

УДК 556.55
КП XXXXXX
№ держреєстрації 0115U006848
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ОДЕКУ)
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15
тел. (0482) 32-67-35

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор ОДЕКУ,
д. ф.-м. н., проф.
_____ С.М. Степаненко
2015.11.26

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
**ВОДНИЙ БАЛАНС СТАВКА КОЛИШНЬОЇ ДЖУТОВОЇ ФАБРИКИ ТА
СТАВКА НА ТЕРИТОРІЇ ПАРКУ ІМЕНІ ЛЕНІНСЬКОГО КОМСОМОЛУ
В УМОВАХ МАЙБУТНЬОГО КЛІМАТУ (ДО 2040 РОКУ)**
по об'єкту «Розробка проекту реконструкції системи водовідведення на
території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюючого ставка
колишньої Джутової фабрики»
(заключний)

Керівник НДР,
зав. каф. гідроекології
та водних досліджень,
д. геогр. н., проф.

Н.С. Лобода

2015

Рукопис закінчено «25» листопада 2015 р.
Результати цієї роботи розглянуто Науково-технічною радою ОДЕКУ
протокол від 2015.11.26 № 5

СПИСОК АВТОРІВ

| | | |
|---|-------|---|
| Науковий керівник, <i>провідний науковий співробітник</i> , доктор географічних наук, професор | _____ | Н. Лобода 2015.11.25 (реферат, вступ, розд. 2, 3, висновки) |
| Відповідальний виконавець, <i>старший науковий співробітник</i> , кандидат географічних наук, доцент | _____ | О. Гриб 2015.11.25 (перелік умовних позначень, символів одиниць, скорочень і термінів, розд. 1, 4, 5, перелік посилань) |
| <i>Науковий співробітник</i> | _____ | Я. Яров 2015.11.25 (розд. 1.2) |
| <i>Науковий співробітник</i> | _____ | К. Гриб 2015.11.25 (розд. 1.3) |
| <hr/> | | |
| Нормоконтролер | _____ | С. Малацковська |

РЕФЕРАТ

Звіт про науково-дослідну роботу (НДР): 84 с., 47 рис., 8 табл., 67 джерел.

Об'єкт дослідження – площі водних поверхонь та об'єми водойм, об'єми припливу вод з водозбірного басейну до водойм, об'єми атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм, об'єми випаровування з водних поверхонь водойм, об'єми стоку води з водойм, об'єми наповнення та рівні води у ставку колишньої Джутової фабрики та ставку на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) в умовах майбутнього клімату (до 2040 р.).

Мета роботи – оцінка водного балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) в умовах майбутнього клімату (до 2040 року).

Методи дослідження – числове математичне моделювання водного балансу та балансу солей; метод розрахунку щомісячних шарів випаровування з водної поверхні водойм з використанням середньомісячних значень температур і відносної вологості повітря.

Результати і новизна – вперше для ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) в умовах майбутнього клімату (до 2040 р.) за сценарієм А1В визначено: об'єми припливу вод до водойм, атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм, випаровування з водних поверхонь водойм, стоку води з водойм, наповнення водойм та можливі рівні та мінералізація води у них.

Основні конструкторські, технологічні і техніко-експлуатаційні характеристики і показники – оцінені в умовах майбутнього клімату (до 2040 року) за сценарієм А1В для ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) об'єми припливу вод з водозбірного басейну до водойм, атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм, випаровування з водних поверхонь водойм, стоку води з водойм, наповнення водойм та можливі рівні та мінералізація води у них.

Ступінь впровадження – отримані результати (у вигляді об'ємів припливу вод з водозбірного басейну до ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) в умовах майбутнього клімату (до 2040 р.) за сценарієм А1В, атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм, випаровування з водних поверхонь водойм, стоку води з водойм, наповнення водойм, можливі рівні та мінералізація води у них) будуть надані замовнику НДР – Державному регіональному проектно-вишукувальному інституту (ДРПВІ) «Укрпівдендіпроводгосп», при розробці проекту реконструкції системи водовідведення на території парку імені Ленінського комсомолу та акумулюючого ставка колишньої Джутової фабрики.

Зв'язок з іншими роботами – науково-дослідні роботи кафедри гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ в галузі гідроекологічних розрахунків і оцінки функціонування водойм в умовах змін клімату.

Рекомендації по використанню результатів роботи – результати даної науково-дослідної роботи у вигляді об'ємів припливу вод з водозбірного

басейну до ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса), атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм, випаровування з водних поверхонь водойм, стоку води з водойм, наповнення водойм, можливі рівні та мінералізація води у них в умовах майбутнього клімату (до 2040 року) за сценарієм А1В рекомендуються використовувати при розробці проекту реконструкції системи водовідведення на території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюючого ставка колишньої Джутової фабрики; науково-обґрунтовані та апробовані методи оцінки об'ємів припливу вод з водозбірного басейну до водойм, атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм, випаровування з водних поверхонь водойм, стоку води з водойм, наповнення водойм, можливих рівнів та мінералізації води у них в умовах майбутнього клімату (до 2040 року) за сценарієм А1В – для інших ставків на території м. Одеса та в інших населених пунктах, що знаходяться в аналогічних умовах.

Галузь використання – екологія та охорона навколишнього природного середовища, водне господарство, сільське господарство, рибне господарство, гідрометеорологія й ін.

Значущість роботи і висновки – результати досліджень, методики та моделі, наведені в роботі, дають можливість науково обґрунтувати проект реконструкції системи водовідведення на території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюючого ставка колишньої Джутової фабрики.

Пропозиції щодо подальшого розвитку дослідження – врахування результатів роботи та продовження досліджень у наступні роки сумісно з ДРПВІ «Укрпівдендінпроводгосп» (в тому числі, на замовлення Державного агентства водних ресурсів України), іншими науковими і виробничими установами, адміністраціями районів міст, селищ і сіл, пов'язаних з розробкою заходів щодо управління водними екосистемами в умовах господарської діяльності та глобальних кліматичних змін.

**РІВЕНЬ, ОБ'ЄМ, МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ, СТІК, ВОДНИЙ БАЛАНС,
АТМОСФЕРНІ ОПАДИ, ВИПАРОВУВАННЯ**

ЗМІСТ

| | <i>Стор.</i> |
|--|--------------|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ | 6 |
| ВСТУП..... | 7 |
| 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАВКА КОЛИШНЬОЇ ДЖУТОВОЇ ФАБРИКИ ТА СТАВКА НА ТЕРИТОРІЇ ПАРКУ ІМЕНІ ЛЕНІНСЬКОГО КОМСОМОЛУ (м. ОДЕСА) | 8 |
| 1.1 Історичні відомості про наповнення ставок за даними топографічних карт і планів ХІХ-ХХ ст. | 8 |
| 1.2 Характеристика гідрологічних показників ставок за супутниковими знімками у ХХІ ст. та даними натурних вимірювань | 13 |
| 1.3 Мінералізація, фізико-хімічні властивості води та трофічний статус водойм за даними натурних вимірювань ОДЕКУ в листопаді 2015 року | 15 |
| 2 ОЦІНКА ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ СТОКУ У ОСТАННІ ДЕСЯТИРІЧЧЯ..... | 17 |
| 2.1 Основні тенденції змін кліматичних чинників у межах України | 17 |
| 2.2 Основні тенденції змін кліматичних чинників у межах водозбору балки Джутової (м. Одеса)..... | 19 |
| 2.3 Зміна посушливості клімату в районі балки Джутової (м. Одеса)..... | 23 |
| 3 ВИБОРУ РЕГІОНАЛЬНОЇ КЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПРОГНОЗУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН | 28 |
| 3.1 Оцінка кліматичних сценаріїв | 32 |
| 3.2 Зміни режиму опадів та температури за сценарієм змін клімату М10 | 37 |
| 4 МОДЕЛЬ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ВОДОЙМ..... | 42 |
| 4.1 Визначення об'єму та мінералізації атмосферних опадів | 44 |
| 4.2 Визначення об'єму та мінералізації припливних вод, що надійшли у водойм з їх водозбірних басейнів..... | 46 |
| 4.3 Визначення випаровування з водної поверхні водойм..... | 47 |
| 5 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ВОДОЙМ В УМОВАХ МАЙБУТНЬОГО КЛІМАТУ (ДО 2040 РОКУ)..... | 53 |
| 5.1 Вихідні дані для моделювання водно-сольового балансу водойм | 53 |
| 5.2 Результати моделювання водно-сольового балансу водойм в умовах майбутнього клімату за сценарієм А1В (до 2040 року)..... | 55 |
| ВИСНОВКИ..... | 69 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 71 |
| Додаток А..... | 76 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

WGS – Word geodesic system (Світова геодезична система)

б. – балка

БС – Балтійська система висот

ДРПВІ – Державний регіональний проектно-вишукувальний інститут

км – кілометр

ЛГП – ландшафтно-гідрологічна провінція

м – метр

м БС – відмітка поверхні в метрах Балтійської системи висот

метеостанція, м/ст. – метеорологічна станція

НДР – науково-дослідна робота

ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет

р. – рік

рр. – роки

ст. – століття

тис. – тисяча, тисячі

ВСТУП

Згідно договору № 171/777 від 02.11.2015 р. з Державним регіональним проектно-вишукувальним інститутом (ДРПВІ) «Укрпівдендипроводгосп», Одеським державним екологічним університетом (ОДЕКУ) у 2015 р. виконувалась науково-дослідна робота (НДР) «Водний баланс ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах майбутнього клімату (до 2040 року)» по об'єкту «Розробка проекту реконструкції системи водовідведення на території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюю чога ставка колишньої Джутової фабрики».

Актуальність проблеми, яка вирішується цією НДР, обумовлена необхідністю наукового супроводження по гідрології по об'єкту «Розробка проекту реконструкції системи водовідведення на території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюю чога ставка колишньої Джутової фабрики» (лист ДРПВІ «Укрпівдендипроводгосп» до ОДЕКУ № 086/96-ОД/кЗ від 16.10.2015 р.) [1].

Метою цієї роботи є оцінка водного балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) в умовах майбутнього клімату (до 2040 року).

Відповідно до технічного завдання НДР, для оцінки водного балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах майбутнього клімату (до 2040 року) необхідно:

- оцінити основні проектні морфометричні характеристики водойми (площі водних поверхонь, об'єми водойм, позначки НПР);
- визначити об'єми припливу вод до водойм;
- визначити об'єми атмосферних опадів, що випадатимуть на водні поверхні водойм;
- визначити об'єми випаровування з водних поверхонь водойм;
- визначити об'єми скидів (стоку) води з водойм;
- оцінити об'єми наповнення та визначити рівні та мінералізацію води у водоймах.

В результаті виконання даної НДР було оцінено водно-сольовий баланс ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах майбутнього клімату (до 2040 року).

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАВКА КОЛИШНЬОЇ ДЖУТОВОЇ ФАБРИКИ ТА СТАВКА НА ТЕРИТОРІЇ ПАРКУ ІМЕНІ ЛЕНІНСЬКОГО КОМСОМОЛУ (М. ОДЕСА)

Ставок колишньої Джутової фабрики та ставок на території парку імені Ленінського комсомолу розташовані в межах Малиновського району м. Одеси в руслі балки без назви, яка є притокою балки Водяна [2, 3].

На топографічній карті за 1791-1792 рр. (рис. 1.1) балка Водяна позначена як «*Ов. Козацкой*» [4], але на сьогодні ця назва не використовується.

В зв'язку з тим, що немає офіційної назви у балки (яра), де розташовані зазначені ставки, в роботі [2] прийнята її умовна назва «балка Джутова».

Виток (джерело) б. Джутова знаходиться в районі залізнодорожної станції «Усатове», довжина балки – 6,15 км, площа водозбору – 6,37 км² [2].

1.1 Історичні відомості про наповнення ставків за даними топографічних карт і планів ХІХ-ХХ ст.

Штучні водойми в руслі б. Джутова, а саме – ставок колишньої Джутової фабрики та ставок на території парку імені Ленінського комсомолу, існують на цій ділянці балки вже більш ніж 150 років, що визначено за даними топографічної карти за 1869 р., де стан місцевості показаний за матеріалами зйомки за 1860 р. (рис. 1.2) [5].

В зв'язку з тим, що немає офіційних ретроспективних даних про гідрологічні показники (рівні, об'єми наповнення, площі водної поверхні ставків тощо), реконструкцію цих штучних водойм та режим їх функціонування (нормальний підпертий рівень (НПР) води, об'єми скидів (стоку) води з ставків тощо) загальну оцінку наповнення ставків водою виконано за даними топографічних карт і планів цієї території за період з середини ХІХ по кінець ХХ ст. [5-9], фрагменти яких представлені нижче на рис. 1.2 та 1.3 і в табл. 1.1.

З рис. 1.2 та 1.3 і табл. 1.1 видно, що в період з 1860 по 1910 рр. існували обидва ставка, але починаючи з 1917 р. і до 1976 р. ставок на території парку імені Ленінського комсомолу відсутній. Пояснюється це тим, що у ХХ ст. було здійснено реконструкцію каналізаційної системи цієї території м. Одеси, з будівництвом колекторів та регулюванням стоку (у тому числі дощового) системою штучних водойм (включаючи ставки б. Водяна) [2].

Однак, починаючи з 1982 р. ставок на території парку імені Ленінського комсомолу знову є на картах, більш того на карті за 1987 р. (створеної за матеріалами зйомки 1984 р.) він показаний у вигляді двох майже однакових за розмірами водойм (табл. 1.1).

