $\lambda=1$ визначає максимальну витрату 1%-вої забезпеченості.

В основі цього методу - годинна інтенсивність водовіддачі a_m , значення якої для рекомендується приймати в відповідності до [41, табл. 81].

Коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати φ визначається в залежності від величини τ і відношення

$$n = \frac{\tau}{t_c}, \quad (3.6)$$

де τ – тривалість добігання стоку;

t_c – тривалість водовіддачі за добу.

У випадку коли $n > 1$ ($\tau > t_c$) коефіцієнт визначається за формулою

$$\varphi = \frac{0,28 + 0,07n}{1 + 2n} \quad (3.7)$$

і приймається за [41, табл. 82].

Коли час добігання $\tau < 1$ доби, коефіцієнт редукції визначається за формулою

$$\varphi = \frac{t_c}{0,92t_c - 0,24 + (1,94t_c + 5,95)\tau} \quad (3.8)$$

або приймається по [41, табл. 84].

Тривалість добігання хвилі повені визначається за формулою

$$\tau = \frac{L}{v}, \quad (3.9)$$

де L – довжина водотоку, км;

v – швидкість добігання, км/добу.

Швидкість добігання хвилі повені в свою чергу визначається за формулою

$$v = \alpha \cdot H^{1/3}, \quad (3.10)$$

де α – коефіцієнт форми русла і шорсткості його дна і стінок, приймається по [41, табл. 85];

H – падіння річки від її витoku до розрахункового створу, а для малих річок (з $\tau < 1$ доби) від водорозділу до розрахункового створу, м.

Тривалість водовіддачі від сніготанення (силового притоку) t_c визначається за картою ізоліній [20].

Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності сніготанення визначається за формулою

$$\rho = \frac{t_c + \tau}{mt_c + \tau + t_{\zeta}}. \quad (3.11)$$

Коефіцієнт зарегульованості максимальної витрати водосховищем в басейні визначається за формулою

$$r = 1 - \frac{W_1}{S_1} \left[1 - \left(1 - \frac{f_1}{F} \right)^n \right], \quad (3.12)$$

де W_1 – регулюючий об’єм водосховища;

S_1 – стік з водозбірної площі f_1 ;

n – показник степені, що приймається для весняної повені рівним 0,75.

Параметри, які входять до даної формули розраховуємо згідно з вимогами, приведеними в [41].

Всі розрахунки виконуємо табличній формі (таблиця 3.2(створити ставків 4, 12 та 2)

Таблиця 3.2- Розрахунки максимальних витрат весняної повені в басейні річки Суха Сура

Найменування показників			С. Сура		
			4	12	2
№ створу (ставка)			4	12	2
Площа басейну F,		км2	104,4	73,1	69,3
Довжина водотоку L,		км	17	12,8	11,6
Відстань від гирла,		км	9,2	2,2	2,2
Падіння ріки H,		м	94	85	79
Інтенсивність водовіддачі a_m , (табл.81)		мм/год	7	7	7
Коефіцієнт форми та шорсткості русла a , (табл. 85)		км/добу	3	3	3
Швидкість добігання хвилі повені $v=aH^{1/3}$		км/добу	13,641	13,190	12,873
Тривалість добігання хвилі повені $t=L/v$,		діб	1,246	0,970	0,901
Тривалість водовіддачі від сніготанення t_c , (рис. 49)(рис.45)		діб	3,2	3,2	3,2
Співвідношення $n=t/t_c$,			0,389	0,303	0,282
Коефіцієнт редукації: - $j=(0,28+0,07n)/(1+2n)$ при $n>1$; ($t>t_c$)			-	-	-
- $j=0,35/(1+2n)$ при $n<1$; $t>1$			0,197	-	-
- $j=t_c/(0,92t_c-0,24+(1,94t_c+5,95)t)$; при $t<1$			-	0,221	0,234
Площа лісів в басейні f_l ,		км2	0	0	0

Найменування показників			С. Сура		
№ створу (ставка)			4	12	2
Площа боліт в басейні fб,		км2	0	0	0
Коефіцієнт складу лісів а,			0,85	0,85	0,85
Коефіцієнт підвищення часу водовіддачі за рахунок залісеності та заболоченості $m=1+afl/F+fl/F$			1	1	1
Умовний час початку віддачі стоку: - у витоку ріки Ти, (рис. 50)		діб	2,2	2,2	2,2
- в розрахунковому створі ріки Тс, (рис. 50)		діб	2,3	2,3	2,3
Тривалість неодночасності віддачі стоку $tn=Ti-Tc$,		діб	-0,1	-0,1	-0,1
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності сніготанення $r=(tc+t)/(mtc+t+tn)$			1,023	1,025	1,025
Регулюючий об'єм водосховища W1,		млн. м3	1,8	0,4	1
Водозбірна площа водосховища f1,		км2	104	71	69
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S1=0,001hp1\%f1$,		млн. м3	9,88	6,745	6,555
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $r1=1-(W1/S1)[1-(1-f1/F)0,75]$			0,821	0,945	0,850
Регулюючий об'єм водосховища W2,		млн. м3	2	2	1
Водозбірна площа водосховища f2,		км2	69	69	35
Об'єм стоку з площі басейну водосховища $S2=0,001hp1\%f2$,		млн. м3	6,555	6,555	3,325
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищем, $r2=1-(W2/S2)[1-(1-f2/F)0,75]$			0,830	0,730	0,877
Сумарний коефіцієнт зарегулювання водосховищами, $r=r1r2$			0,681	0,690	0,745
Максимальна витрата $Q1\%=0,28amjFrl$,	1,00%	м3/с	28,1	22,3	24,3
Забезпеченість, Р, %/модульний коефіцієнт, l,	3%	0,75	21,1	16,8	18,2
	5,00%	0,64	18,0	14,3	15,6
	10,00%	0,47	13,2	10,5	11,4
	25,00%	0,25	7,0	5,6	6,1
	0,5 %	1,19	33,4	26,6	28,9
Шар стоку повені 1 % забезпеченості $hr1\%$, (рис.48)		мм	95	95	95
Об'єм стоку повені $W1\%=0,001hp1\%F$,	1,00%	млн. м3	8,12	6,54	5,58
Забезпеченість, Р, %/модульний коефіцієнт, l,	3,00%	0,73	5,93	4,78	4,08
табл.77	5,00%	0,59	4,79	3,86	3,29
	10,00%	0,37	3,00	2,42	2,07
	25,00%	0,16	1,30	1,05	0,89
	0,5 %	1,18	9,58	7,72	6,59

3.3 Визначення максимальної витрати та об'єму стоку дощового паводку

На об'єкті дослідження відсутні дані спостережень за максимальним зливовим стоком. Тому розрахунки проведені як для випадку відсутності спостережень за формулою, розробленою П.Ф. Вишневським [9].

$$Q_p = 1.67 \cdot h_m \cdot F \cdot \varphi \cdot n \cdot r \cdot r_1 \cdot \lambda, \quad (3.13)$$

де Q_p – максимальна миттєва витрата ($\text{м}^3/\text{с}$) ймовірністю перевищення $P\%$;

1,67 – коефіцієнт вимірювання;

h_m – максимальна злизова водовіддача (мм/10 хв) 1%-вої ймовірності перевищення;

φ – коефіцієнт редукції модуля максимального зливого стоку;

F – площа водозбору, км^2 ;

n – коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості і неодночасності віддачі стоку з басейну;

r – коефіцієнт, що враховує вплив системи водосховищ;

r_1 – коефіцієнт природного зарегулювання витрати заболоченими заплавами;

λ – коефіцієнт переходу від вихідної ймовірності перевищення максимальних витрат води до розрахункової.

Основні результати зливого стоку наведені в табл. 3.3

Таблиця 3.3- Розрахунки максимальних витрат дощового паводку в басейні річки Суха Сура

Найменування показників		Суха Сура						
		Створ	4		12		2	
№ наближення			1-ше	2--ге	1-ше	2--ге	1-ше	2--ге
Площа басейну F,	км2		104,4		73,1		69,3	
Довжина водотоку L,	км		17		12,8		11,6	
Падіння ріки H,	м		94		85		79	
відмітка витоку	м		155		155		155	
відмітка горизонту води в розрахунковому створі	м		61		70		76	
середньозважений похил річки, ів	промилле		5,53		6,64		6,81	
Витрата 1%-ої забезпеченості за аналогом (табл. 87-табл.100-Днепр, за площею)	м3/сек		148		148		148	
Розрахована (ф-ла 41) витрата 1%-ої забезпеченості для розрахункового створу: перше та друге наближення			52,1	68,8	53,3	72,4	42,0	55,0
Максимальна водовіддача дощового стоку 1%-ої забезпеченості hm (рис.69(59)-з карти)		мм/10 хв	5		5		5	
Швидкість добігання піку паводку по довжині річки (за аналогом) (табл.103(90))		км/добу	44		44		44	
Швидкість добігання піку паводку по довжині річки розрахована (ф-ла 44)		км/добу		61,7		66,0		62,7
- тривалість водовіддачі макс. Зливового стоку tc		год	2	2	2	2	2	2
- співвідношення $n1=t/tc$; $tc=2$ год			4,64	3,31	3,49	2,33	3,16	2,22
- Тривалість добігання хвилі повені $t=24L/v$, (ф-ла 43)		годин	9,27	6,61	6,98	4,66	6,33	4,44
Коефіцієнт редукції: - $j=(2,26)/(1+6,3n1)$ при $n<1$; - $j=0,626/(1+1,02n1)$ при $n>1$;			0,11	0,14	0,14	0,19	0,15	0,19
Площа лісів в басейні фл,		км2	4,7		1,5		0,5	
Площа боліт та заболочених заплав в басейні фб,		км2	0,63		0,48		3	
Коефіцієнт складу лісів а,			0,85		0,85		0,85	
Коефіцієнт, що враховує вплив залісеності, заболоченості n (ф-ла 47)			0,992	1,000	0,995	1,000	0,988	1,000
- Коефіцієнт m (ф-ла 48)			1,044	1,000	1,024	1,000	1,049	1,000
Шар дощового стоку 1-ої забезпеченості при $F<60$ км2 (ф-ла 54)			24,8	24,8	28,2	28,2	32,1	32,1
Шар дощового стоку 1-ої забезпеченості при $F>60$ км2 (ф-ла 56)			22,4	22,4	27,4	27,4	31,5	31,5
Складові шару стоку: b			1	1	1	1	1	1
j1			1	1	1	1	1	1