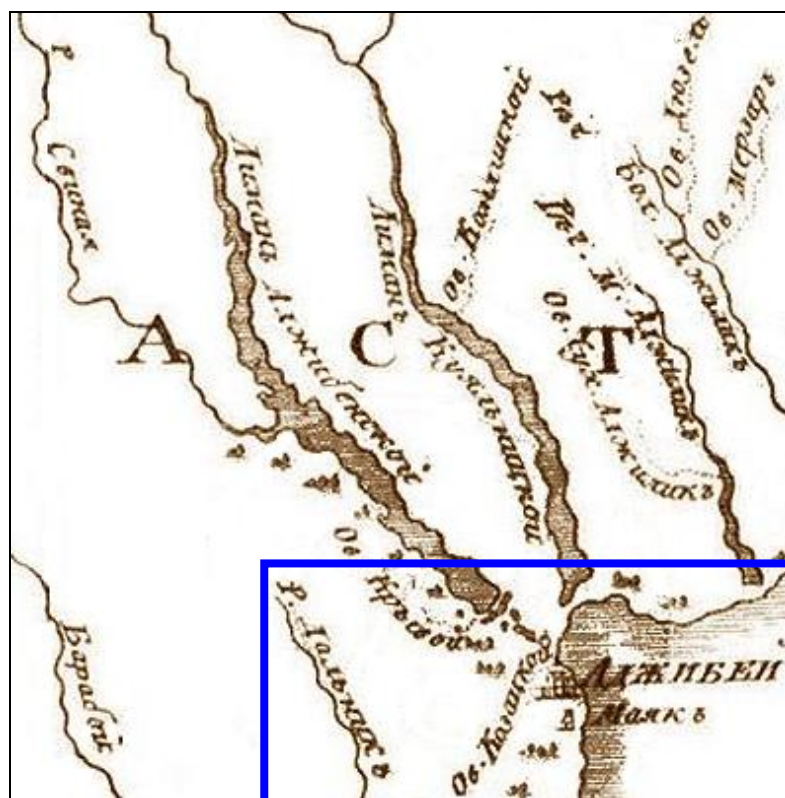


Рисунок 1.1 – Фрагмент карти території м. Одеса (АДЖИБЕЙ) та водозбірним басейном б. Водяна (Ов. Козацкой) за 1791-1792 рр. [4]

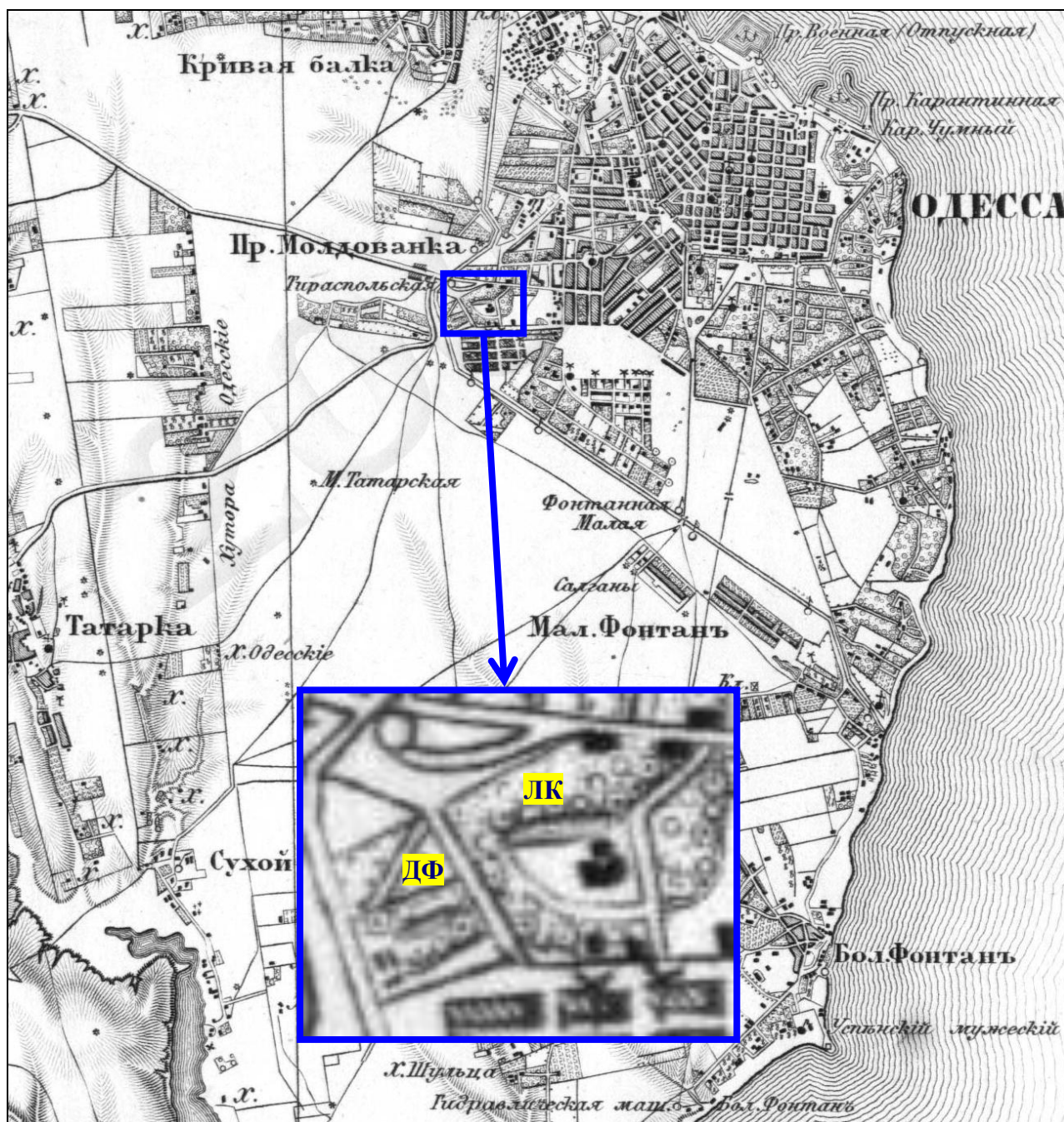


Рисунок 1.2 – Фрагмент карти території м. Одеса за 1860 р. (карта Шуберта, видання 1869 р. [5]) з позначенням ставка колишньої Джутової фабрики (ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (ЛК)

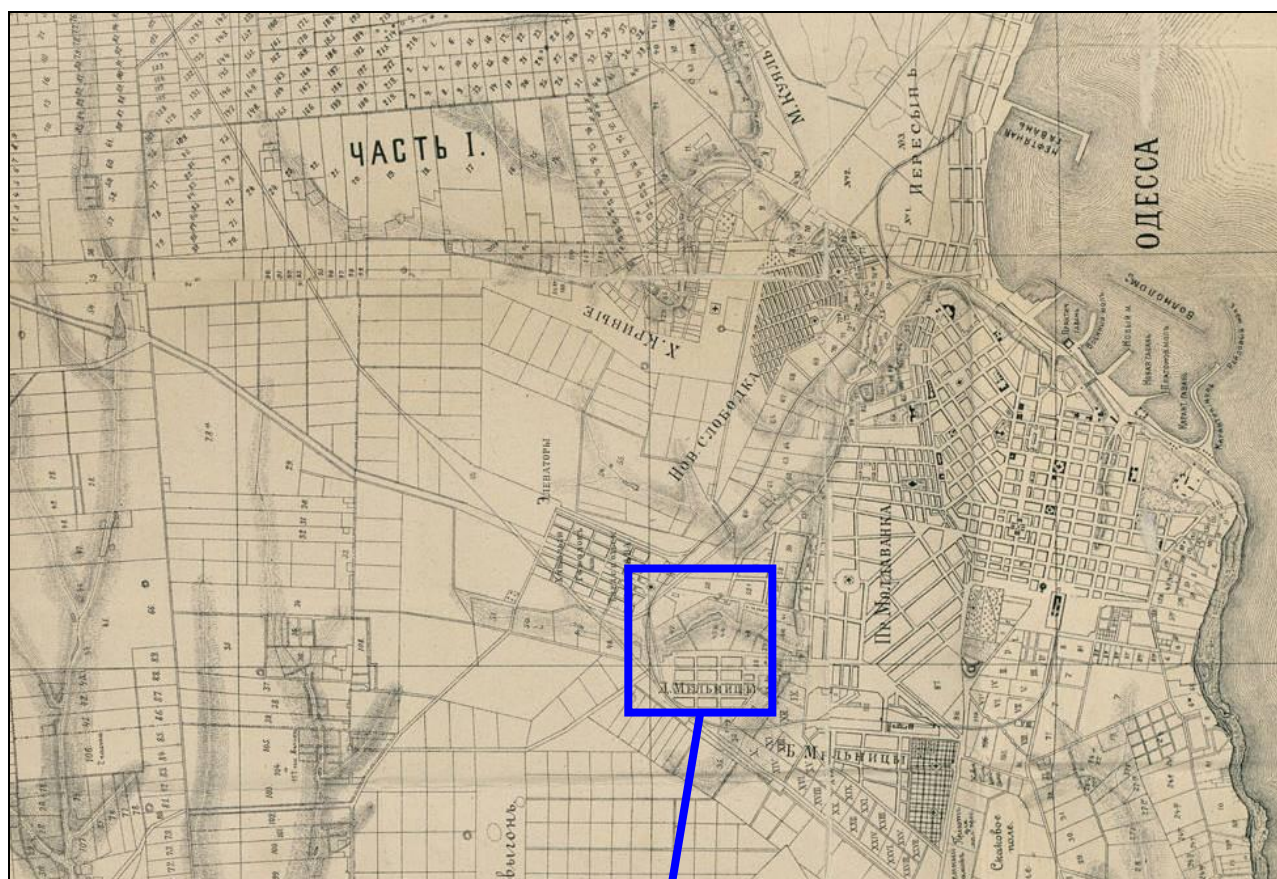


Рисунок 1.3 – Фрагмент генерального плану м. Одеса (видання 1892 р., на основі генеральної зйомки 1860-1870 рр. [6]) з позначенням ставка колишньої Джутової фабрики (ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (ЛК)

Таблиця 1.1 – Фрагменти карт і планів водозбору б. Джутова (м. Одеса) на ділянці ставка колишньої Джутової фабрики (ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (ЛК) за період з 1894 по 1987 рр.

| Рік | Фрагмент карти, плану | Джерело |
|------|-----------------------|--|
| 1894 | | План м. Одеса, видання 1894 р. [7] |
| 1910 | | План м. Одеса, видання 1910 р. [8] |
| 1917 | | План м. Одеса, видання 1917 р. [9] |
| 1929 | | Карта М 1:50000, лист L-36-50-B (Одеса), видання 1929 р. (складено по 1:25000 комбінованої аеро-фото-топографічної зйомки 1929 р.) |
| 1976 | | Карта М 1:50000, лист L-36-50-B, видання 1977 р. (складено за матеріалами зйомки 1969 р., оновлено у 1976 р.) |
| 1982 | | Карта М 1:100000, лист L-36-050, видання 1983 р. (складено по карті масштабу 1:50000, створеної за матеріалами зйомки 1946, 1969, 1981 рр. та оновленої у 1982 р.) |
| 1984 | | Карта М 1:25000, лист L-36-050.62, видання 1987 р. (складено по карті масштабу 1:10000 зйомки 1968-1971, 1974-1976, 1978 рр., оновленої у 1982-1984 рр.) |

1.2 Характеристика гідрологічних показників ставків за супутниковими знімками у XXI ст. та даними натурних вимірювань

За період з 2003 по 2014 рр. деякі гідрологічні показники (наприклад, довжина, ширина, площа водної поверхні, наявність льоду, снігу на льоді та водяної рослинності на водній поверхні) ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу можна оцінити з використанням програми Google Earth [10] та за допомогою 18 супутникових знімків цієї території [11], які виконані в різні сезони року (рис. 1.4, Додаток А). Для теплого (вегетаційного) періоду року (з квітня по листопад) є 13 знімків, для холодного періоду року (за лютий-березень) – 5 знімків.

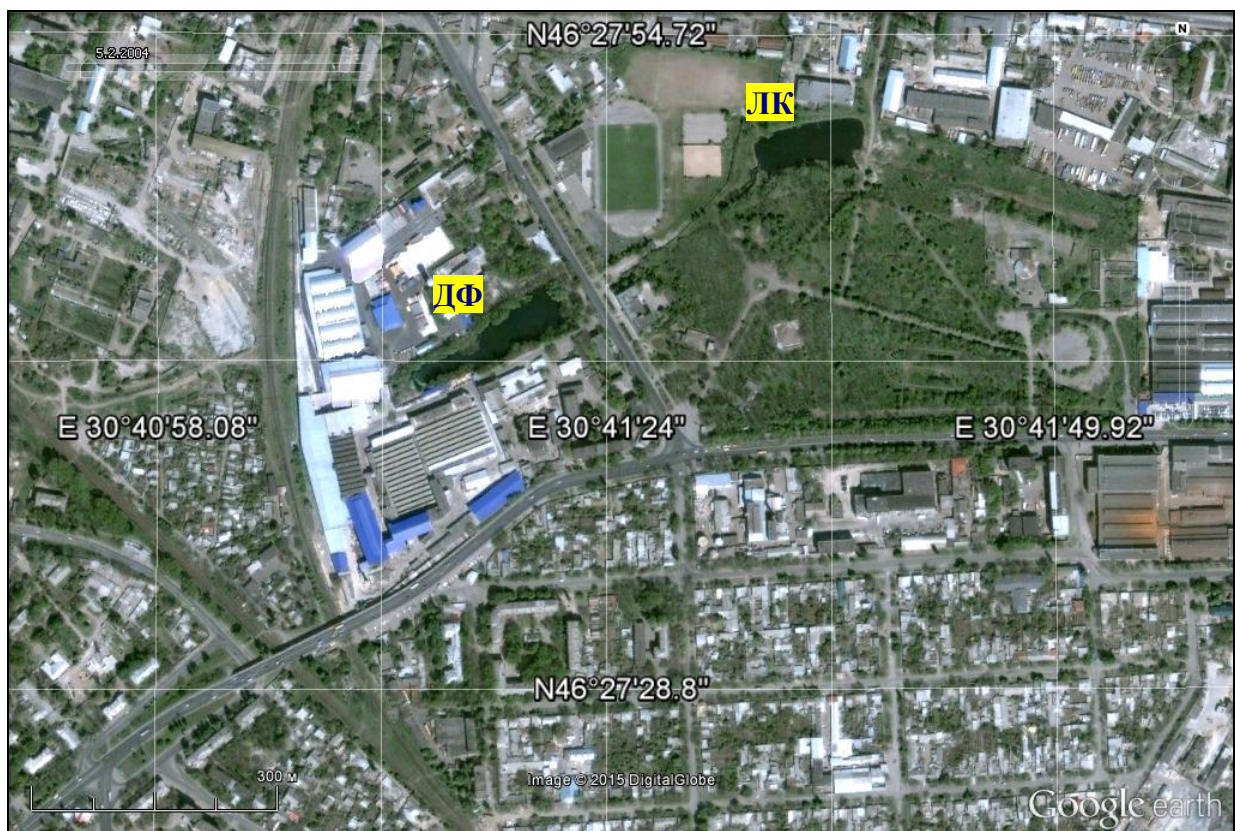


Рисунок 1.4 – Фрагмент супутникового знімку водозбору б. Джутова, ділянка ставка колишньої Джутової фабрики (ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (ЛК) за травень 2004 р. (координати WGS 84) [10]

З рис. 1.4 та Додатку А видно, що за період з 2003 по 2014 рр. ставки були постійно з водою. В холодний період року водна поверхня ставків була лише в лютому-березні 2012 р. вкрита льодом з снігом, а на інших знімках – без льоду.

Майже на всіх супутникових знімках (10 шт.), які зроблені у теплий період року, водна поверхня ставків на 10-100% була вкрита водяною рослинністю. Лише на 3-ох знімках теплого періоду, які зроблені з кінця квітня до середини травня, водна поверхня ставків була без водяної рослинності.

За даними натурних обстежень ставків науковцями ОДЕКУ визначено, що доміантною водяною рослиною, якою у листопаді 2015 р. була вкрита вся водна поверхня ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, є тропічна рослина пістія (*Pistia stratiotes*) або водяна капуста, роза чи салат. Ця рослина плаває по поверхні води, а при глибинах менших за 25-30 см може укоренитися в ґрунт дна водойм. Існувати пістія може лише в телій воді, тому при обстеженні ставків у холодні періоди в попередні роки вона була відсутня, що також підтверджується супутниковими знімками за цей період року (Додаток А). Однак, в зв'язку з тим, що пістія може розмножуватися насінням, в теплий період року вона знову починає проростати та розвиватися в цих водоймах. Крім того, визначено, що інтенсивний розвиток цієї рослини йде у водоймах, де багато мінеральних елементів, насамперед нітратів [12].

Необхідно також відмітити, що починаючи з листопада 2013 р. верхня частина ставка колишньої Джутової фабрики, довжиною приблизно 70 м, була майже зовсім відокремлена заростями вищих водяних рослин (очеретом й ін.) від нижньої основної частини водойми (довжиною приблизно 110 м). З кінця березня 2014 р. ці частини є відокремленими одна від іншої смугою заростей вищих водяних рослин (очеретом й ін.) шириною майже 30 м.

З використанням супутникових знімків (рис. 1.4 та Додаток А) також визначено, що найбільші довжина та ширина ставка колишньої Джутової фабрики дорівнюють, відповідно, 210 та 65 м, а ставка на території парку імені Ленінського комсомолу – 135 та 65 м. Ці морфометричні показники водойм були майже незмінні на всіх знімках і лише на знімку за 05.06.2008 р. верхів'я ставка (довжиною приблизно 40 м) на території парку було майже без води.

На сьогодні (станом на листопад 2015 р.) ставок колишньої Джутової фабрики є штучною акумулятивно-транзитною водоймою для збору дощових вод, які надходять до нього з водозбірного басейну б. Джутової та території Застави-І. При наповненні цього ставка до нижньої позначки автоматичного водоскиду (39,0 м БС), відбувається поступовий скид (стік) води через дощовий колектор у ставок на території парку імені Ленінського комсомолу [2, 3, 13]. Максимальна витрата скидних вод (пропускна здатність колектора) з ставка колишньої Джутової фабрики у ставок на території парку імені Ленінського комсомолу за даними роботи [3], де вона визначена за розробленою у 1991 р. «Схемой дождевой канализации г. Одессы», становить $0,322 \text{ м}^3/\text{с}$ ($3217,7 \text{ дм}^3/\text{с}$). Також визначено, що до ставка колишньої Джутової фабрики надходять господарсько-побутові води з приватного сектору у басейні б. Джутової [3].

За даними натурних обстежень ОДЕКУ, у листопаді 2015 р. ставок на території парку імені Ленінського комсомолу є штучною акумулятивною водоймою, в яку надходять (скидаються) води з ставка колишньої Джутової фабрики. Крім того, встановлено, що в цю водойму надходять дощові води з району вул. Стовбова, а також забруднені води з господарсько-побутової каналізації, які скидаються у ставок при переповненні колектора [3].

З ставка на території парку імені Ленінського комсомолу вода повинна скидатися нижче по руслу балки до території заводу «КІНАП», а далі, через дощовий колектор на території цього заводу, в колектор на вул. Балківській.

Однак, за результатами натурних обстежень ОДЕКУ та за матеріалами, наданими замовником [13-17], визначено, що скид (стік) води через водоскид з ставка не відбувається, тому що водоскидна споруда засипана та не працює. В зв'язку з цим, наприклад, о 9¹⁵ 07.11.2015 р. рівень води ставка на території парку імені Ленінського комсомолу дорівнював 36,55 м БС, а 25.10.2015 р. був на позначці 35,75 м БС. Отже, за два тижня (14 діб) прирощення рівня води у водоймі становило 0,8 м, а об'єм скиду (припливу) води з ставка колишньої Джутової фабрики дорівнював майже 4600 м³ (рис. 1.5).

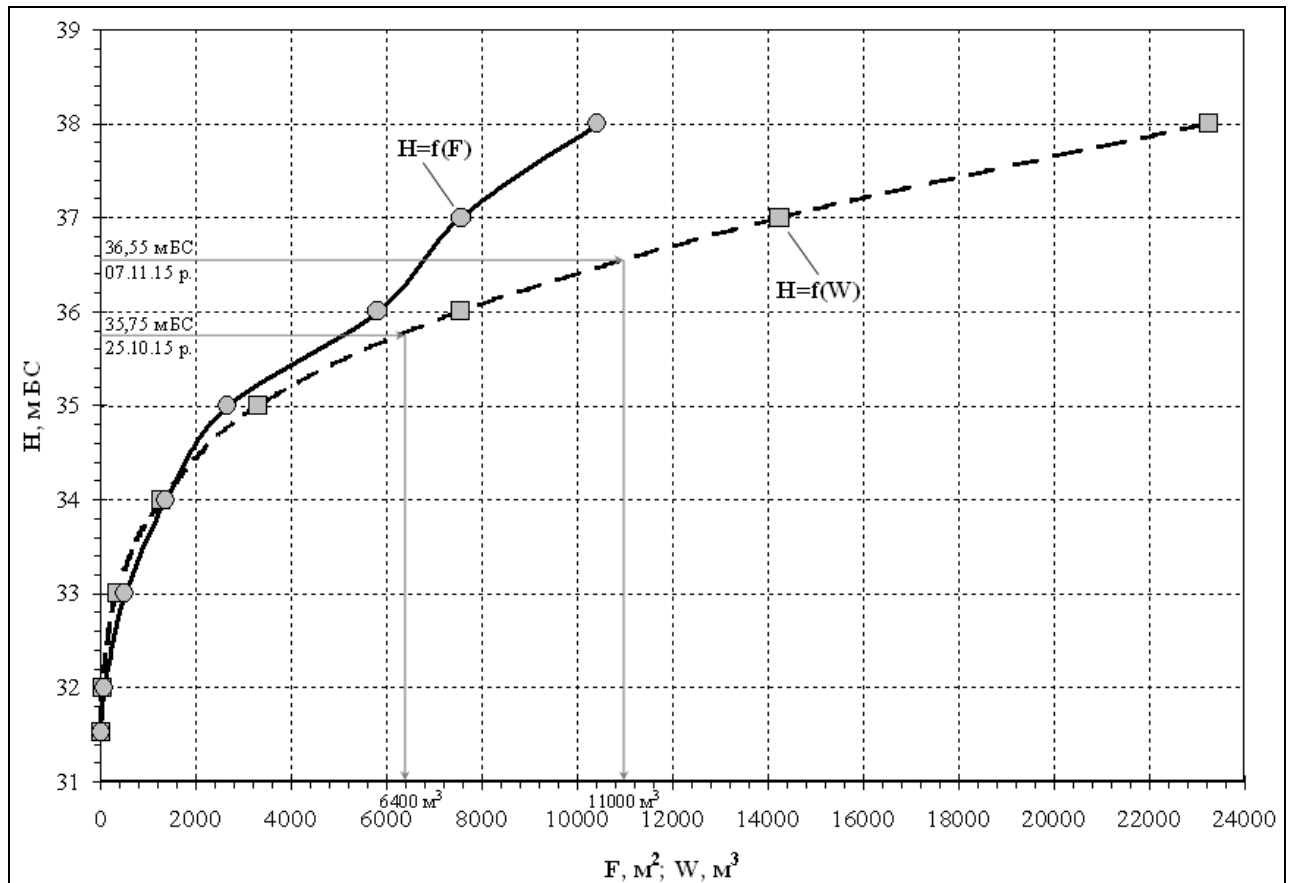


Рисунок 1.5 – Сучасні криві площ водної поверхні $H=f(F)$ і об'ємів води $H=f(W)$ ставка на території парку імені Ленінського комсомолу та рівні й об'єми води у водоймі станом на 25 жовтня та 7 листопада 2015 р.

1.3 Мінералізація, фізико-хімічні властивості води та трофічний статус водойм за даними натурних вимірювань ОДЕКУ в листопаді 2015 року

Станом на 07.11.2015 р. мінералізація води (за сухим залишком) ставка колишньої Джутової фабрики (в скидному колекторі) дорівнювала 0,5 г/дм³, вміст NaCl дорівнював майже 0,5 г/дм³, рН води – 8,05 од. рН (слабколужні), питома електропровідність – 1,011 мСм/см, густина води – 1 кг/дм³. Вміст розчинених органічних речовин був 0,162 г/дм³ (або 32% від сухого залишку).

Температура води дорівнювала $+11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура повітря – $+5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Прозорість води, виміряна стандартним білим диском-прозороміром (дискон Секкі) дорівнювала 0,48 м. Колір води був коричневий (номер XXI за шкалою кольорів). Крім того, на поверхні води були коричнювато-білі хлоп'я, а запах води (при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) характеризувався як сильний та гнилісний, але при цьому у водоймі помічено різні види риб та жаби.

Треба відмітити, що за індексом трофності (кормності, продуктивності), що визначається по формулі Р. Карлсона за даними про прозорість води [18], даний ставок належить до мезотрофно-евтрофних ($J_{np} \approx 50$), тобто є середньо- та високопродуктивним.

Мінералізація води (за сухим залишком) ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за даними ОДЕКУ станом на 07.11.2015 р. в середньому дорівнювала майже $0,4\text{ г/дм}^3$, вміст NaCl при цьому дорівнював $0,34\text{ г/дм}^3$, рН води – 7,45 од. рН (нейтральна), питома електропровідність – $0,694\text{ мСм/см}$, густина води – 1 кг/дм^3 . Вміст розчинених органічних речовин в середньому дорівнював $0,066\text{ г/дм}^3$ (або 19% від сухого залишку).

Температура води дорівнювала $+7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура повітря – $+5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Прозорість води, виміряна стандартним білим диском-прозороміром (дискон Секкі) дорівнювала 0,48 м. Колір води був коричневий (номер XXI за шкалою кольорів). Запах води (при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) був відсутнім. Водна поверхня ставка майже на 100% була вкрита водяною рослиною пістією, а у водоймі помічено мальків риби та жаби.

За індексом трофності (кормності, продуктивності), що визначався по формулі Р. Карлсона за даними про прозорість води [18], даний ставок, як і колишньої Джутової фабрики, належить до мезотрофно-евтрофних ($J_{np} \approx 50$), тобто є середньо- та високопродуктивним.

2 ОЦІНКА ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ СТОКУ У ОСТАННІ ДЕСЯТИРІЧЧЯ

За відомим висловленням кліматолога А.І. Воєйкова водотоки є продуктом клімату. Зв'язок стоку з кліматичними чинниками витікає з рівняння водного балансу замкненого водозбору за багаторічний період [19]

$$\bar{X} = \bar{E} + \bar{Y}, \quad (2.1)$$

де \bar{X} , \bar{E} , \bar{Y} – річні норми опадів, випаровування з поверхні суші та стоку, відповідно.

Оцінка норми річного стоку на основі водного балансу виконується за наступним рівнянням

$$\bar{Y} = \bar{X} - \bar{E}. \quad (2.2)$$

Норма річних опадів та випаровування з поверхні суші є кліматичними чинниками формування річного стоку, які підкорюються законам широтної або вертикальної зональності. Оскільки норма річного стоку залежить від кліматичних чинників, то її просторовий розподіл також визначається широтою місцевості або висотою, якщо мова йде про гірські райони.

Величина випаровування з поверхні суші залежить від теплоенергетичних ресурсів клімату та зволоження підстильної поверхні [20]. У свою чергу теплоенергетичні ресурси клімату визначаються припливом сонячної радіації, яка обумовлює термічний режим приземного шару повітря. Дуже часто температури повітря використовуються як чинник при розрахунках теплоенергетичних ресурсів та випаровування [21]. За просторово-часовими узагальненнями теплоенергетичних ресурсів клімату на території Північно-Західного Причорномор'я, виконаними В ОДЕКУ, їх теплоенергетичний еквівалент (максимально можливе випаровування) становило у минулому сторіччі 925 мм на північному заході та досягало 1000мм на південному сході. Ресурси зволоження, які характеризуються середньою багаторічною сумою річних опадів, змінювалися від 550 мм до 450 мм. У загальному випадку температури повітря та опади розглядаються як головні кліматичні чинники формування стоку.

2.1 Основні тенденції змін кліматичних чинників у межах України

Зміни глобального клімату, які спостерігаються на протязі останніх десятиріч [22], впливають на умови формування стоку річок України, а, отже, обумовлюють зміни її поверхневих водних ресурсів. Дослідження наслідків змін клімату у зв'язку із станом поверхневих водних ресурсів України проводилися у кінці минулого та на початку нового сторіччя рядом українських

науковців, серед яких слід відзначити роботи В.І. Вишневського та О.О.Косовця [23, 24], в яких були виявлені основні тенденції щодо змін кліматичних характеристик та характеристик стоку; А.І. Шерешевського та Л.К. Синицької [25], які установили зміни у випаровуванні з водної поверхні. Дослідження сучасних умов формування максимального стоку річок проводилися В.О. Войцехович та Л.І. Лузан [26], Є.Д. Гопченком, В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірзановою [27].

Виявлено, що в сучасний період відбувається зменшення максимальних витрат весняного водопілля. У праці В.С. Мельника та Н.С. Лободи доведено, що зменшення максимального стоку весняного водопілля може впливати на режим наносів, величина яких також зменшується [28].

Зміни річного, внутрішньорічного та мінімального стоку р. Дніпро, які відбувалися на протязі останніх десятиріч, детально проаналізовані у монографії вчених Київського Національного університету імені Тараса Шевченка [29].

Аналіз багаторічних коливань середньої річної температури повітря в межах України, виконаний В.В. Гребінем, дав змогу автору виділити 1989 р. як переломний, з якого слід відраховувати період сучасного потепління [30].