Найменування показників		Суха Сура			
		Створ	4	12	2
- сумарна площа ставків та водосховищ (QGIS)	га		197	127	99
Висота регулюючого шару в ставках Н, (Прийнятий 50% форсованого напору)	м		0,500	0,500	0,500
Співвідношення площі широкої заболоченої заплави до площі водозбору (QGIS)	%		0,603	0,657	4,329
Коеф. г, для врахування регулюючого впливу ставків та водосховищ (ф-ла 49)			0,579	0,683	0,773
Коеф. г1, для врахування регулюючого впливу заболоченої заплави (ф-ла 52)			0,951	0,935	0,642
Регулюючий об'єм водосховища W1, (рекомендовано приймати половину можливого шару спрацювання)	млн. м3		1,8	0,4	1
Регулюючий об'єм водосховища W2,	млн. м3		2	2	1
Водозбірна площа водосховища до розрахункового створу F,	км2		104,4	73,1	69,3
Попередньо прийнятий Шар стоку 1%-ої (табл.100(87) для аналога)	мм		31	31	31
Коефіцієнт, що враховує зарегулювання витрати водосховищами та ставками, г2,			0,413	0,470	0,535
Максимальна витрата Qi%	1,00%	м3/с	68,8	72,4	55,0
Забезпеченість, P, %/модульний коефіцієнт, l, (табл.93)	3%	0,7	48,1	50,6	38,5
	5,00%	0,6	41,3	43,4	33,0
	10,00%	0,43	29,6	31,1	23,7
	25,00%	0,25	17,2	18,1	13,8
	0,5 %	1,17	80,5	84,7	64,4
Шар стоку дощового паводку 1 % забезпеченості hp1%,	мм		22,4	27,4	31,5
Об'єм стоку повені W1%=12000hmFb1j11r2, (ф-ла 55)	1,00%	млн. м3	2,59	2,06	2,22
Забезпеченість, P, %/модульний коефіцієнт, l,	3,00%	0,7	1,81	1,44	1,56
	5,00%	0,6	1,55	1,24	1,33
	10,00%	0,43	1,11	0,89	0,96
	25,00%	0,25	0,65	0,52	0,56
	0,5 %	1,17	3,03	2,41	2,60

Отже, визначені витрати та об'єми стоку повені та паводку послужать для оцінки забезпеченості пропускної здатності водоскидних споруд ставка.

Зведена таблиця максимальних витрат та об'ємів стоку максимальних вод (табл.3.4) дозволяє порівняти максимуми повені та дощового паводку та прийняти вірні проектні рішення по пропуску максимальних вод.

Таблиця 3.4 - Зведена таблиця витрат та об'ємів стоку максимальних вод у в басейні річки Суха Сура (створ ставка №4)

Гідрологічний період	Гідрологічна характеристика	Забезпеченість гідрологічної величини P, %					
		0,5	1	3	5	10	25
Весняна повінь	Максимальна витрата Q, м ³ /с	33,4	28,1	21,1	18,0	13,2	7,0
	Об'єм стоку, млн.м ³	9,58	8,12	5,93	4,79	3,0	1,3
Дощовий паводок	Максимальна витрата Q, м ³ /с	80,5	68,8	48,1	41,3	29,6	17,2
	Об'єм стоку, млн.м ³	3,03	2,59	1,81	1,55	1,11	0,65

Отже, максимальні витрати дощового паводку суттєво перевищують відповідні витрати повені, але об'єми стоку максимальних вод обернено-протилежні.

Для вірної оцінки роботи водоскидних споруд треба зробити розрахунок трансформації стоку ставками та водосховищем

3.4 Трансформація максимального стоку

На досліджуваній ділянці рівень регулюючого впливу ставків та заболочених територій на максимальні витрати води має велике значення.

При відсутності спостережень за максимальним стоком можливо використати наближений метод Д.І. Кочеріна.

Водоскид	Максимальна витрата паводку, м3/с		Об'єм стоку повені, млн.м3	Площа ставків, км2	Площа боліт, км2	Напір форсування, м	Об'єм регулювання, млн. м3	Зарегульована витрата, м3/с
	мит тева	середньо добова						
4	69	42,6	2,6	1,97	0,71	1	2,68	-
12	72	44,4	2,1	1,33	0,33	1	1,66	9,3
13	55	34,0	2,2	1,04	0,22	1	1,26	14,5

Бачимо, що витрата повені зменшиться при трансформації більше ніж в 2 рази, а витрата паводку суттєво буде зменшена в створі ставка №13 та № 9, і повністю трансформована в створі ставка №4.

Таблиця 3.6 – Трансформація максимального стоку 5%-вої забезпеченості в басейні річки Суха Сура

Водоскид	Максимальна витрата повені, м3/с		Об'єм стоку повені, млн.м3	Площа ставків, км2	Площа боліт, км2	Напір форсування, м	Об'єм регулювання, млн. м3	Зарегульована витрата, м3/с
	мит тева	середньо добова						
4	18	11,1	4,8	1,97	0,71	1	2,68	4,9
12	14,3	8,8	3,9	1,33	0,33	1	1,66	5,1
13	15,6	9,6	3,3	1,04	0,22	1	1,26	6,0
Водоскид	Максимальна витрата паводку, м3/с		Об'єм стоку повені, млн.м3	Площа ставків, км2	Площа боліт, км2	Напір форсування, м	Об'єм регулювання, млн. м3	Зарегульована витрата, м3/с
	мит тева	середньо добова						
4	41	25,3	1,6	1,97	0,71	1	2,68	0
12	43	26,5	1,2	1,33	0,33	1	1,66	0
13	33	20,4	1,3	1,04	0,22	1	1,26	0,6

Бачимо, що витрата повені зменшиться при трансформації: в 2,5 рази – в створі ставка №13, в три рази – в створі ставка №11, в 3,5 рази – в створі ставка №4. Витрата паводку буде повністю трансформована в усіх створах.

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ ОБ’ЄКТІВ НА ВОДОЗБОРІ РІЧКИ СУХА СУРА

Всі водні об’єкти на водозборі річки так чи інакше впливають на зарегулювання стоку, мета якого залежить від потенційних водних ресурсів річки у природному стані за багаторічний період, від ландшафтних, фізико-географічних і соціально-економічних факторів, які визначають формування доступних для використання водних ресурсів та освоєння їх.

Аналіз кількісних характеристик водойм є основою оцінки ступеня зарегулювання місцевого стоку та впливу на екосистему річки вцілому.

Згідно інвентаризаційних відомостей Дніпропетровського регіонального офісу водних ресурсів [25, 2009 р.] на водозборі р. Суха Сура створено 18 штучних водойм.

Ідентифіковано як водні об’єкти за даними Quick Maps Servise [2, 2023 р.] – 25 водних об’єктів, які представлені на рис. 3.1.

Нижче представлений їх аналіз.

4.1 Характеристика водосховищ

Водосховище – це штучна водойма з об’ємом води не менше 1 млн.м³. Водосховища призначені для: створення запасу води, який забезпечує безперебійне постачання водоспоживачів і водокористувачів; зниження (трансформації) максимальних витрат води повеней і паводків; акумуляції завислих і донних наносів (твердого стоку) та інших задач.

Основними параметрами як водосховищ так і ставків є [31].:

- нормальний підпірний горизонт (рівень) – НПГ (або НПР);

- горизонт (рівень) мертвого об'єму – ГМО (або РМО);
- корисний об'єм водосховища – $V_{кор}$;
- мертвий об'єм водосховища – $V_{мо}(МО)$;
- катастрофічний (форсований) підпірний горизонт (рівень) – КПП (або ФПП);
- повний об'єм водосховища .

Згідно даних про об'єми наявне одне водосховище – це найбільший «Антонівський ставок», номер 4 на планах. Дані про нього приводимо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Водосховище Антонівських ставків

Площа водної поверхні, га	Об'єм, млн.м ³	
	повний	корисний
57,8	1,316	0,7

4.2 Зведені дані про ставки на водозборі річки

Більш точні відомості про ставки території дослідження, наводимо таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Наявність ставків і водосховищ в басейні річки [25]

№ п/п	Назва річки (струмка, балки, канал)	Куда впадає	гірла до греблі, м	Об'єм при НПП, тис. м ³	Площа при НПП, га	Довжина ПЗС, км	Площа ПЗС, га	Населений пункт, назва водного об'єкту	Територіальне підпорядкування (міські, сільські та селищні ради)	Номер ставка на плані
179	р Суха Сура	Мокра Сура	12,80	427	22,47	3,65	3,2	с. Звонецький Хутір	Микільська	3
180	р Суха Сура	Мокра Сура	4,00	1316	57,83	6,16	15,6	Антонівське вдсх.	Василівська	4
181	р Суха Сура	Мокра Сура	7,30	400	28,72	4,13	5,7	с. Антонівка	Василівська	12+11

№	Назва річки	Куда	ГР	Пл	Г	П	С	С	Населений пункт,	Територіальне	Номер
182	р Суха Сура	Мокра Сура	9,50	850	32,60	3,90	7,6		с. Василівка	Василівська	2
183	р Суха Сура	Мокра Сура	14,76	44	2,68	0,97	2,7		с. Звонецький Хутір	Микільська	24
184	р Суха Сура	Мокра Сура	8,74		5,00				с. Антонівка	Василівська	13
185	б Б/н 3	Суха Сура	2,90	96	8,21	1,74	4,1		с. Оріхове	Микільська	28
186	б Б/н 3	Суха Сура	2,10	105	3,09	1,29	4,6		с. Оріхове	Микільська	30
187	б Карасева	Суха Сура	4,23	110	7,56	2,81	12,8		с. Дороганівка	Микільська	17
188	б Карасева	Суха Сура	0,95	94	10,30	2,40	5,5		с. Василівка	Василівська	10
189	б Карасева	Суха Сура	0,35		1,00				с. Василівка	Василівська	
190	б Карасева	Суха Сура	2,10	216	7,19	2,10	7,5		с. Дороганівка	Василівська	16
191	б Б/н 2	Карасева	0,30	20	1,18	0,87	1,8		с. Дороганівка	Микільська	
192	б Б/н 2	Карасева	0,60	11	0,70	0,69	1,5		с. Дороганівка	Микільська	
193	б Б/н 5	Карасева	0,21		0,60				с. Василівка	Василівська	
194	б Легка	Карасева	0,30	29	4,72	1,23	2,8		с. Василівка	Василівська	9
195	б Глиняна	Легка	1,10		1,30				с. Василівка	Василівська	27
196	б Литвинова	Суха Сура	0,58	71	2,12	0,72	3,1		с. Антонівка	Василівська	5
	Всього			3789	197						

Отже за даними офісу водних ресурсів сумарний об'єм всіх інвентаризованих ставків становить 3,79 млн.м³, їх загальна площа – 197 га.

За даними сервісу Quick Maps Servise вбудованому в QGIS [2] – площа 25 водних об'єктів (див. рис.3.1) становить 244 га.

Порівнюючи об'єм зарегулювання та річний стік річки (див. табл. 3.1) можна зробити висновок, що річка занадто зарегульована. Забезпеченість зарегулювання, згідно графіку забезпеченості річного стоку (рис.4.1) складає 20%. Це суттєво перевищує вимоги Водного Кодексу України [11]. А за об'ємом, наявне зарегулювання перевищує допустиме (95% річний стік) в **3789/189=20 разів!**

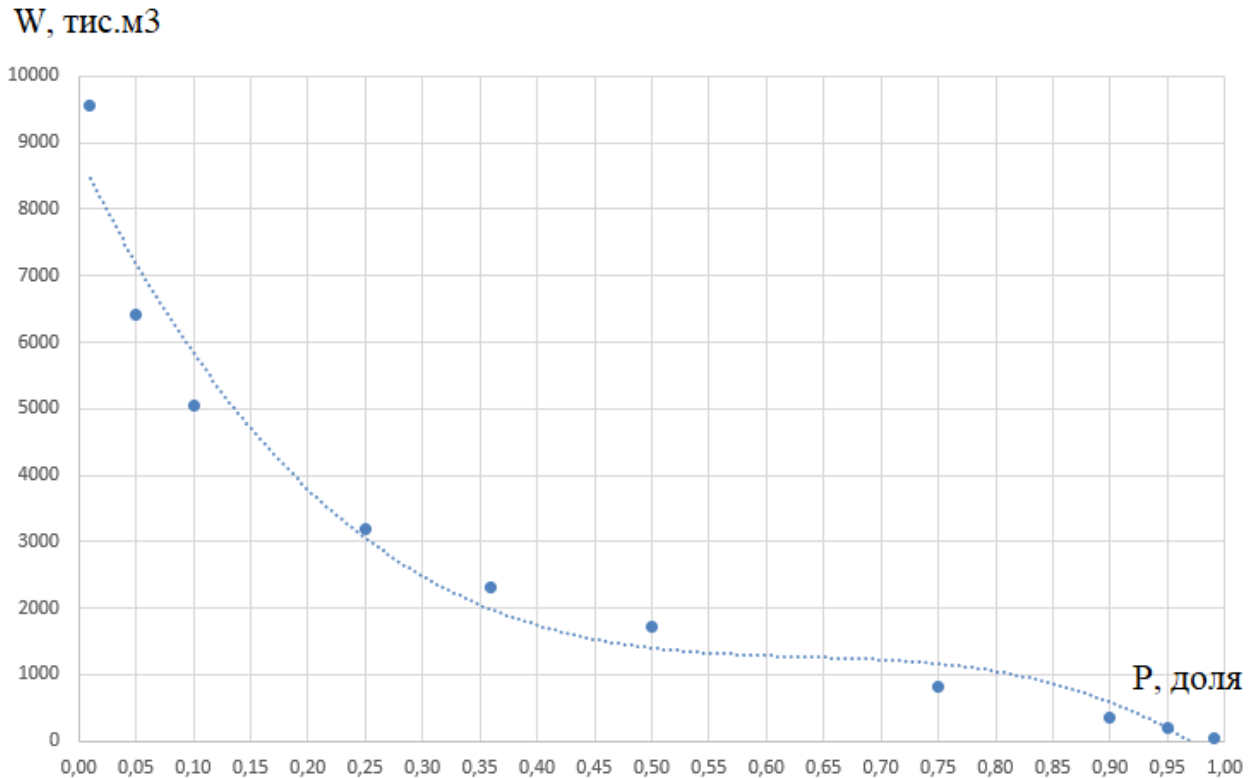


Рисунок 4.1 – Крива забезпеченості річкового стоку р. Суха Сура

4.3 Інформація про гідротехнічні водоскидні споруди

«Антонівських» ставків

Водоскидні споруди призначені для скидання з водоймища в нижній б'єф частини паводкових витрат, що акумулюється у водосховище, заповнюючи об'єм форсування.

Згідно інвентаризаційних відомостей Дніпропетровського регіонального офісу водних ресурсів [25] на водозборі р. Суха Сура наявних 18 штучних водоймах є всього 8 водоскидів на цих ставках (табл.4.3).

Таблиця 4.3 - Інвентаризаційна відомість про гідротехнічні споруди на водних об'єктах водозбору р. Суха Сура [25]

№, п/п	Місце розташування водного об'єкту		Назва зарегульованого водотоку	Об'єм при НІР тис.м.куб.	Площа водного дзеркала при НІР, га	Прибережна захисна смуга			Дані про гідротехнічні споруди	Стан гідротехнічних споруд		Номер ставки на планах	
	Селищна або сільська рада	Найближчий населений пункт				площа	відведена в оренду	що надані в оренду		Греблі (довжина ширина), м	Водоскиди, водовипуски та інше (довжини, діаметри)		греблі
ВАСИЛІВСЬКА СЕЛИЩНА РАДА													
208	Василівська	с.Антонівка	р.Суха Сура/Сурська	137,88	16,3	5,66	5,6	34,3	д.200 м ш.5 м	Шахтний d- 500мм	задов.	задов.	12+11
209	Василівська	с.Антонівка	р.Суха Сура/Сурська		10,4				д.180 м ш.4 м	Шахтний d- 500мм	задов.	задов.	33&
210	Василівська	с.Антонівка	р.Суха Сура/Сурська		5				д.170 м ш.4 м	Шахтний d- 500мм	задов.	задов.	13
211	Василівська	с.Антонівка	р.Суха Сура/Сурська	1200	57,83	15,64	15,6	73,4	д.370 м ш.8 м	Шахтний 2x2м довж. – 56м	задов.	задов.	4
212	Василівська	с.Антонівка	б.Литвиново/ С.Сурка	71	2,12	3,1			д.110 м ш.4 м	перелив	задов.	задов.	5
213	Василівська	с.Василівка	б.Легка	29	4,72	2,75	2,7	7,4	д.230 м ш.13,5 м	Сиф. d-500мм довж. -17м	задов.	задов.	9
214	Василівська	с.Василівка	б.Карасева	94,44	10,3	5,49	5,5	15,8	д.200 м ш.12 м	Сифонний d-2x500мм довж. -25м	задов.	задов.	10
215	Василівська	с.Василівка	р.Суха Сура/Сурська	592	32,6	7,59	7,6	40,2	д.200 м ш.15 м	Сифонний d-2x250мм d-1x500мм	задов.	задов.	2&

До складу гідровузлів входить греблі та водоскидні споруди. На території водозбору річки Суха Сура знаходяться такі типи водоскидів: перелив, шахтий та сифоний (табл.4.4).

Всі водоскиди в задовільному стані.

До аналізу автором роботи взяти до уваги «Антонівські» ставки за № 4, 33, 12, 11 та 13 на рис. 3.1 та 3.2.

Таблиця 4.4- Наявні типи водоскидів на водозборі і їх стан

Тип водоскиду	Кількість	Стан гідротехнічних споруд		
		добрий	задовільний	незадовільний
Перелив (труба)	1		11	?
Шахтний	4		4	?
Сифонний	6		6	?
Всього	11		11	?

Рекогносцирувальні дослідження проведені 19.04.2023 р. За їх результатами проводимо аналіз стану ГТС,.

Ставок № 4, Шахтний водоскид

Оголовок : шахта 2х2 м, залізобетонний, незасмічений, в доброму стані, скиду немає.

Відвідна труба: залізобетонна D=1,2 м (рис.4.2), частково засмічена зі сторони НБ.

Земляна греблі довжиною 370 м, ширина по гребню 8 м.

Клас відповідальності – СС1.



Рисунок 4.2 – Водовідвідна труба водоскиду ставка №4

Ставок № 12, Шахтний водоскид

Оголовок : шахта металева, труба $d=1,2$ м, з вирізом шириною $0,7$ м для обмеженого скиду води в НБ (рис.4.3), незасмічений, в доброму стані, на момент огляду – не спрацьовує.

Відвідна труба: залізобетонна $D=0,5$ м частково засмічена зі сторони НБ.

Земляна греблі довжиною 200 м, ширина по гребню 5 м.

Клас відповідальності – СС1.



Рисунок 4.3 – Водовідвідна труба водоскиду ставка №12

Ставок № 11, Шахтний водоскид

Оголовок : шахта металева, труба $d=0,6$ м, з вирізом шириною $0,25$ м для обмеженого скиду води в НБ (рис.4.4), незасмічений, в доброму стані, на момент огляду – спрацьовує з напором $5-7$ см.

Відвідна труба: залізобетонна $D=0,5$ м частково засмічена зі сторони НБ.

Земляна греблі довжиною 170 м, ширина по гребню 5 м.