Дослідження змін кліматичних чинників формування стоку та водних ресурсів Північно-Західного Причорномор'я на протязі декількох десятиріч проводиться у Одеському державному екологічному університеті [31,32]. Виявлено тенденції до переходу середніх температур холодного періоду у область додатних значень, що викликає зменшення глибини промерзання ґрунту, збільшення частоти появи та тривалості відлиг. Останнє призводить до зменшення запасів снігу на водозборі та викликає зниження значень максимального стоку весняного водопілля. Якщо на водозборах із стійким підземним живленням талі води поповнюють запаси підземних вод і сприяють зростанню стоку літньої та осінньої межени, то на малих та середніх водозборах Північно-Західного Причорномор'я води, які фільтруються у підстильну поверхню, не потрапляють до русла річки і переважно витрачаються на випаровування. Зростання температур повітря теплого періоду викликає посилення випаровування з поверхні суші і водної поверхні природних та штучних водойм. У зоні недостатнього зволоження втрати на додаткове випаровування з водної поверхні ставків та водойм спричинюють суттєве зменшення водних ресурсів досліджуваних водозборів. Установлено, на території Північно-Західного Причорномор'я зменшення річного стоку через вплив штучних водойм досягає 30-50%. При збільшенні ступеня аридності (посушливості) клімату наслідки водогосподарських заходів будуть посилюватися. Виявлено зростання тривалості та інтенсивності бездощових періодів, поширення термінів пересихання річок [33] та скорочення тривалості стійкого льодового покриття на річках [34]. Зсунулися на більш пізні строки дати настання осінніх льодових явищ, а скресання річок проходить раніше, зростає ймовірність відсутності льодових явищ у зимові місяці.

2.2 Основні тенденції змін кліматичних чинників у межах водозбору балки Джутової (м. Одеса)

Північно-західне Причорномор'я, у межах якого знаходиться водозбір балки Джутової (м. Одеса), розташоване у степовій природній зоні України та поділяється на підзони північного й південного степу. Характерною особливістю українського степу є нестача вологи та значна випаровуваність (випарна здатність). За В.В. Гребінем за період 1989-2008 рр. для водозбору Причорноморсько-Приазовської ЛГП встановлене зростання річних сум опадів до 3% та збільшення середніх річних температур повітря на 0,7°C. Отримані В.В. Гребінем матеріали були підтвержені дослідженнями, виконаними в ОДЕКУ для метеорологічної станції Одеса, яка знаходиться поблизу водозбору балки Джутова. За даними метеостанції Одеса встановлена тенденція до зростання температур повітря за рік (рис. 2.1). На фоні загальної тенденції, починаючи з 1989 р. формується новий тренд, який вказує на збільшення інтенсивності зростання температур повітря. При цьому відбувається збільшення кількості випадків перевищення значеннями температур повітря їхнього середнього квадратичного відхилення.

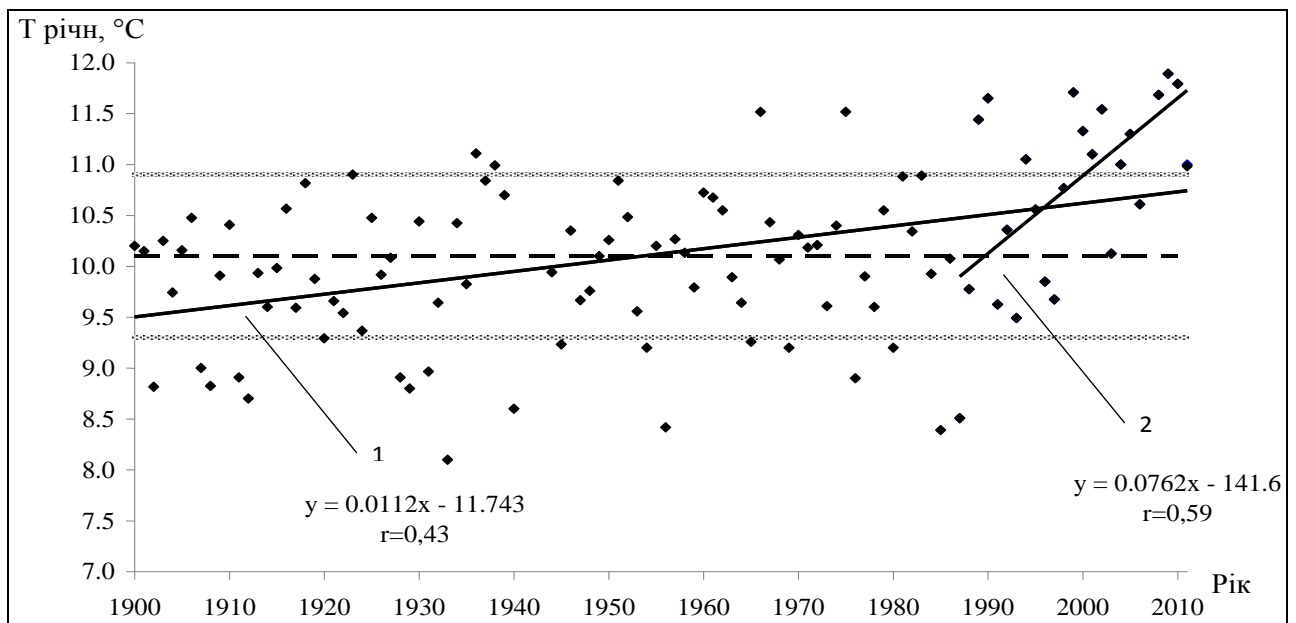


Рисунок 2.1 – Хронологічний хід річної температури повітря за даними метеорологічної станції Одеса: ---- середнє багаторічне значення; — лінія тренду, двома горизонтальними лініями показане середньоквадратичне відхилення; 1 – лінія тренду за 1900-2011 рр.; 2 – лінія тренду за 1989-2011 рр.

Так само зростають температури холодного (з листопада по березень, XI-III) та теплого (з квітня по жовтень, IV-X) періодів (відповідно рис. 2.2 та рис. 2.3).

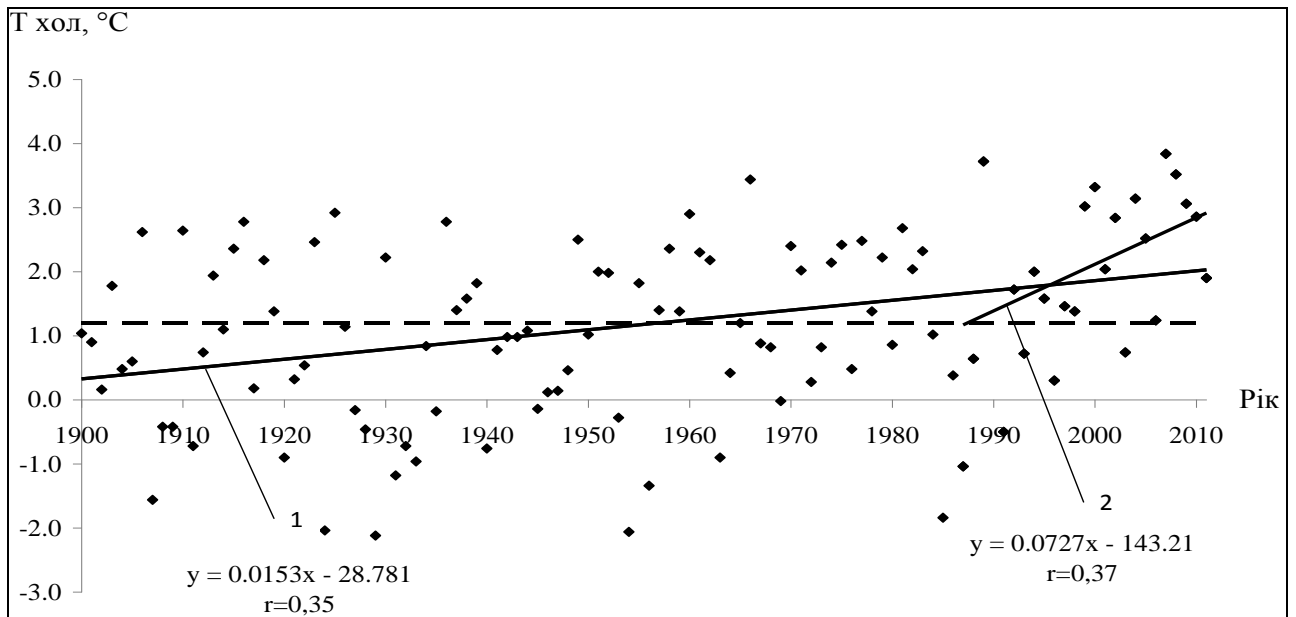


Рисунок 2.2 – Хронологічний хід температури повітря холодного періоду (XI-III) за даними метеорологічної станції Одеса: ---- середнє багаторічне значення; — лінія тренду; 1 – 1900-2011 рр.; 2 – 1989-2011 рр.

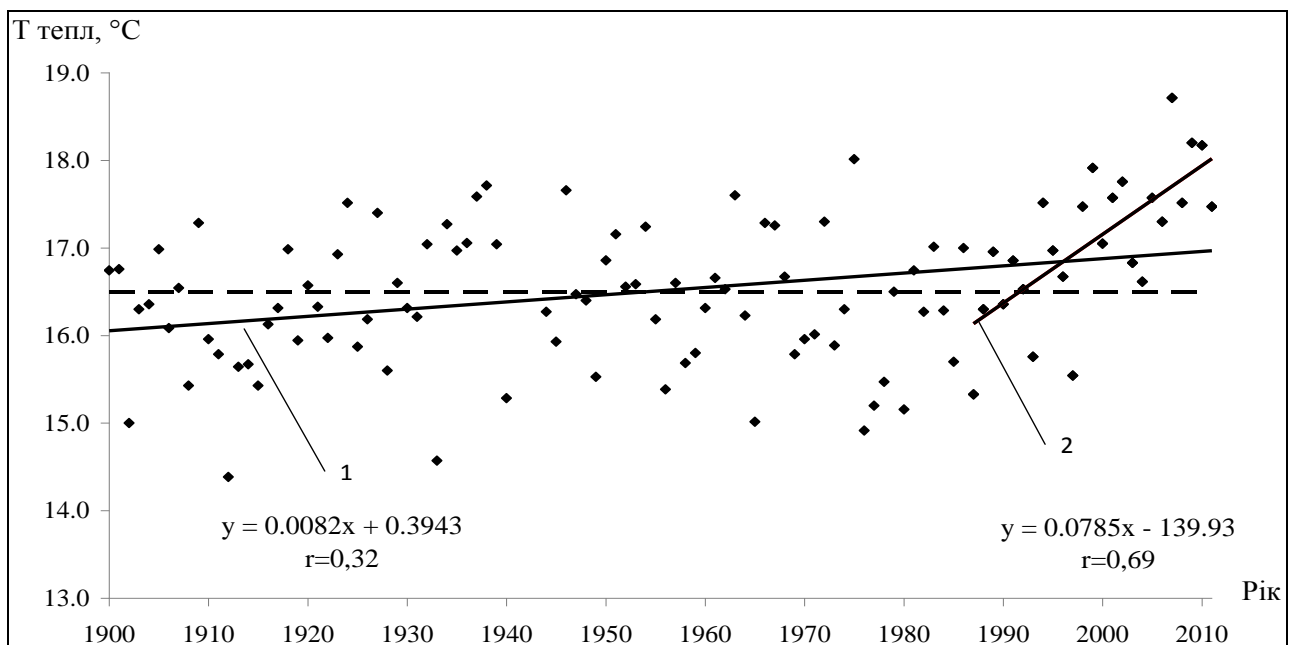


Рисунок 2.3 – Хронологічний хід температури повітря теплого періоду (IV-X) за даними метеорологічної станції Одеса: ---- середнє багаторічне значення; — лінія тренду; 1 – лінія тренду за період 1900-2011 рр.; 2 – лінія тренду за 1989-2011 рр.

Зростання температур повітря більш інтенсивно проходить у теплий період року. Установлені тенденції є характерними для усіх метеорологічних станцій розглядуваної території [35].

Згідно із даними метеорологічної станції Одеса, яка має віковий період спостережень, у хронологічному ході річних опадів виявлено тенденцію до їх збільшення (рис. 2.4). При цьому переважає зростання опадів у холодний період (рис. 2.5), а у теплий період їх кількість практично не змінюються у часі (рис. 2.6).

Проведений аналіз змін кліматичних чинників вказує на певне погіршення умов для формування стоку з водозбору балки Джутової (м. Одеса), оскільки зростання температур повітря теплого періоду року обумовлює, насамперед, зростання втрат на випаровування з поверхні суші та водного дзеркала ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу.

У холодний період зростання температур повітря приводить до збільшення кількості та тривалості відлиг, незначної глибини промерзання ґрунту, що зменшує максимальні витрати весняного водопілля та збільшує втрати поверхневого талого стоку на інфільтрацію.

Зростання опадів холодного періоду несуттєво впливає на стік внаслідок інтенсивного зростання випаровування з поверхні суші.