Клас відповідальності – СС1.



Рисунок 4.4 – Водовідвідна труба водоскиду ставка №11

Ставок № 13, Шахтний водоскид

Оголовок : шахта металева, труба $d=0,6$ м, з вирізом шириною 0,4 м для обмеженого скиду води в НБ (рис.4.5), ставок пересох, труба вище рівня води на 1,2 м, незасміченаі, на момент огляду –не спрацьовує .

Відвідна труба: залізобетонна $D=0,5$ м частково засмічена зі сторони НБ.

Земляна греблі довжиною 170 м, ширина по гребню 4 м.

Клас відповідальності – СС1.

Таким чином зовнішніх ознак незадовільного технічного стану водоскидів Антонівських ставків не виявлено, за виключенням засмічення відвідних труб в нижньому б'єфі та не горизонтального положення оголовка водоскиду на ставку №12. Останнє може бути ознакою порушення цілісності водоскидної споруди. Проте відсутність спрацювання не дозволяє виявити працездатність відвідних труб.



Рисунок 4.5 – Водовідвідна труба водоскиду ставка №13

В свою чергу, відсутність спрацювання є причиною тотального зарегулювання стоку та наявних процесів змін клімату. Оголовки всіх без винятку водоскидів знаходяться на 50-150 см вище побутового рівня води, тобто робочі рівні – нижче НПГ.

Візуально стан земляних гребель каскаду «Антонівських» ставків задовільний. Просадок та зосереджених місць фільтрації (суфозії) не виявлено.

5 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ ПРОПУСКУ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДОСКИДАМИ «АНТОНІВСЬКИХ СТАВКІВ»

5.1 Визначення пропускної здатності водоскидів на водних об'єктах водозбору

Всі водоскидні споруди на «Антонівських» ставках представляють групу шахтних (баштових) водоскидів, розрахункова схема для яких наведена на рис.5.1.

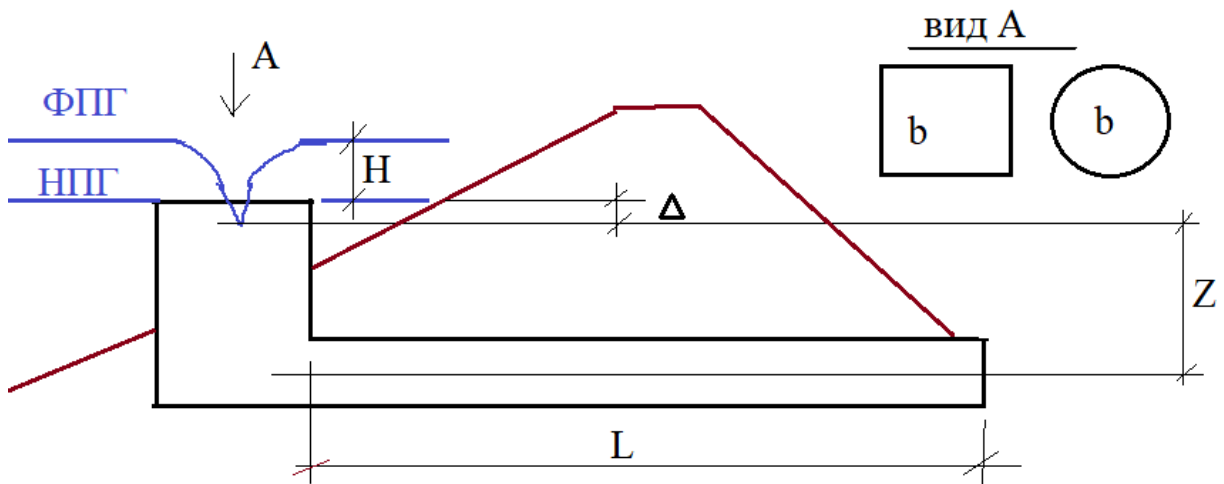


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема до гідравлічного розрахунку шахтних водоскидів

Для невідтопленої роботи шахти водоскидів необхідно, щоб запас на підтоплення Δ був більше 0,1-0,2 м, тобто основа воронки змиву була нижче гребня водоскиду, або рівня НПГ.

Розрахункова формула для оголовку шахтного водоскиду відповідає умовам протікання води через водозливи з тонкою стінкою і має вид:

$$Q = mB^*(2g)^{0.5} H^{1.5}, \quad (5.1)$$

де: m – коефіцієнт витрати для водозливу з широким порогом, $m=0,42-0,44$;

B^* – периметр оголовку водоскиду, м;

H –напір на гребні водозливу, м.

Розрахункова формула для транзитної труби водоскидів має вид:

$$Q = \mu\omega^*(2gZ)^{0.5},$$

де: μ – коефіцієнт витрати, зворотно пропорційний коефіцієнту опору труби, залежить від діаметра та довжини і для трубчастих водоскидів на об'єктах дослідження рівний $\mu=0,61-0,64$;

ω – площа живого перерізу труби, м²;

Z –напір на трубi, м.

Для проведення гідравлічного розрахунку зведемо конструктивні розміри всіх дослідних водоскидів в табл. 5.1, для зручності.

Таблиця 5.1 – Вихідні розміри водоскидів

Водоскид ставка №	Нормальний підпірний горизонт ставка (приблизно) НПГ, м	Оголовок шахти			Прямокутний виріз в оголовку шахти		Відвідна труба		
		Діаметр шахти, м	Периметр гребня водоскиду b, м	коефіцієнт витрати m	ширина, м	висота, м	довжина L, м	діаметр, м	коефіцієнт витрати μ
4	65,0	2	8		-	-	56	1,2	0,61
12	70,0	1,2	3,77	0,43	0,70	0,50	16	0,5	0,61
11	72,0	0,6	1,88	0,43	0,25	0,70	13	0,5	0,64
13	76,0	0,6	1,88	0,43	0,40	0,70	15	0,5	0,62

За наведеними формулами та вихідними даними проведений гідравлічний розрахунок пропускної здатності шахт водоскидів (табл.5.2) та їх відвідних труб (табл. 5.3)

Таблиця 5.2 – Гідравлічний розрахунок пропускної здатності шахт водоскидів

Водоскид ставка №	Відмітка, м БС		Витрата (м ³ /с) шахти при напорі, м				
	вирізу оголовка	гребня оголовок	0	0,2	0,5	1	1,5
	4		65	0,00	1,33	5,26	13,40
12	69,5	70	0,47	1,11	2,50	4,78	6,01
11	71,3	72	0,28	0,57	1,04	1,36	1,47
13	75,3	76	0,45	0,74	1,21	1,52	1,63

Таблиця 5.3 – Гідравлічний розрахунок пропускної здатності відвідних труб водоскидів

Водоскид ставка №	Показник	Напір над гребнем шахти водоскиду, м				
		0	0,2	0,5	1	1,5
4	Напір труби водоскиду Z, м	3,8	4	4,3	4,8	5,3
12		4,8	5	5,3	5,8	6,3
11		1,8	2	2,3	2,8	3,3
13		3,8	4	4,3	4,8	5,3
4	Витрата труби водоскиду, м ³ /с	5,93	6,08	6,30	6,66	7,00
12		1,17	1,19	1,23	1,29	1,34
11		0,75	0,79	0,84	0,93	1,01
13		1,06	1,08	1,12	1,19	1,25

5.2 Аналіз пропуску максимальних витрат водоскидами «Антонівських ставків»

За даними таблиць 5.2 та 5.3 побудовані сумісні графіки пропускної здатності водоскидних споруд (рис.5.1).

З цих графіків випливає, що при проектуванні водоскидів допущена системна похибка. Коли після певного напору пропускна здатність відвідної труби буде менше за аналогічну пропускну здатність шахти водоскиду, що призведе до підтоплення шахти, а відповідно – до неконтрольованого підвищення рівня в верхньому б'єфі. Це може, за умови пропуску значних повеней, призвести до переливу води через гребінь греблі.

Фактично робочими характеристиками водоскидів є верхня частина графіку на рис.5.2 (теоретична крива пропускної здатності).

Інша загальна риса водоскидних споруд – неспроможність їх пропустити через себе повені (дощові паводки) високої забезпеченості.

Порівнюючи графіки пропускної здатності водоскидів (рис.5.2) та величини зарегульованих витрат (табл. 3.5 та 3.6), які представлені збірною таблицею (табл.5.4), можна зробити висновок:

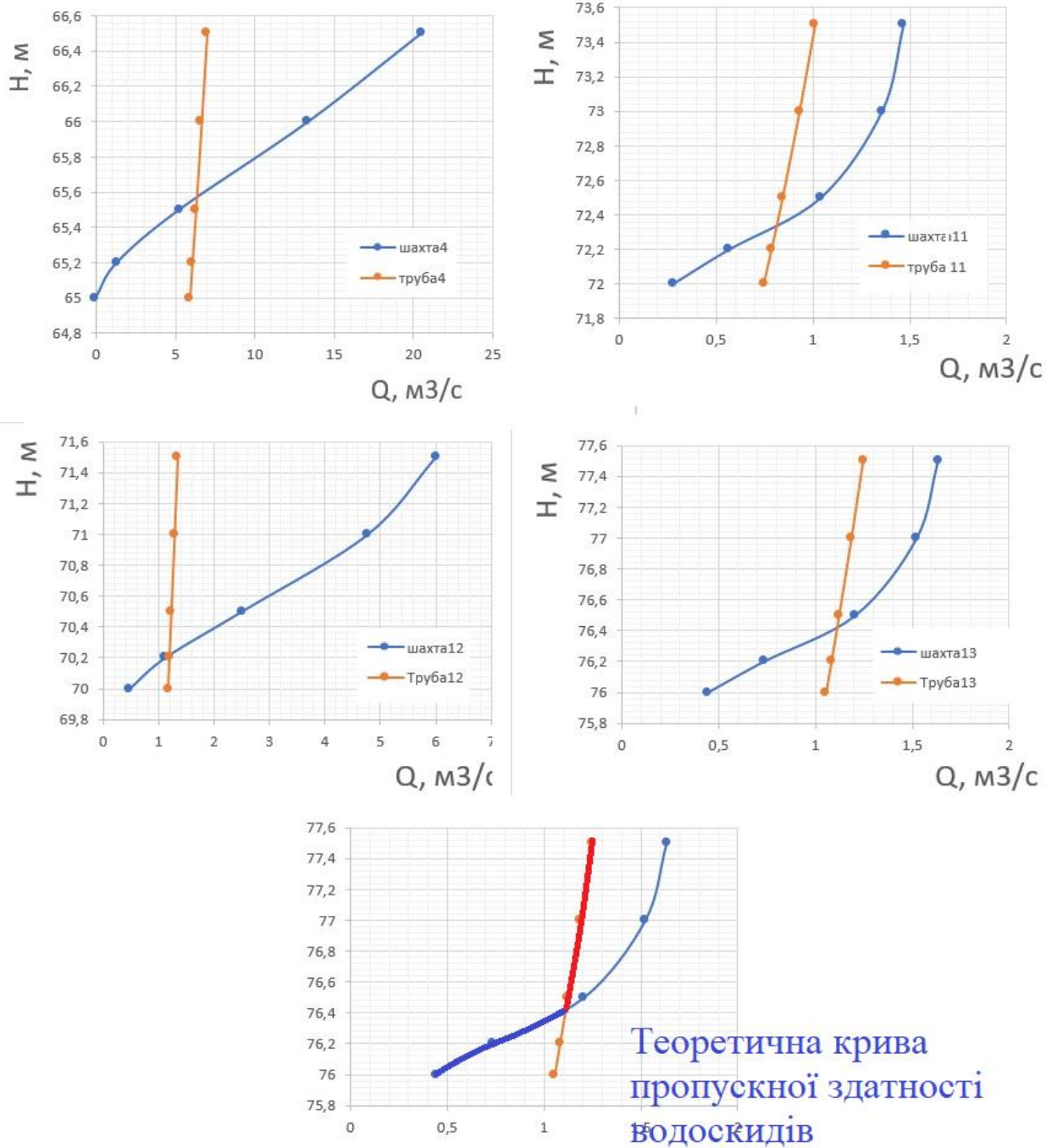


Рисунок 5.2 – Графіки пропускної здатності водоскидів на «Антонівських» ставках (в легенді – номер ставка)

Таблиця 5.4 – Зведений розрахунок зарегульованих витрат ($\text{м}^3/\text{с}$) максимального стоку

Водоскид	Зарегульована витрата забезпеченістю P, %		
	1	5	10
Весняна повінь			
4	11,6	4,9	0,9
12	10,1	5,1	1,2
13	11,5	6,0	1,7
Дощовий паводок			
4	0,0	0,0	0
12	9,3	0,0	0
13	14,5	0,6	0

- Дощовий паводок 5%-вої забезпеченості нормативно буде пропущений всіма водоскидами. Витрата 1%-вої забезпеченості може створити критичні умови пропуску в створах ставків №13 та №11;
- Водоскид ставка №4 пропустить витрату повені 5%-вої забезпеченості при нормативному підпорі ($H=1\text{м}$) . Витрату вищої забезпеченості (1%) не пропустить, відбудеться перелив через гребінь.
- Водоскид ставка №12 пропустить витрату повені 10%-вої забезпеченості при нормативному підпорі ($H=1\text{м}$) . Витрату вищої забезпеченості (5 та 1%) не пропустить, відбудеться перелив через гребінь.
- Водоскид ставка №13 пропустить витрату повені забезпеченістю 12-15%-вої забезпеченості при нормативному підпорі ($H=1\text{м}$) . Витрату вищої забезпеченості (10, 5 та 1%) не пропустить, відбудеться перелив через гребінь.

Таким чином всі водоскиди не придатні для пропуску перевірочних витрат максимального стоку , яка для ГТС класу СС1 прийнята за нормами 1%-вої забезпеченості.

6 ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ВОДООХОРОННИХ ЗОН, ПРИБЕРЕЖНИХ ЗАХИСНИХ СМУГ «АНТОНІВСЬКИХ» СТАВКІВ

Місцеві водні ресурси – це той запас «міцності» суспільства в процесах господарювання на землі. Їх необхідно берегти.

Для створення екологічно-направленого режиму водних об'єктів, не допущення їх забруднення та неконтрольованого використання, для збереження біорізноманіття, для зменшення коливань стоку протягом року, вздовж річок та встановлюють водоохоронні зони [10]. Їх ширину визначають за розробленим проектом землеустрою.

6.1 Вимоги до визначення меж прибережних захисних смуг та водоохоронних зон водойм

Мінімальні межі водоохоронних зон «визначаються в документації із землеустрою, кадастрових планах земельних ділянок, а також у містобудівній документації, відповідно до ст. 60 ЗКУ» [33]. В процесі розробки проекту, тобто після встановлення проектних меж водоохоронних зон, мінімальні межі замінюються в проектній документації проектні межі.

Розрізняють внутрішню та зовнішню межі водоохоронних зон. Внутрішня межа водоохоронних зон ставків і водосховищ визначається від урізу води при їх наповненні до форсованого підпірного горизонту. Зовнішня межа водоохоронної зони прив'язується до існуючих границь (контурів) сільськогосподарських полів та інших угідь, авто та залізничних шляхів, лісосмуг, заплав, балок, ярів. Як правило її межу визначає найбільш віддалена від водного об'єкта лінія [33].

Мінімальна межа водоохоронних зон за межами населених пунктів встановлюється: для боліт та малих річок - 100 м; для ставків - 200 м.

В межах населених пунктів мінімальна межа встановлюється з врахуванням існуючої забудови і прилеглих до неї присадибних ділянок, виділених у приватну власність у відповідності з картами земельного кадастру і документацією із землеустрою [33, п.2.3.13].

Прибережні захисні смуги встановлюють з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення, засмічення, збереження водності.

Внутрішня межа прибережних захисних смуг суміщується з внутрішньою такою ж межею водоохоронних зон. Зовнішня межа прибережних захисних смуг встановлюється шляхом відліку фіксованих лінійних розмірів від внутрішньої межі у відповідності з нормами статті 88 ВКУ, без розробляння спеціальних проектів із землеустрою [33, п.3.2.2].

Прибережні захисні смуги за межами населених пунктів встановлюються по обидва береги річок та навколо водойм шириною: - для малих річок та ставків площею водного дзеркала до 3 гектарів - 25 метрів; - для ставків площею водного дзеркала понад 3 гектари та для боліт – 50 метрів [33, п.3.2.3].

В межах населених пунктів ширина прибережної захисної смуги, встановлюється за проектами землеустрою, відповідно до існуючих умов забудови та з урахуванням містобудівної документації [33, п.3.2.11].

Виходячи з викладеного, для «Антонівських» ставків наявний і випадок в межах населеного пункту, і випадок поза їх межами.

Для виділення прибережних захисних смуг та водоохоронних зон до аналізу приймемо і матеріали землекористування, запозичену з кадастрової карти України [39], рис.6.1.

Видно, що в зоні потенційних ВЗ та ПЗС, відповідно до проектів землеустрою, земля знаходиться у різній власності: державній (1), комунальній (2) та приватній (3).

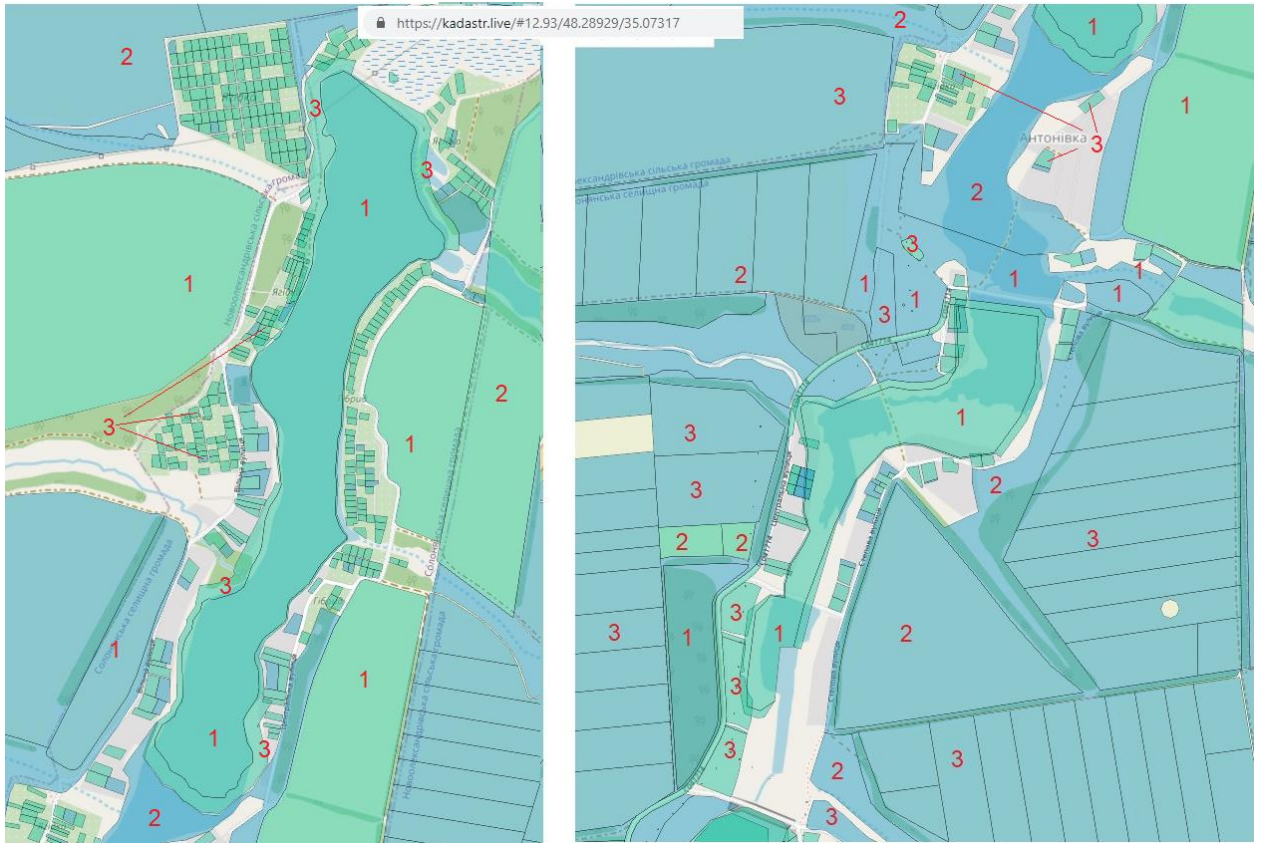


Рисунок 6.1 – Фотовитяг з публічної кадастрової карти України [39] : 1 – державна власність, 2 – комунальна власність, 3 – приватна власність

Для виділення ПЗС та ВЗ в ГІС QGIS створений шар меж забудови та сільськогосподарського використання земель вздовж «Антонівських» ставків (рис.6.2). При побудові використали картографічний сервіс ESRI World Imagery вбудований в QGIS.