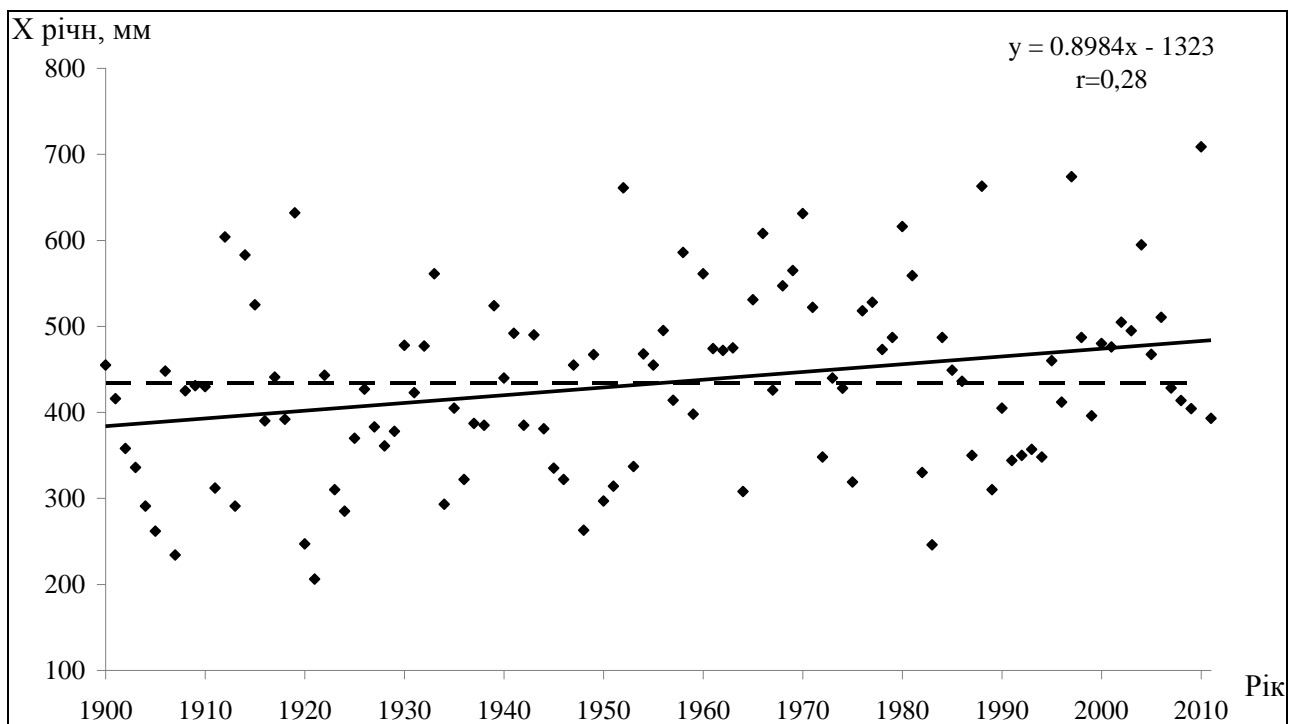


Рисунок 2.4 – Хронологічний хід річних сум атмосферних опадів, за даними м/ст. Одеса: ---- середнє багаторічне значення; — лінія тренда

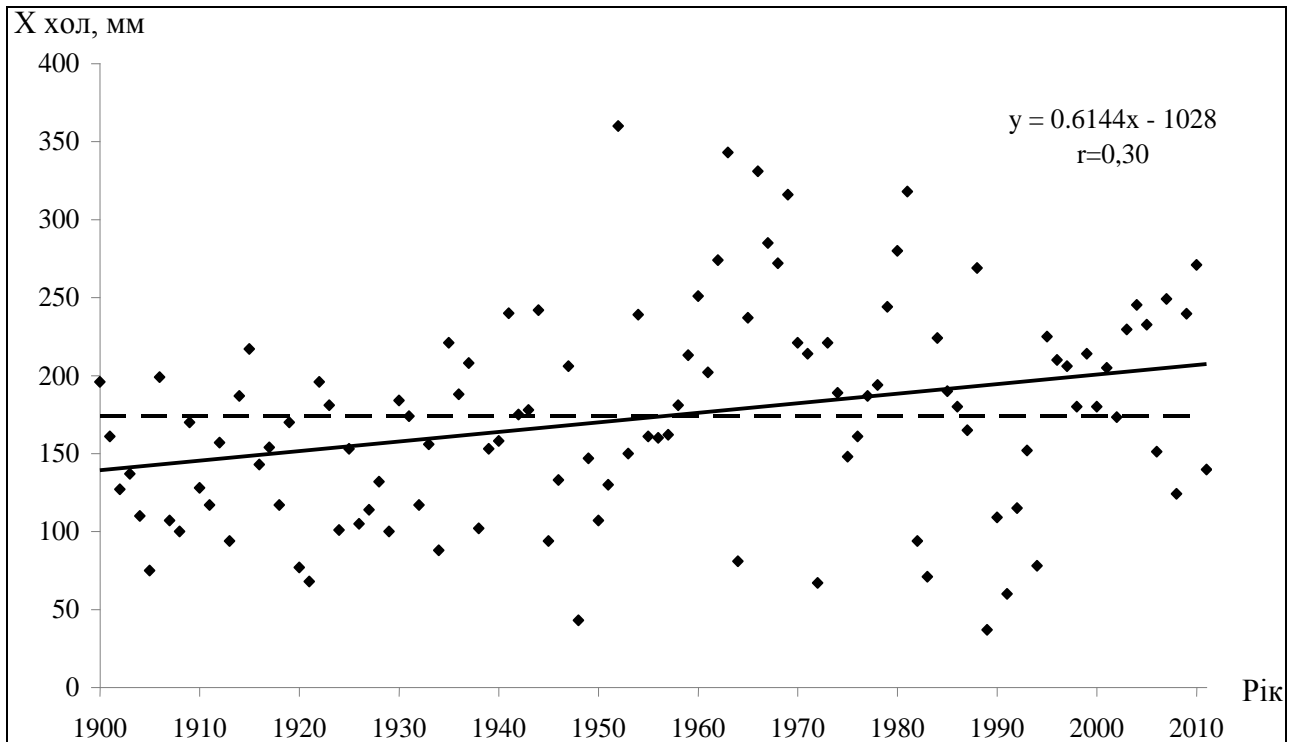


Рисунок 2.5 – Хронологічний хід сум опадів холодного періоду (XI-III), за даними м/ст. Одеса: ----- середнє багаторічне значення; — лінія тренда

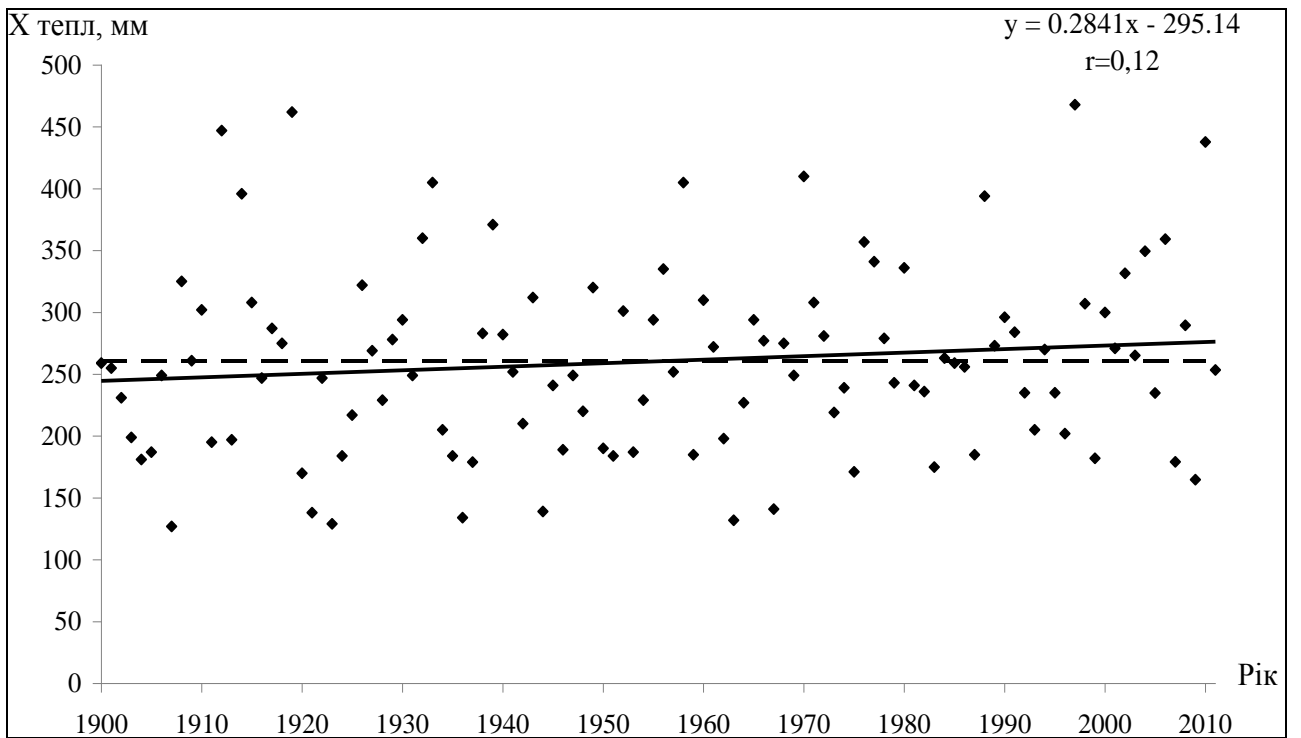


Рисунок 2.6 – Хронологічний хід сум опадів теплого періоду (IV-X), за даними м/ст. Одеса: ----- середнє багаторічне значення; — лінія тренда

2.3 Зміна посушливості клімату в районі балки Джутової (м. Одеса)

Глобальне потепління в зоні степу супроводжується таким природним явищем як посуха. Посуха є явищем, на протязі якого спостерігається тривала (багатоденна, багатомісячна, багаторічна) суха погода, часто при підвищеній температурі повітря, з відсутністю чи вкрай незначною кількістю опадів, яка призводить до виснаження запасів води (вологи) у ґрунті та різкого зниження відносної вологості повітря. У результаті посухи створюються несприятливі умови для розвитку рослин, формування стоку у річках, внаслідок чого виникає дефіцит водоспоживання. З екологічної точки зору наслідками посухи є неврожаї сільськогосподарських культур, деградація луків, зниження приросту деревини, загибель худоби та різкі коливання чисельності мікроорганізмів [36]. Посуха супроводжується посушливими явищами, такими як тривале бездощів'я, висока температура повітря, суховії, атмосферна та ґрунтова посуха.

Бездошовий період (бездощів'я) є інтервалом часу, в який протягом десяти та більше днів не спостерігаються опади або їх добова кількість не перевищує 1 мм. Тривале бездощів'я є передвісником посухи. Часто у ці періоди відзначаються суховії. Бездошовий період тривалістю понад 10 днів вважається посушливим.

Суховій розглядається як стан атмосфери, за якого простежується повільне, зі швидкістю 3-5 м/с, перенесення сухого, надмірно теплого повітря (відносна вологість 30% та нижче, а температура 25°C та вища). Поєднання суховію з бездошовим періодом протягом декількох діб зумовлює атмосферну посуху.

Атмосферною посухою у місцевості з помірним кліматом є стан атмосфери з тривалим бездощів'ям, істотним зменшенням опадів, що супроводжується підвищеною інсоляцією та високою температурою повітря. Атмосферна посуха певної тривалості зумовлює ґрунтову посуху.

Ґрунтова посуха може спостерігатись на полях, які неадаптовані до посушливого клімату як без рослин, так і з рослинним покриттям. Внаслідок недостатньої вологості ґрунту, надлишкових інсоляції та притоку тепла відбувається істотне зниження транспірації і продуктивності порівняно із сприятливими умовами.

Поєднання атмосферної та ґрунтової посухи в окремих випадках визначають як загальну посуху.

Бездошові періоди пов'язані, головним чином, зі сталими антициклонами та їх відрогами, які поширюються на центральну та південну частини України. Тривалі бездошові періоди зумовлені антициклонами та ядрами високого тиску у масах арктичного повітря, що переміщуються з півночі. Менш тривалі бездошові періоди пов'язані з антициклонами, що рухаються із заходу й формуються у повітрі помірних широт, охоплюючи всю країну.

Атмосферна посуха (близько 30%) виникає під час зональної циркуляції атмосфери. У цих випадках над південною частиною північно-східної Європи розташована зона високого атмосферного тиску, яка зумовлена відрогами

Азовського й Середньоазійського максимумів або декількома малорухливими антициклонами [37]. Найчастіше (до 70%) розвиток атмосферної посухи відбувається внаслідок порушення зонального переносу, що блокується високими малорухливими антициклонами та гребенями. Західне перенесення повітряних мас набуває меридіональної складової у результаті впливу інтенсивного східного струменю по південній периферії смуги високого тиску, що витягнута у широтному напрямі. Із південного сходу та із півдня континентальне полярне повітря, інколи тропічне, просувається до півночі. Переміщення гребенів відбувається у західному напрямі та перешкоджає зворотному руху повітряних мас й баричних утворень. Прикладом формування блокуючої синоптичної ситуації є посуха 2010 р. [38].

Аналіз просторово-часового розподілу посух різних категорій (помірні, інтенсивні, екстремальні) для території України, виконаний в ОДЕКУ [39] показав, що в період 1951-1980 рр. посухи в основному формувались в північно-східних областях України (Харківській, Чернігівській, Сумській), а протягом 1981-2010 рр. осередки максимальних значень знаходились в південних та південно-західних районах, а саме Чернівецькій та Миколаївській областях. У 2011 р. через довготривалу антициклонічну циркуляцію над Східною Європою сильна та середня посухи спостерігалася як у центральних, так і західних областях України [40], проте міста Одеса та Сімферополь знаходилися в умовах «м'якої» посухи, що свідчить про регіональний характер формування посух [41].

Для оцінки наявності та інтенсивності посухи використовуються різні кількісні індекси: гідротермічний коефіцієнт $ГТК$, розрахований за формулою Г.Т. Селянинова; стандартизований індекс посушливості Д.А. Педея, стандартизований індекс опадів (SPI). Стандартизований новий індекс посухи або індекс опадів та сумарного випаровування (SPEI) сформовано на основі стандартизованого індексу опадів (SPI) із залученням до розрахунків величин потенціального сумарного випаровування [42].

Властивості атмосферної посухи у період активної вегетації описуються гідротермічним коефіцієнтом Г.Т. Селянинова $ГТК$:

$$ГТК = \frac{10 \sum X}{\sum T}, \quad (2.3)$$

де $\sum X$ – кількість опадів за період активної вегетації, мм;

$\sum T$ – сума додатних температур повітря за період активної вегетації між датами переходу її через 10°C навесні та восени.

При значеннях $ГТК = 0,7 \div 1,0$ розрахунковий період відносять до категорії помірної посухи, $ГТК = 0,5 \div 0,7$ – до суворої посухи, $ГТК = 0,3 \div 0,5$ – до дуже суворої посухи.

За коефіцієнтом $ГТК$ в районі балки Джутової (м. Одеса) найбільш часто спостерігаються помірні посухи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Частота появи (%) посух різної суворості згідно ГТК [37]

| Метеостанція | Категорія посухи | | |
|--------------|------------------|--------|-------------|
| | помірна | сувора | дуже сувора |
| Одеса | 45 | 30 | 12 |

Процедура визначення SPEI базується на обчисленні середньомісячних різниць між опадами та потенціальним сумарним випаровуванням і впроваджена у міжнародну практику з 2009 р. Наявність та інтенсивність посухи визначаються згідно значень SPEI, представлених у табл. 2.2 [43].

Таблиця 2.2 – Класифікація значень SPEI

| Значення SPEI | Категорія періоду | Категорія посухи |
|------------------------------|-------------------------|---------------------|
| $SPEI \geq 2.00$ | Вкрай вологий | |
| $1.50 \leq SPEI \leq 1.99$ | Дуже вологий | |
| $1.00 \leq SPEI \leq 1.49$ | Помірно вологий | |
| $0 \leq SPEI \leq 0.99$ | Близький до нормального | |
| $0 \geq SPEI \geq -0.99$ | Близький до нормального | Слабка посуха |
| $-1.00 \geq SPEI \geq -1.49$ | Помірно сухий | Помірна посуха |
| $-1.50 \geq SPEI \geq -1.99$ | Дуже сухий | Інтенсивна посуха |
| $SPEI \leq -2.00$ | Вкрай сухий | Екстремальна посуха |

Розрахунок індексів SPEI проводився за допомогою спеціального комп'ютерного забезпечення [44] для метеостанції Одеса. У вхідному файлі містилася інформація про середньомісячні температури повітря, суми опадів та координати метеостанцій [45].