Ширина ПЗС для ставків та боліт, відповідно до вимог [11] повинна становити 50 м.

Побудова ПЗС виконана шляхом створення буферної зони по шару ставків (рис.6.3). Видно, що в більшості прибережної території немає використання земель під забудову чи сільськогосподарське використання.

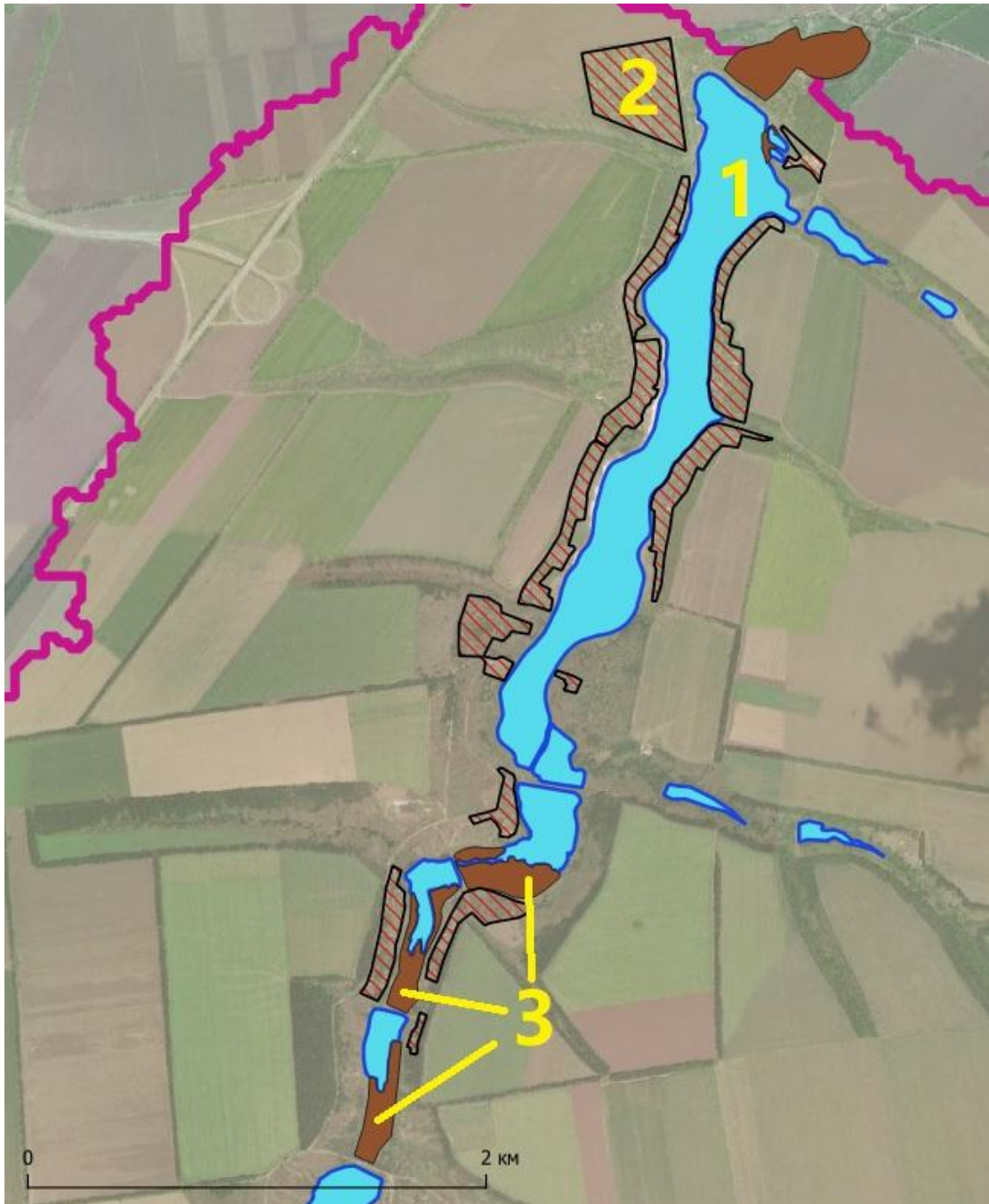


Рисунок 6.2 – Забудова (2) та сільськогосподарське використання прибережної території «Антонівських» ставків (1) та прилеглої заболоченої заплави (3)

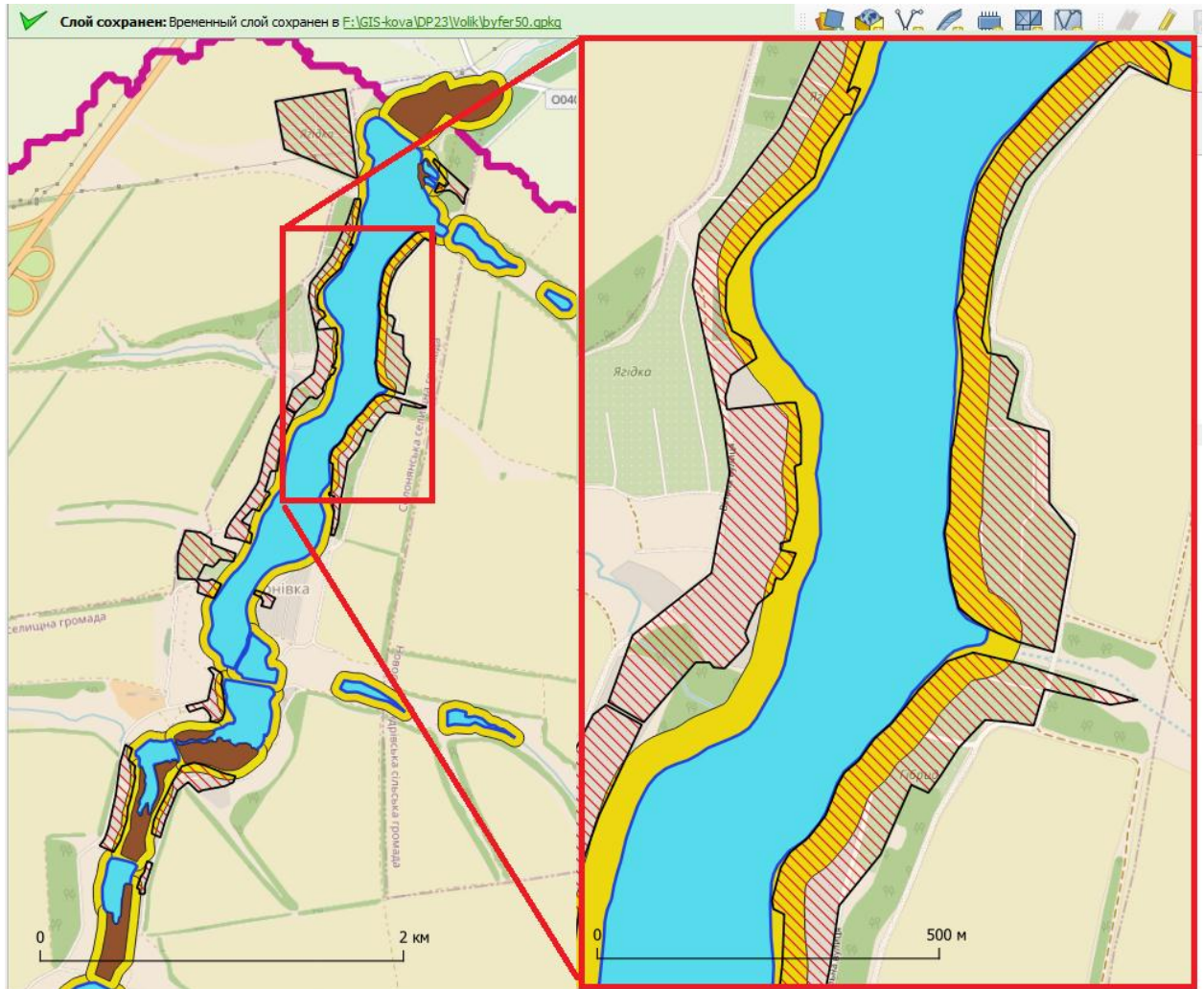


Рисунок 6.3 – Прибережна захисна смуга ставків

Забудова села Антонівка та Василівка і наявних на берегах «Антонівських» ставків садових товариств пересікаються (накладаються) на ПЗС на площі 12,9 га (див. рис. 6.3 – накладання штриховки (забудова) на ПЗС (жовтий пояс)).

Відповідно уточнення положення ПЗС потребує окремого проекту землекористування.

6.2 Рекомендовані режими господарської діяльності на прибережних ділянках річок та водойм

Відповідно до Водного кодексу України [11] на землях ПЗС та ВЗ необхідно обмежити любую господарчу діяльність окрім гідротехнічного та рекреаційного будівництва.

Ці обмеження, які визначені як «режим регульованої господарської діяльності встановлюється в межах водоохоронних зон річок та водойм і передбачає перелік заборон, визначених статтею 87 Водного кодексу України» [33], можливо викласти в такому складі:

- 1) використання стійких та сильнодіючих;
- 2) внесення добрив з використанням авіації;
- 3) влаштування кладовищ, могильників худоби, звалищ сміття, полів фільтрації, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, сховищ добрив і пестицидів,
- 4) влаштування місць захоронення відходів виробництва;
- 5) розміщення та експлуатація складів нафтопродуктів;
- 6) влаштування накопичувачів стічних вод від тваринницьких ферм і комплексів,
- 7) розвідка і видобуток корисних копалин ;
- 8) рубка дерев і чагарників (крім санітарних рубок).

Для малих річок, якою є Суха Сура, додатково висувають ще вимоги та заборони.

- Відповідно до [33]: «1) змінювати рельєф басейну річки;
- 2) руйнувати русла пересихаючих річок та струмків.
 - 3) випрямляти русла річок та струмків та поглиблювати їх дно нижче природного рівня або перекривати їх без улаштування водостоків, перепусків чи акведуків;

- 4) зменшувати природний рослинний покрив і лісистість басейну річки;
- 5) розорювати заплавні землі та застосовувати на них засоби хімізації;
- 6) проводити осушувальні меліоративні роботи на заболочених ділянках та урочищах у верхів'ях річок;
- 7) надавати земельні ділянки у заплавах річок під будь-яке будівництво (крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних споруд), а також для садівництва та городництва;
- 8) здійснювати інші роботи, що можуть негативно впливати чи впливають на водність річки та струмка і якість води в них» .

Всі ці вимоги є необхідними для водозбору р. Суха Сура.

Безпосередньо на землях водного фонду дослідних ставків необхідно провести роботи з виділення ПЗС та ВЗ відповідними знаками та межами, інформаційними табличками про недопущення вище переліченої господарської діяльності та провести роз'яснювальну роботу з представниками місцевого самоврядування.

6.3 Визначення ширини водоохоронних зон «Антонівських» ставків

Розрахунок ширини водоохоронної зони (ВЗ) проводять за визначення оптимальної ширини смуги, що повністю перехопить поверхневий схиловий стік, за формулою [33]:

$$ВЗ = С_r + Л_r, \quad (6.1)$$

де $С_r$ – ширина смуги від середньомеженого рівня води до межі можливого затоплення, забезпеченістю 1%, та приймається не меншою 100 м;

$Л_r$ – ширина водоохоронної зони від межі можливого затоплення, забезпеченістю 1%, до зовнішньої межі водоохоронної зони.

В свою чергу

$$L_p = L_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \pm L_i \quad (6.2)$$

де L_0 – ширина водоохоронної зони еталона в середніх умовах, м;

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ – коефіцієнти переходу;

L_i – поправка до ширини L_p , що враховують зміну крутості схилу, м.

Відповідно до [33] вказані складові для розрахункового водозбору р.

Суша Сура мають значення:

$L_0 = 700$ м;

Коефіцієнти переходу:

- від середньобагаторічного максимуму схилового стоку до стоку розрахункової 1% забезпеченості - $K_1=0,9$;
- від миттєвого максимуму весняної повені до середньодобового – $K_2=0,25$;
- від листяного лісу до інших його видів $K_3=2,5$;
- від супіщаних до інших за механічним (гранулометричним) складом ґрунтів $K_4=1,5$;
- від північної експозиції до інших експозицій K_5 – буде різний, так як експозиція схилів різна, і знаходиться в межах 0,8-1,2;
- від вкритого лісом схилу до безлісного схилу $K_6=1$.

Величина поправки L_i визначається за формулою:

$$L_i = 0,27 \times L_p \times I \quad (6.3)$$

де 0,27 – коефіцієнт, що визначений за середніми даними зміни коефіцієнта весняного схилового стоку у багатоводні роки;

L_p – ширина водоохоронної зони визначена за формулою (6.3) без урахування L_i ;

I – різниця у градусах між фактичним нахилом схилу та $2,5^\circ$, становить $+1,0^\circ$

Таким чином ширина водоохоронної зони дорівнює

$V_3=700 \times 0,9 \times 0,25 \times 2,5 \times 1,5 \times 1 \times 1 + 0,27 \times 590 \times 1,0 = 750$ м.

На рис.6.4(3) наведена розрахована межа водоохоронної зони.

Враховуючи наявне землекористування внесені зміни в межі ВЗ та показані на рис. 6.4(4).

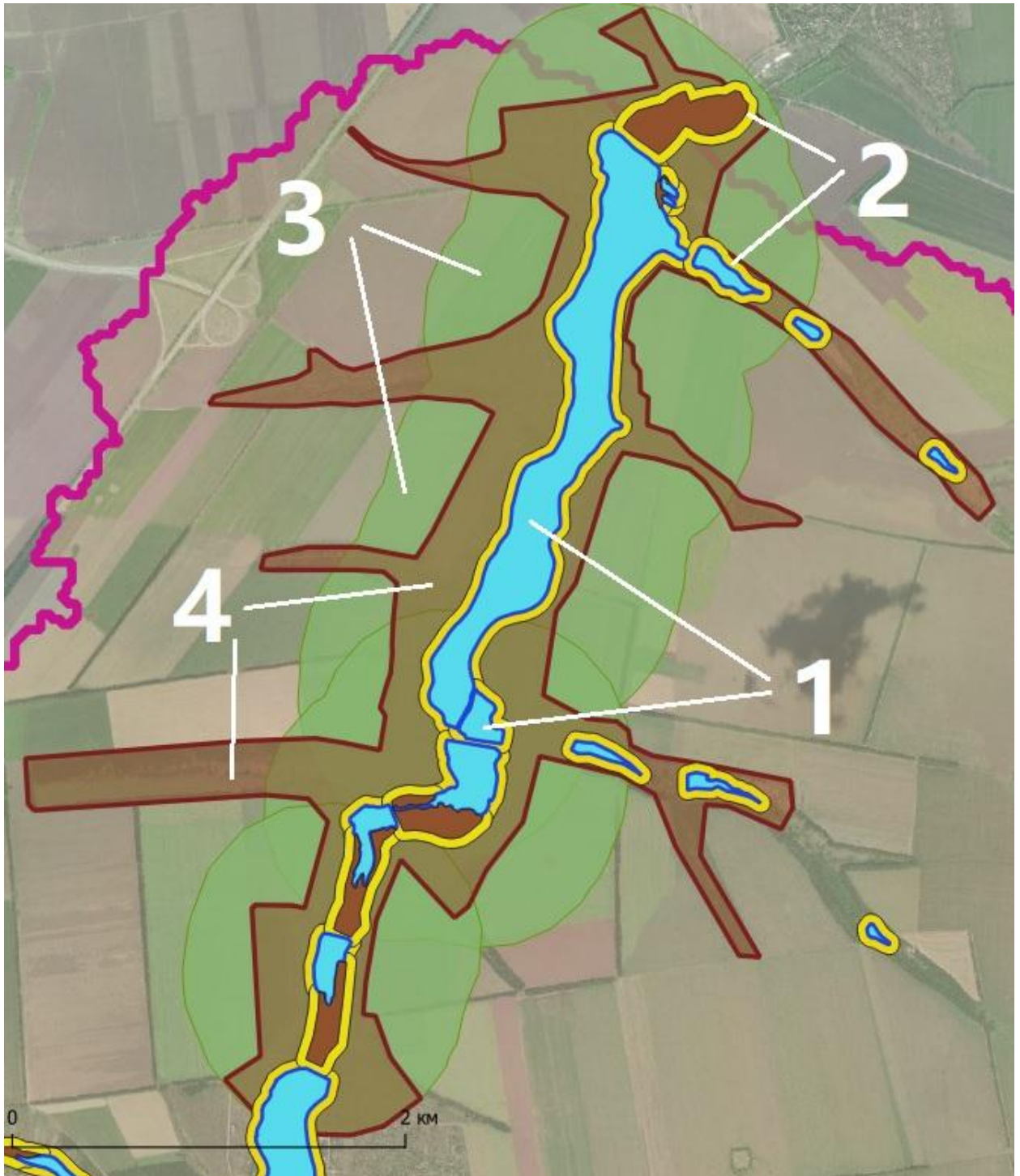


Рисунок 6.4 – Обґрунтування меж водоохоронної зони для «Антоновських» ставків

Площа скорегованої водоохоронної зони (№4 на рис.6.4) склала 601 га території, а за винятком водних об'єктів на боліт - 475 га.

ВИСНОВКИ

Робота присвячена актуальній темі – обґрунтуванню стану водопропускних гідротехнічних споруд у складі гідровузлів на малих річках Степу України. Предметом дослідження були умови роботи та технічний стан водоскидних споруд «Антонівських» ставків.

За результатами проведених досліджень, інженерних розрахунків та аналізу можна зробити такі основні *висновки*:

1. В результаті вивчення та аналізу довідникової, навчальної та спеціальної літератури надали характеристику природно-кліматичних умов в басейні р Суха Сура, зокрема розподіл кліматичних факторів по сезонам року, умови формування снігового покриву, тощо.

2. Встановлені характеристики гідрографічної мережі р. Суха Сура за використання он-лайн картографічних сервісів, обробки геоданих в ГІС QGIS, аналізу інвентаризаційних відомостей водних об'єктів області (офіс водних ресурсів). Характеристики гідрологічного режиму річки Суха Сура визначені виходячи з режиму річок-аналогів – Базавлук та Мокра Сура. Надана оцінка гідрологічної та гідрометричної вивченості водозбору р. Суха Сура.

3. Для детального аналізу розподілу водних ресурсів в басейні р. Суха Сура та характеристики стану гідротехнічних споруд «Антонівських» ставків, досліджувана територія була розділена на 3 створи

4. Для вказаних створів розраховані значення річного стоку різної забезпеченості (від 1% до 99%). Норма стоку з водозбору р. Суха Сура в замикаючому розрахунковому створі (ставок №4) склала 0,073 м³/с, а відповідний об'єм стоку – 2,3 млн.м³.