Аналіз динаміки посух у часі (1962-2011 рр.) виконувався за інтенсивністю посух та їх тривалістю. Розглядалися посухи усіх категорій (при $SPEI \leq 0,00$). На обох розглянутих метеостанціях за період було зареєстровано 17 випадків посух різної тривалості та інтенсивності. За даними метеостанції Одеса встановлено, що районі балки Джутової переважали слабкі посухи. Після 1989 р. на півдні відбувається зростання частоти появи інтенсивних посух (табл. 2.3). Для аналізу тривалості посух різних категорій була визначена загальна кількість місяців, коли спостерігалась посуха ($SPEI \leq 0,00$), та кількість місяців, яка припадала на кожну категорію (табл. 2.4). При розгляді усього періоду спостережень виявлено, що слабкі посухи тривають найдовше, проте після 1989 р. зростає тривалість екстремальних посух.

Оцінка внеску тривалості посух кожної категорії у загальну їх тривалість (табл. 2.5) також показала зростання долі інтенсивних посух в районі метеостанції Одеса.

Таблиця 2.3 – Частота появи (%) посух різної суворості згідно значень індексу SPEI

| Метеостанція, роки | Категорія посухи | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Близька до нормального (слабка) | Помірна (помірно суха) | Інтенсивна (дуже суха) | Екстремальна (вкрай суха) |
| Одеса, 1962-2011 рр. | 41 | 29 | 18 | 12 |
| Одеса, до 1989 р. | 38 | 38 | 12 | 12 |
| Одеса, після 1989 р. | 44 | 22 | 22 | 11 |

Таблиця 2.4– Тривалість посух різних категорій (у місяцях)

| Метеостанція, роки | Загальна кількість місяців з посухою | Категорія посухи | | | |
|-------------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | | Близька до нормального (слабка) | Помірна (помірно суха) | Інтенсивна (дуже суха) | Екстремальна (вкрай суха) |
| Одеса, 1962-2011 рр. | 294 | 188 | 74 | 25 | 7 |
| Одеса, до 1989 р. | 149 | 95 | 40 | 11 | 3 |
| Одеса, після 1989 р. | 145 | 93 | 34 | 14 | 4 |

Таблиця 2.5 – Внесок посухи кожної категорії у загальну тривалість посух, %

| Метеостанція, роки | Категорія посухи | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Близька до нормального (слабка) | Помірна (помірно суха) | Інтенсивна (дуже суха) | Екстремальна (вкрай суха) |
| Одеса, 1962-2011 рр. | 64 | 26 | 9 | 2 |
| Одеса, до 1989 р. | 64 | 27 | 7 | 2 |
| Одеса, після 1989 р. | 64 | 23 | 10 | 3 |

З хронологічного ходу індексу SPEI (рис. 2.7) видно, що довготривалий посушливий період за даними метеостанції Одеса спостерігався з липня 1989 р. до червня 1995 р., причому з квітня по липень 1994 р. посуха перейшла з категорії інтенсивної до екстремальної. У 1994 р. екстремальна посуха тривала 85 діб, починаючи з 11 березня та закінчуючи 3 червня.

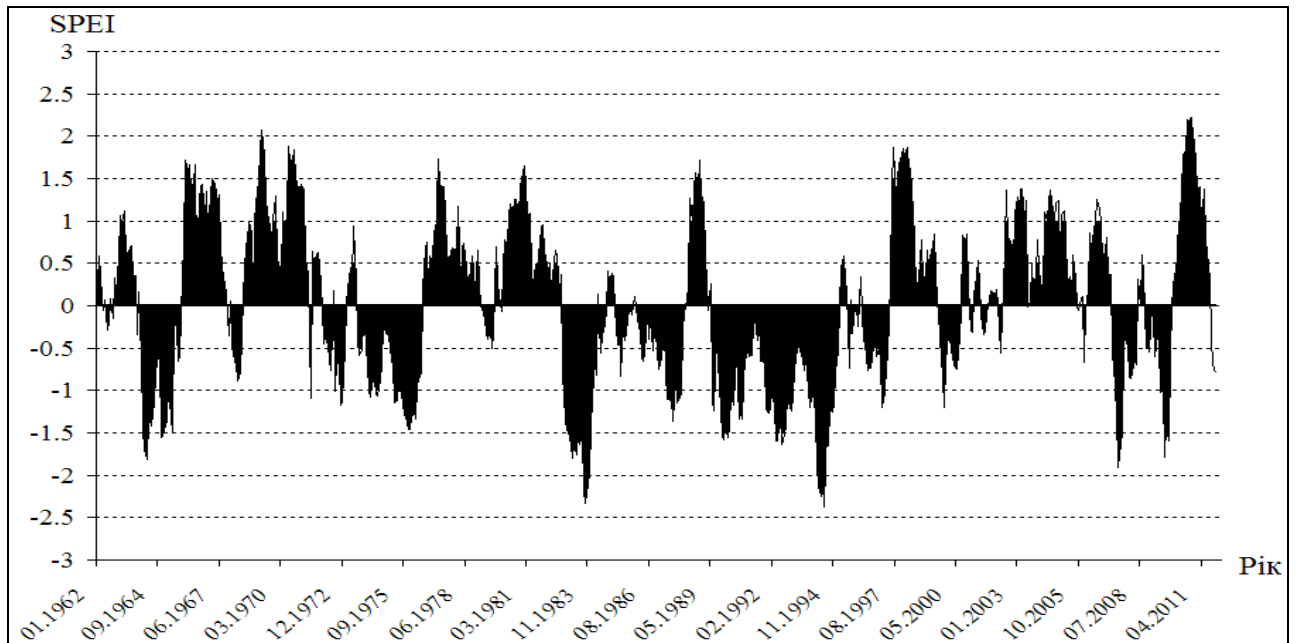


Рисунок 2.7 – Мінливість індексів посушливості SPEI за даними метеостанції Одеса, за період 1962-2011 рр.

Наслідками формування метеорологічних посух є гідрологічні посухи, які розглядаються як тривалий період сухої погоди, що викликає нестачу споживання води через зменшення стоку (нижче установлених норм) та призводить до зменшення вмісту вологи в ґрунті й зростання глибини залягання дзеркала підземних вод [46]. Гідрологічна посуха може тривати більше одного року і охоплювати більше одного водозбору. Вона зазвичай настає з запізненням по відношенню до метеорологічної та сільськогосподарської посух. Наслідками формування гідрологічних посух можуть бути зміни в складових водного балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса), які виникають через зменшення опадів та зростання випаровування з поверхні водозбору й водного дзеркала штучних водойм, а також через зменшення припливу поверхневих вод до ставків з водозбору балки Джутової.

Як правило, роки з наявністю екстремальних посух характеризуються малою водністю навіть за умови формування поверхневого талого стоку у весняні місяці. Забезпеченість річного стоку річок і балок північно-західного Причорномор'я у ці роки перевищує 80%.

3 ВИБІР РЕГІОНАЛЬНОЇ КЛІМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПРОГНОЗУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Зміни у глобальній кліматичній системі можуть розглядатися на сьогодні як незаперечний факт, що доводиться метеорологічними даними за останні 150 років. Є дуже ймовірним, що підвищення глобальних середніх температур, яке спостерігається з середини 20 століття, здебільшого викликано підвищенням концентрацій антропогенних парникових газів.

Щоб визначити причини змін клімату, що мають місце, а також оцінити майбутні зміни, було реалізовано безпрецедентний за своїми масштабами та кількістю учасників модельний проект – дослідниками з 11 країн було виконано чисельні інтегрування з 23 складними фізико-математичними моделями загальної циркуляції атмосфери і океану. Під час експерименту розраховувався клімат 20 століття при заданих, відповідних до спостережень, концентраціях парникових газів, а також клімат для різних сценаріїв, які наведені у Спеціальній доповіді зі сценаріїв викидів (СДСВ). Все це дозволило просунути в уточненні та підвищенні достовірності оцінок майбутніх змін клімату, а також оцінити імовірнісні розподіли характеристик клімату для кожного зі сценаріїв [47].

Робочою групою Міжнародної групи експертів зі змін клімату були розроблені чотири основних описових сюжетних лінії (рис. 3.1) для послідовного викладення зв'язків між визначальними факторами викидів та їх розвитком, а також додатковий контекст для кількісного визначення сценарію. Кожна сюжетна лінія зображує різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні події, які одними особами можуть розглядатися позитивно, а іншими – негативно.

Сценарії містять широкий перелік основних демографічних, економічних та технологічних визначальних факторів парникових газів (ПГ) та викидів сірки. Кожний сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з чотирьох сюжетних ліній. Усі сценарії, що ґрунтуються на одній сюжетній лінії, являють собою сценарну «родину».

Треба відзначити, що сценарії не містять додаткові ініціативи у галузі клімату, тобто не має сценарію, який би припускав здійснення Рамочної конвенції Організації об'єднаних націй (ООН) про зміни клімату або Кіотського протоколу. В той же час, на викиди ПГ безпосередньо впливає політика у галузі некліматичних змін, спрямована на досягнення інших цілей. До того ж, урядова політика може у різній мірі впливати на фактори викиду ПГ, а саме на демографічні зміни, соціально-економічний розвиток, технологічні зміни, використання ресурсів та регулювання забрудненням. Саме цей вплив відображується у сюжетних лініях та підсумкових сценаріях.

Для кожної сюжетної лінії було розроблено декілька різних сценаріїв з використанням різних концепцій моделювання з метою розглядання низки результатів, пов'язаних з моделями, що використовують аналогічні припущення стосовно визначальних факторів.

Однією з переваг багатомодельного підходу є те, що підсумкові 40 сценаріїв СДСВ у своїй сукупності охоплюють існуючий діапазон невизначеностей стосовно майбутніх викидів ПГ, які виникають внаслідок різних характеристик цих моделей, окрім існуючих невизначеностей, що мають місце через визначальні фактори сценарію, зокрема демографічні, соціально-економічні та технологічні події, які визначають ці моделі, про що йде мова у сюжетних лініях. Тринадцять з цих сорока сценаріїв розглядають зміни, пов'язані з припущеннями стосовно енергетичних технологій.

У межах кожної групи і родини «HS» позначає сценарії з узгодженими припущеннями щодо розвитку загального населення та сукупного національного продукту, а «OS» – сценарії, в яких розглядаються невизначеності стосовно визначальних факторів

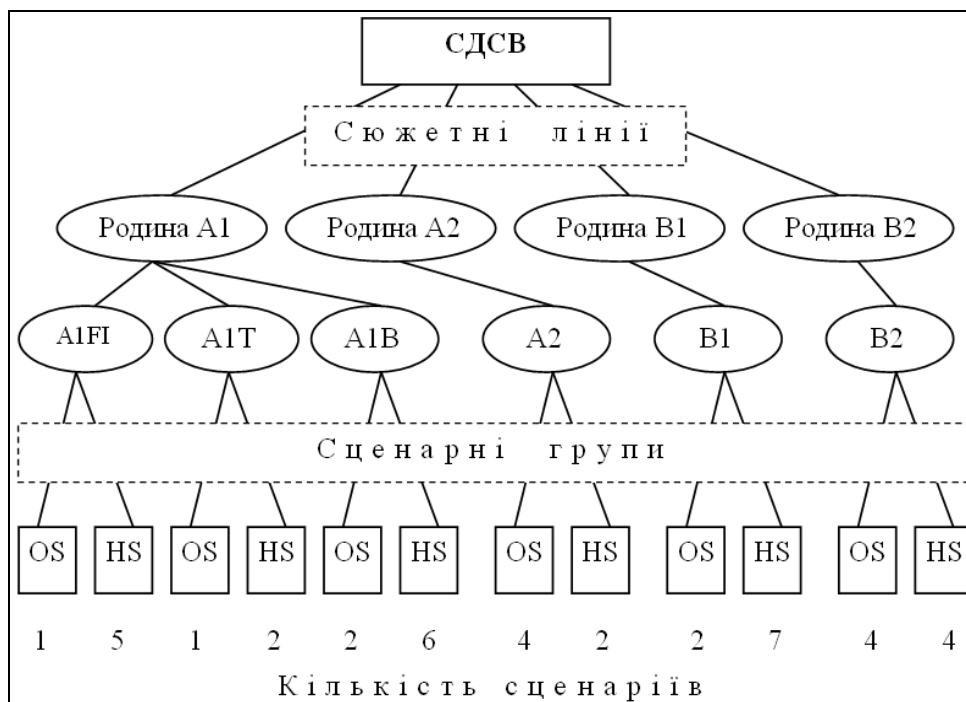


Рисунок 3.1 – Схематична ілюстрація сценаріїв СДСВ [48]

У межах кожної сценарної родини були розроблені два основних види сценаріїв – сценарії з узгодженими припущеннями стосовно глобального населення, економічного росту і кінцевого використання енергії та сценарії з альтернативним кількісним визначенням сюжетної лінії. У своїй сукупності 26 сценаріїв були узгоджені через прийняття припущень стосовно розвитку загального населення та сукупного національного продукту. Таким чином, узгоджені сценарії у кожній родині не є незалежними один від іншого. Решта 14 сценаріїв прийняли альтернативні тлумачення чотирьох сюжетних ліній для вивчення додаткових сценарних невизначеностей. Вони також пов'язані між собою у межах кожної родини, навіть не зважаючи на те, що не містять загальних припущень стосовно деяких визначальних факторів.

Отже, є шість сценарних груп, які слід вважати у рівній мірі обґрунтованими і які охоплюють широке коло невизначеностей. Вони містять чотири комбінації демографічних змін, соціально-економічного розвитку та технологічних подій, які відповідають чотирьом родинам (A1, A2, B1, B2), кожна з яких має ілюстративний сценарій.

У цілому, кожна сюжетна лінія передбачає зовсім інший напрямок майбутніх подій, у результаті чого чотири сюжетні лінії відрізняються усе більш необоротним чином. Разом вони надають опис різноманітних варіантів майбутнього, які охоплюють значну частку основних невизначеностей у чотирьох визначальних факторах. Вони також охоплюють широкий діапазон ключових «майбутніх» характеристик, зокрема демографічні зміни, економічний розвиток і технологічні зміни. З огляду на це їх правдоподібність або здійсненність не слід розглядати виключно ґрунтуючись на екстраполяції поточних економічних, технологічних та соціальних тенденцій.

Сюжетна лінія та сценарна родина A1 містить опис майбутнього світу, що характеризується швидким економічним ростом, глобальним населенням, показники якого сягають пікових значень у сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким упровадженням нових та ефективніших технологій. Першорядними питаннями будуть поступове зближення різних регіонів, створення потенціалу та активізація культурних і соціальних взаємозв'язків за значного зменшення регіональних відмінностей у доході на душу населення. Сценарна родина A1 розбивається на три групи, які надають опис альтернативних варіантів технологічних змін в енергетичній системі, а саме відрізняються своїм центральним технологічним елементом: істотна частина викопних видів палива (A1FI), невикопні види палива (A1T) і рівновага між усіма джерелами (A1B), яка визначається як не дуже велика залежність від одного конкретного джерела енергії. Через те, що інші визначальні фактори будуть сталими, швидке зростання спричинить високі показники обороту капіталу, внаслідок чого невеликі відмінності на початковому етапі між сценаріями призведуть до великого розходження до 2100 р.

Відомо, що чисельних моделей клімату, як і наукових методик прогнозу клімату, існує досить багато [49]. Кожна з них має свої переваги та недоліки. Тому, насамперед, необхідно визначити: які зі створених методик і моделей доцільно з наукового та технічного погляду використовувати для аналізу та прогнозу регіональних особливостей кліматичних змін в Україні. Очевидно, що моделі загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО), які в більшості своїх реалізацій мають роздільну здатність $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, не придатні для досліджень регіональних особливостей кліматичних змін в Україні, оскільки на її територію припадає приблизно 15 вузлів координатної сітки. Тому моделі повинні мати роздільну здатність на порядок вищу, тобто задовільні горизонтальні кроки сітки мають бути 20-50 км. Таку задовільну роздільну здатність мають сучасні гідростатичні моделі прогнозу погоди та клімату. Ще однією вимогою до моделей є можливість розрахунків з різними початковими та граничними даними, а також наявність відносно вільного доступу до цих даних, бажано в мережі Інтернет.

Сценарій зміни клімату А1В реалізований в регіональній кліматичній моделі REMO, яка розроблена в Інституті метеорології ім. Макса Планка в Гамбурзі. REMO об'єднує колишню чисельну модель прогнозу погоди EUROPA-MODELL для розрахунків термодинамічних характеристик і блоку глобальної кліматичної моделі ECHAM4 [50], в якому розраховуються процеси хмаро- та опадоутворення, проходження потоків сонячної радіації в атмосфері, вплив підстильної поверхні на теплові потоки з врахуванням альbedo й типу поверхні. Початковими та граничними даними для моделі можуть бути дані аналізу, наприклад, Європейського центру середньострокового прогнозу погоди (ECMWF) та реаналізу, наприклад ERA40, тобто інтерпольовані у вузли регулярної сітки дані нерегулярних, часто епізодичних як у просторі, так і в часі фактичних наземних та висотних вимірювань в основні синоптичні строки (кожні 6 год.). В моделі REMO враховані такі важливі фактори впливу на стан атмосфери, як радіаційні та теплові потоки, орографія, шорсткість і альbedo підстильної поверхні, що дозволяє припустити коректність та адекватність представлення процесів у хмарній тропосфері.

Прогностичними змінними в моделі є тиск, температура, горизонтальні проекції швидкості вітру, абсолютна вологість і водність хмар [51-52]. Початковими та граничними даними для моделі можуть бути дані аналізу, наприклад Європейського центру середньострокового прогнозу погоди (ECMWF), реаналізу, наприклад ERA40, або більшої частини глобальних кліматичних моделей з IPCC-2007. У моделі враховані такі важливі фактори впливу на стан атмосфери, як радіаційні та теплові потоки, орографія, шорсткість, а також річний хід альbedo, рослинності та снігового покриву підстильної поверхні. В останній версії REMO враховані процеси формування опадів завдяки замерзанню крапель у хмарах, що є досить критичним для адекватного відтворення процесів хмаро- та опадоутворення в кліматичних умовах холодного періоду року в Україні [53].

Оскільки REMO, як і більша частина глобальних та регіональних чисельних моделей, є гідростатичною, то вона має обмеження на зменшення горизонтальних кроків приблизно до 10 км. Тому параметризація процесів хмаро та опадоутворення в REMO складається з двох схем:

1) крупно-масштабна схема – шарувато-подібні хмари, для параметризації яких використовується наближення Сандквіста;

2) підсіткова схема – конвективні хмари, які параметризуються за допомогою дещо модифікованої одновимірної статичної моделі Тієдке.

Обидві ці параметризації є одномоментними, тобто єдиною характеристикою хмар та опадів є їхні загальні водність або льодність. Звичайно, це є досить грубим наближенням, якщо модель застосовувати для короткострокового прогнозу сильних опадів. Але, як показує багаторічний досвід застосування цієї моделі в дослідженнях минулого та сучасного клімату, такі параметризації дозволяють отримувати цілком адекватні просторово-часові характеристики поля опадів у різних регіонах [55].

В останні роки REMO досить успішно застосовувалася для моделювання минулого й майбутнього регіонального клімату не тільки Німеччини, але й

інших країн Європи, а також Індії, Аргентини тощо. REMO була однією з провідних у проекті оцінки водного балансу басейну Балтійського моря.

3.1 Оцінка кліматичних сценаріїв

Групою експертів для вивчення можливих змін клімату в 4-х басейнах лиманів Європи були обрані 15 сценаріїв змін клімату.

В якості вихідних даних слугують дані вимірювань метеорологічних станцій, які інтерполюються у вузли регулярної сітки з кроком 25 км, що збігається з координатною сіткою регіональних кліматичних моделей, та в яких отримані зміни метеорологічних параметрів: температура повітря (середньодобова, максимальна, мінімальна), вологості повітря, кількість опадів, сонячна радіація, середньодобова швидкість вітру. Інші моделі, які використовувалися у проекті з низьким дозволом (наприклад, вузли регулярної сітки з кроком 50 км), або мають коротший період часу не враховувалися в цій оцінці.

Дані для оцінки були завантажені з Інтернет сайту [56].

Кліматичні сценарії були побудовані для наступних періодів:

- 1971-2000 рр. (базовий період);
- 2011-2040 рр.;
- 2041-2070 рр.;
- 2071-2098 рр.

Останній період закінчується в 2098 р, тому що за 2099 і 2100 рр. тільки деякі моделі забезпечують повну даних. Сценарії умовно названі M1-M15 (табл. 3.1).

Є два сценарії: M1 і M5, які забезпечують повні дані за ще більш короткий період. Тому для сценарію M1 дані були завантажені до 2097 р., а для M5 – до 2096 р.

Для сценаріїв M1-M6 вихідні дані розраховуються з 360 днів у році, вважаючи, що в кожному місяці 30 днів. Для вибору оптимальної моделі необхідна «нормальна» кількість днів у році (365 або 366).

Для всіх 15 сценаріїв побудовані карти для басейну річки. Є 6 різних розрахункових сіток (A-F) для проведення чисельних розрахунків.

Для модельних розрахунків і оцінки можливих кліматичних змін середніх добових температур і опадів був обраний період 1998-2007 рр.

Оцінити кожний з сценаріїв можна шляхом порівняння відмінності у сезонній динаміці температури і опадів спостережуваних кліматичних даних і даних сценарію M1-M15.

Для цього середньомісячні температури і середня місячна кількість опадів за досліджуваний період (1998-2007 рр.) були розраховані на основі регулярних спостережень і даних сценарію, а потім середньомісячна відмінність була оцінена для кожного сценарію M1-M15. В цілях виявлення «кращих» сценаріїв для кожного параметру було вибрано відповідний метод.

Таблиця 3.1 – Кліматичні сценарії, які використовуються для оцінки[48]

| Сценарій | Чисельна модель | GRID |
|----------|-------------------------------|------|
| M1 | RCA | B |
| M2 | HadRM3Q0 | B |
| M3 | HadRM3Q3 (низька чутливість) | B |
| M4 | HadRM3Q16 (висока чутливість) | B |
| M5 | RCA3 | C |
| M6 | CLM | D |
| M7 | RACMO | B |
| M8 | RCA | B |
| M9 | RCA | B |
| M10 | REMO | B |
| M11 | Aladin | A |
| M12 | HIRHAM | F |
| M13 | DMI-HIRHAM5 | F |
| M14 | DMI-HIRHAM5 | F |
| M15 | RegCM | E |

Сітки B, C, D і F мають однакові комірки сітки, але вони відрізняються розширенням:

| GRID | Кількість рядків | Число стовпців |
|------|------------------|----------------|
| A | 213 | 213 |
| B | 190 | 170 |
| C | 190 | 190 |
| D | 191 | 177 |
| E | 200 | 174 |
| F | 190 | 174 |

Позначення: P – опади, мм; T – температура, °C; i – місяць (від 1 до 12), m – змодельовані сценарії (від 1 до 15), o – дані спостережень, N – кількість років.

Так були розраховані:

– середня місячна кількість опадів:

$$MP_{m,i} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{m,i}}{N} \quad (3.1)$$

– середньомісячні температури:

$$MT_{m,i} = \frac{\sum_1^N T_{m,i}}{N} \quad (3.2)$$

– середня місячна кількість опадів за даними спостережень:

$$MP_{0,i} = \frac{\sum_1^N P_{0,i}}{n} \quad (3.3)$$

– середньомісячні температури за даними спостережень:

$$MT_{0,i} = \frac{\sum_1^N T_{0,i}}{n} \quad (3.4)$$

Після цього були оцінені відмінності в середньомісячній температура повітря і кількості опадів між кліматичною станцією і найближчою комірною сітки.

Різниця в середніх місячних значеннях опадів за певним сценарієм:

$$DMP_{m,i} = MP_{m,i} - MP_{0,i} \quad (3.5)$$

Різниця в середньої місячної температури за певним сценарієм:

$$DMT_{m,i} = MT_{m,i} - MT_{0,i} \quad (3.6)$$

З метою виявлення кращих моделей для кожного параметра, середній модуль щомісячних відмінності був обраний як найбільш відповідний метод.

Середня різниця середньомісячних опадів для змодельованого сценарію (%):

$$ADMP_m = \frac{\sum_1^{12} \left| \frac{DMP_{m,i}}{MP_{0,i}} * 100\% \right|}{12} \quad (3.7)$$

Середня різниця середньомісячної температури для змодельованого сценарію:

$$ADMT_m = \frac{\sum_1^{12} |DMT_{m,i}|}{12} \quad (3.8)$$

Використовуючи цей метод, ми отримуємо 15 значень $ADMP_m$ і 15 значень $ADMT_m$, що можуть бути використані для вибору кліматичних сценаріїв, в яких розраховані середні місячні T і P краще відповідають значенням, що

спостерігалися. В цьому випадку такий сценарій може розглядатися як «кращий» з запропонованих сценаріїв.

Значення критеріїв $ADMP_m$ і $ADMT_m$ відображаються у вигляді графіків для всіх розглянутих сценаріїв (рис.3.2, рис.3.3). Для опадів найменші значення критерію відповідних фактичних і сценарних даних установлені при реалізації сценаріїв M9 та M10, що становить 38.947 та 33.732 відсотки відповідно. Для середньомісячних значень температури повітря найменші величини $ADMT_m$ виявлені при реалізації сценаріїв M1 та M10 і становлять 0,647 та 0,74 градуси відповідно.

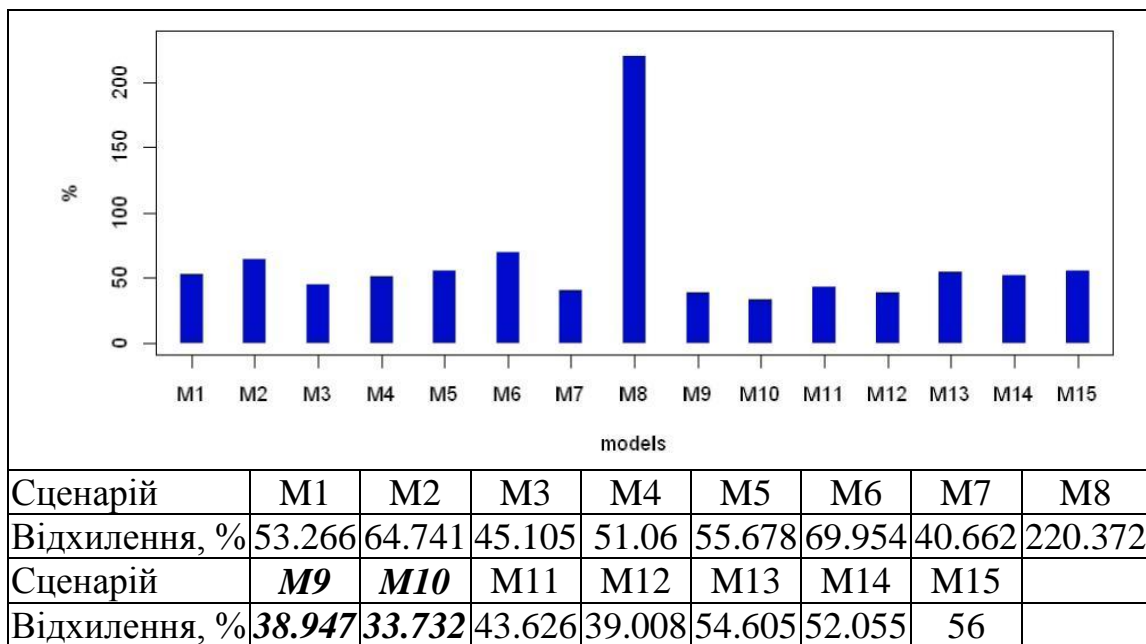


Рисунок 3.2 – Значення критерію $ADMP_m$, %

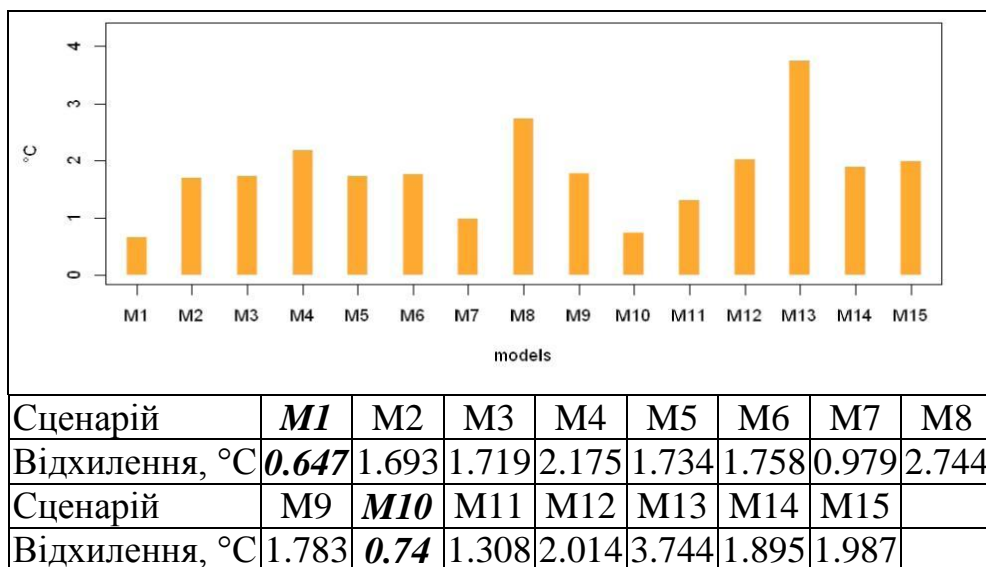


Рисунок 3.3 – Значення критерію $ADMT_m$, °C

На рис. 3.4 та 3.5 наведені внутрішньорічний хід опадів та температур повітря для кожного кліматичного сценарію (M1-M15). З них видно, що з лінією розподілу фактичної кількості опадів по місяцях (чорна – Obs) майже співпадають криві розподілу синього (сценарій M9) та коричневого (сценарій M10) кольору (рис. 3.4).