5 Гідрологічними розрахунками на випадок відсутності спостережень визначені значення максимального стоку весняної повені та дощового паводку (витрати та об'єми). Встановлено, що максимальні витрати дощового паводку суттєво перевищують відповідні витрати весняної повені (для 1%-вої забезпеченості відповідно 69 до 28 м³/с (більше ніж в 2 рази). Проте об'єми стоку розподіляються зворотно: відповідно 2,6 до 8,1 м³/с.

6. Для вірної оцінки роботи водоскидних споруд виконаний розрахунок трансформації стоку ставками та Антонівським водосховищем. Встановлено, що критичні режими роботи можуть виникнути у всіх створах під час повені та в створі ставка №13 під час зливого паводку, в першу чергу.

7. Проведений аналіз даних про водні об'єкти (ставки та водосховище) на водозборі річки. Всього на водозборі 18 водних об'єктів створених греблями. Вивчені кількісні характеристики їх: повний об'єм зарегулювання становить 3,8 млн.м³, що майже вдвічі перевищує норму стоку і **в 20 разів!** вимоги Водного Кодексу України. Площа, зайнята під ставками становить 197 га (0,9% площі водозбору).

8. Проведено аналіз стану водоскидних гідротехнічних споруд замикаючих створах виділених водозборів шляхом проведення автором рекогносцировочних робіт на об'єктах дослідження. Зовнішніх ознак незадовільного технічного стану водоскидів Антонівських ставків не виявлено, за виключенням засмічення відвідних труб в нижньому б'єфі та не горизонтального положення оголовка водоскиду на ставку №12. Останнє може бути ознакою порушення цілісності водоскидної споруди. Проте відсутність спрацювання води в нижній б'єфі не дозволяє виявити працездатність відвідних труб. Візуально стан земляних гребель каскаду «Антонівських» ставків задовільний. Просадок та зосереджених місць фільтрації (суфозії) не виявлено.

9. Визначена пропускна здатність водоскидів за нормативними даними (ФПГ та об'єм регулювання при ньому). Встановлено:

- Дощовий паводок 5%-вої забезпеченості нормативно буде пропущений всіма водоскидами. Витрата 1%-вої забезпеченості може створити критичні умови пропуску в створах ставків №13 та №11;
- Водоскид ставка №4 пропустить витрату повені 5%-вої забезпеченості при нормативному підпорі (H=1м) . Витрату вищої забезпеченості (1%) не пропустить, відбудеться перелив через гребінь.
- Водоскид ставка №12 пропустить витрату повені 10%-вої забезпеченості при нормативному підпорі (H=1м) . Витрату вищої забезпеченості (5 та 1%) не пропустить, відбудеться перелив через гребінь.
- Водоскид ставка №13 пропустить витрату повені забезпеченістю 12-15%-вої забезпеченості при нормативному підпорі (H=1м) . Витрату вищої забезпеченості (10, 5 та 1%) не пропустить, відбудеться перелив через гребінь.

Таким чином всі водоскиди не придатні для пропуску перевірочних витрат максимального стоку , яка для ГТС класу СС1 прийнята за нормами 1%-вої забезпеченості.

Враховуючи, що стан більшості водоскидних споруд задовільний, вважаємо що ймовірність надзвичайних ситуацій висока (не виключаючи аварій ГТС і розмиву тіла греблі.

10. В роботі визначені межі прибережних захисний смуг та водоохоронних зон відповідно до методики [33]. Рекомендовані режими господарської діяльності на прибережних ділянках річок та водойм.

7. Враховуючи, що протягом останніх 5-10 років на водозборі р. Суха Сура і на прилеглих водозборах не спостерігалися надзвичайні повені (забезпеченістю 10% і більше) вірогідність появи високих вод збільшується. Отже, на нашу думку, питання детального моніторингу стану ГТС на

згаданих водних об'єктах для уточнення умов роботи їх у надзвичайних ситуаціях, обґрунтування необхідності їх реконструкції - є нагальними.

Вважаємо, що мета роботи досягнута.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Google Earth Pro. Google Планета Земля.
2. QGIS. ГІС з відкритим кодом. URL: <https://www.qgis.org/>
3. USGS. Пошукова система Землі / глобальна база геоданих супутникових знімків та ДЗЗ. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
4. Альбом карт к СНиП 2.06.03-14-1983./ Днепропетровский гос. аграрный ун-т. Днепропетровск : ДГАУ, 1997. 38 с.
5. Атлас “Климат и водные ресурсы Украины” / Липинский В.Н., Осадчий В.И., Шестопапов В.М. та інш. URL: https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/plenary_session/Lipinskiy_et_al.pdf
6. Атлас природних умов і природних ресурсів Української РСР. Гідрометеовидат, 1978. 183 с.
7. Большаков В.А. Справочник по гидравлике. Киев : Вища школа, 1984. 343с.
8. Вишневецький В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ.: Віпол, 2000. 376 с.
9. Вишневецький П.Ф. Зливи та зливовий стік. Київ, Наукова думка, 1964, 291 с.
10. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) / за ред. М.І. Ромащенко, URL: http://iwvim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf
11. Водний кодекс України / Верхована Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 16.05.2023).
12. Географічна енциклопедія України. В 3 т. / під. ред. О.М.Маринич. – Київ.: Укр. енциклопедія ім. М.П.Бажана, 1989 - 1994.

13. Геологічні та гідрогеологічні умови Дніпропетровської області. URL: www.geograf.com.ua/library.
14. Гідротехнічні споруди : підручник / за ред. А.Ф. Дмитрієва. Рівне : Вид-во РДТУ, 1999. 326 с.
15. Гідрохімія України: підручник / Л.М. Горєв, В.Г. Пелешенко, В.К. Хільчевський. Київ.: Вища школа, 1995. 307 с.
16. Горб А.С. Клімат Дніпропетровської області: моногр. Дніпро : Вид-во ДНУ, 2006. 204 с.
17. Ґрунти Дніпропетровської області : довідник. Дніпропетровськ: Промінь, 1969. 84с.
18. ДБН А 2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ : Держбуд України, 2004. 24 с. (введені в дію з 01.04.2004 р.).
19. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки / Гідротехнічні споруди. Основні положення. К. : Мінбуд України, 2006. 39 с. URL: https://dnaop.com/html/29894/doc-ДБН_В.2.4-3_2010 (звернення 25.09.2018).
20. ДБН В.2.4-8:2014. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 102 с.
21. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки. Том II. Українська РСР.
22. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина III. Вітер. Гідрометеоіздат, 1967. 699 с.
23. Довідник з клімату СРСР. Випуск 10. Українська РСР. Частина V. Хмарність і атмосферні явища. Гідрометеоіздат, 1969. 644 с.
24. ДСТУ 3008–2015. Державний стандарт України. Структура і правила оформлення. Київ: Держстандарт України, 2015. 37с.

25. Звіти Дніпропетровського облводгоспу з інвентаризації водних об'єктів та земель водного фонду за 2007 р. Дніпропетровськ : Дніпрооблводгосп, 2008 р.
26. Карта ґрунтів України. URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2014/yanvar-2014-god/kartoteka-agrariya-karta-g-runtiv-ukrayini/>
27. Кириенко И.И., Химерик Ю.А. Проектирование и расчет гидротехнических сооружений : уч.пос. Киев: Высшая школа, 1987. 253 с.
28. Клімат України : довідник / за ред. В.М. Ліпінського. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 353 с.
29. Кліматична характеристика Дніпропетровської області. URL: www.meteorprog.ua/ua/climate/Dnipropetrovsk/.
30. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям : учебник / под. ред. В.С. Лапшенкова. Агропромиздат, 1989. 448 с.
31. Литовченко А.Ф. Инженерная гидрология и регулирование стока: учебное пособие . Днепрпетровск: ДДАУ, 1993.
32. Литовченко О.Ф. Практикум з інженерної гідрології та регулювання стоку. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 252 с.
33. Методика з визначення меж водоохоронних зон, прибережних захисних смуг і смуг відведення з особливим режимом використання (з урахуванням проекту змін до Водного Кодексу України)/ Шевчук С.А., Козицький О.М. Київ : ІВПіМ, 2016. 42 с.
34. Паламарчук М.М., Н.Б.Закорчевна. Водний фонд України: довідниковий посібник. Київ: Шка-Центр, 2001. 329 с.
35. Пасічний Г.В . Фізична та економічна географія Дніпропетровської області. Дніпропетровськ: Вид-во ДДУ, 1992. 188с.
36. Паспорт малої річки Мокра Сура. «Дніпродіпроводгосп». Дніпропетровськ, 1992. 301 с.

37. План управління річковим басейном Дніпра. Суббасейн Нижнього Дніпра. URL: https://www.davr.gov.ua/fls18/lowerdnipro_summary_23072020.pdf
38. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока// Под ред. Е.Е. Овчарова. Агропромиздат, 1988. 224 с.
39. Публічна кадастрова карта України. URL: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>).
40. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2021 рік. URL: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/Pro%20oblast/Ekolohiia/Rehionalna%20dopovid%20ta%20Ekolohichniy%20pasport/Rehionalna%20dopovid%20pro%20stan%20navkolyshnoho%20pryrodoho%20seredovyshcha%20v%20Dnipro.obl./REGIONALNA%20DOPOVID%20pro%20stan%20navkolyshnoho%20pryrodoho%20seredovyshcha%20u%202021%20rotsi.pdf>
41. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6 : Украина и Молдавия : Вып. 2 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**: Среднее и нижнее Поднепровье / под ред. М.С. Каганера. Гидрометеиздат, 1971. 656 с.
42. Річка Мокра Сура. [Електронний ресурс] – Режим доступу до інформації : <http://uk.wikipedia.org/wiki>.
43. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.
44. Справочник по гидравлике / под ред. В.А.Большакова. Київ : Вища школа, 1984. 344 с.
45. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. А.М.Маринича. Киев: Издат. Киевского ун-та, 1968. 684 с.
46. Цифрова модель рельєфу USGS [Роздільна здатність : 30 м]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>