Лінію фактичного розподілу багаторічної середньомісячної температури (чорна – Obs) повторюють лінія розподілу за сценарієм M1-синя та за сценарієм M10-коричнева (рис. 3.5).

За виконаними розрахунками встановлено, що найкращим чином описує режим температур повітря (T) і кількості опадів (P) сценарій M10 - регіональна кліматична модель REMO.

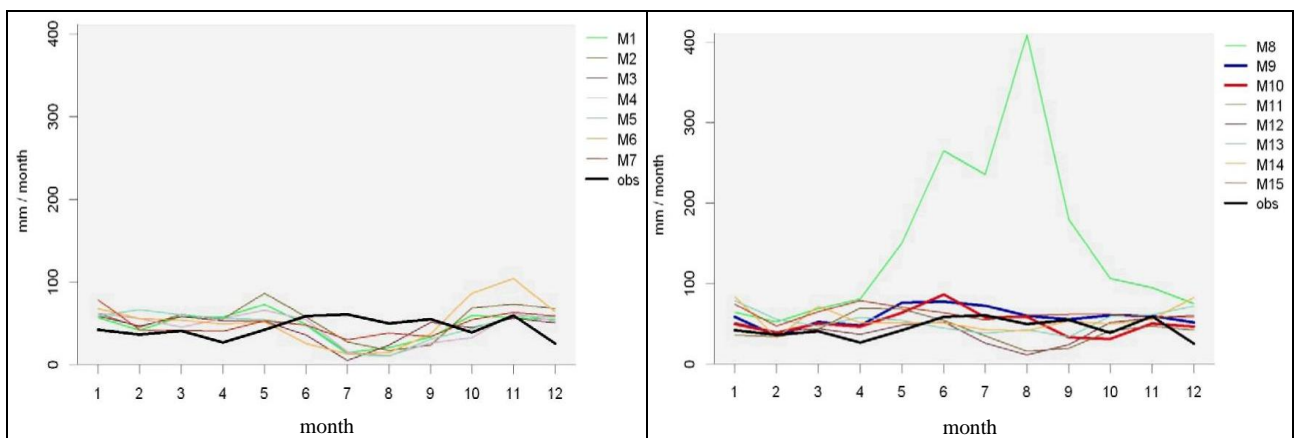


Рисунок 3.4 – Внутрішньорічний хід середніх місячних опадів за фактичними і сценарними даними[48]

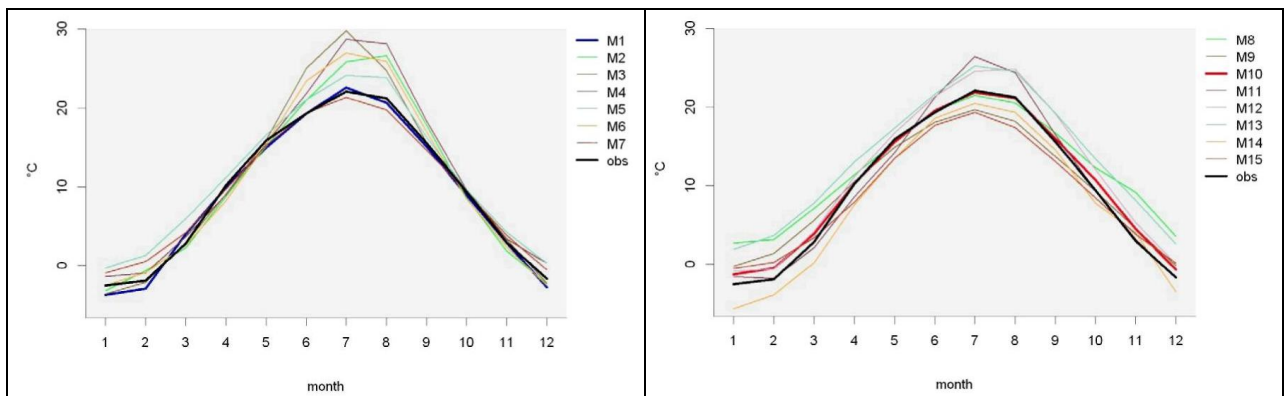


Рисунок 3.5 – Внутрішньорічний хід середніх місячних температур повітря за фактичними і сценарними даними[48]

3.2 Зміни режиму опадів та температури за сценарієм змін клімату M10

Як було зазначено вище, сценарій зміни «помірного» клімату A1B, який найкраще характеризує стан рівноваги між усіма джерелами в енергетичній системі України, реалізований в регіональній кліматичній моделі REMO та відповідає сценарію M10. В ході виконання даної роботи була підготовлена та оцінена інформація про гідрометеорологічні величини (температуру та опади) в вузлах сітки, розташованої на південному сході м. Одеси. Для порівняльного аналізу розподілу температури та опадів для різних періодів для кліматичного сценарію A1B використовувались середньомісячні та середньорічні значення температури, а також середньомісячні та середньорічні суми опадів для кожної з обраної точки. Аналізувалися два тридцятирічних періоди дослідження: 1971-2000 рр. та 2011-2040 рр.

Середня річна температура повітря має добре виражену тенденцію до зростання (рис. 3.7), а середні багаторічні суми річних зменшуються (рис.3.8).

З рис. 3.7 випливає, що для даної території відносно базового періоду прогнозується потепління, хоча на фоні загальної тенденції зростання температур повітря можливе її зменшення. Максимальні річні значення температури повітря досягнуть значення 14,5°C. В період 2011-2040 рр. (відносно базового 1970-2000 рр.) можливе підвищення температури повітря на 1,4 °C – в січні, на 2,0 °C – в червні. За даними сценарію A1B інтенсивно мають зростати суми температур повітря як за теплий (рис.3.8), так і за холодний періоди (рис.3.9).

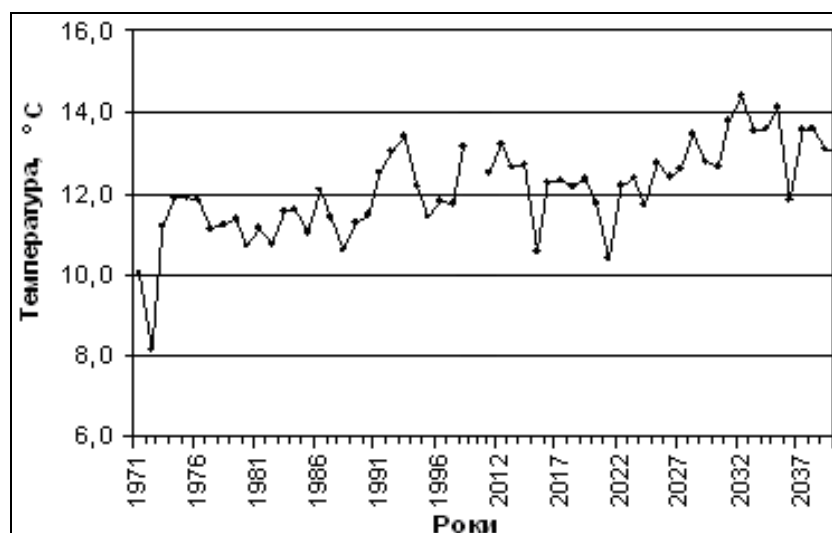


Рисунок 3.7 – Середня річна температура повітря

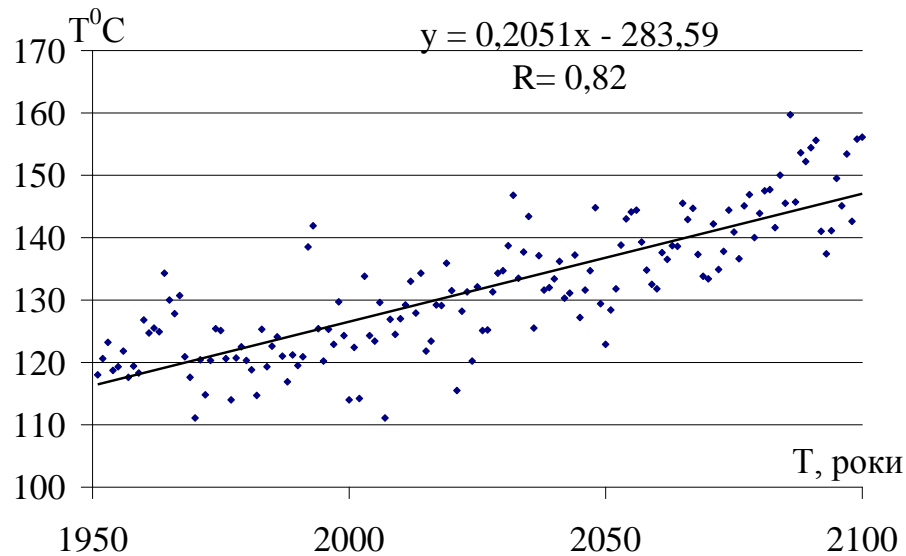


Рисунок 3.8 – Хронологічний хід сум середніх місячних температур повітря за теплий період (IV–X), отриманих за моделлю А1В для метеостанції Одеса

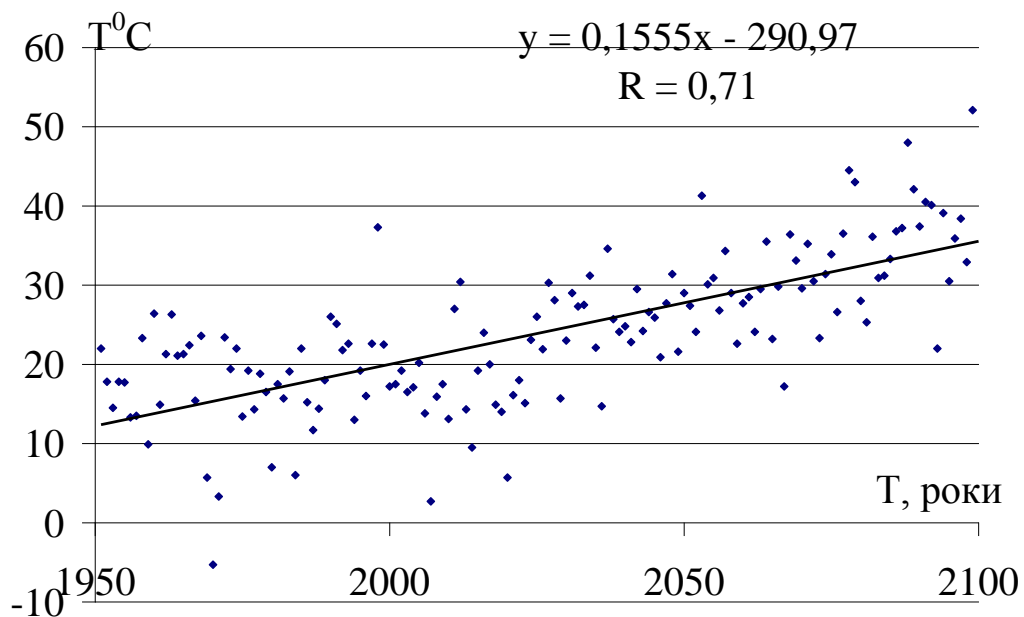


Рисунок 3.9 – Хронологічний хід сум температур повітря за холодний період (XI–III), отриманих за моделлю А1В для метеостанції Одеса

До середини поточного сторіччя можливе зменшення середніх багаторічних річних сум опадів з 535 до 485 мм (рис.3.10). При розгляді хронологічного ходу опадів за даними сценарію добре простежується тенденція до зменшення опадів (рис.3.11, рис.3.12). У внутрішньорічному розподілі (рис.3.13) максимум опадів припадає на листопад-грудень (до 68 мм), мінімум –

на квітень-червень (до 25 мм щомісячно). Суттєве зменшення опадів (до 25 мм в місяць) очікується в вересні-жовтні.

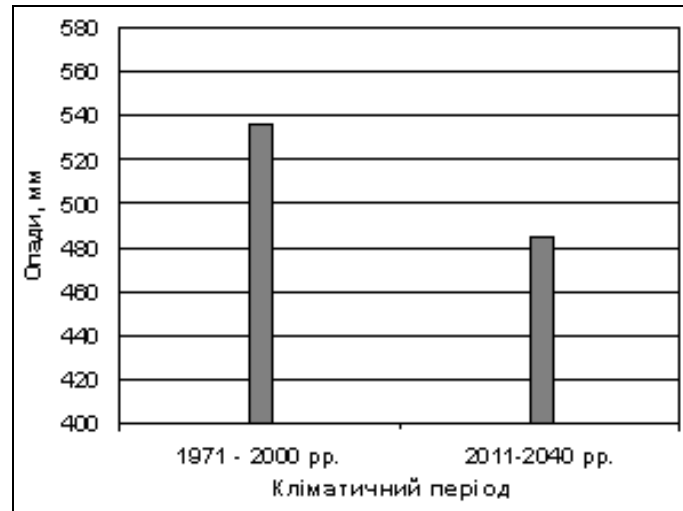


Рисунок 3.10 – Середні за різні розрахункові періоди річні суми опадів

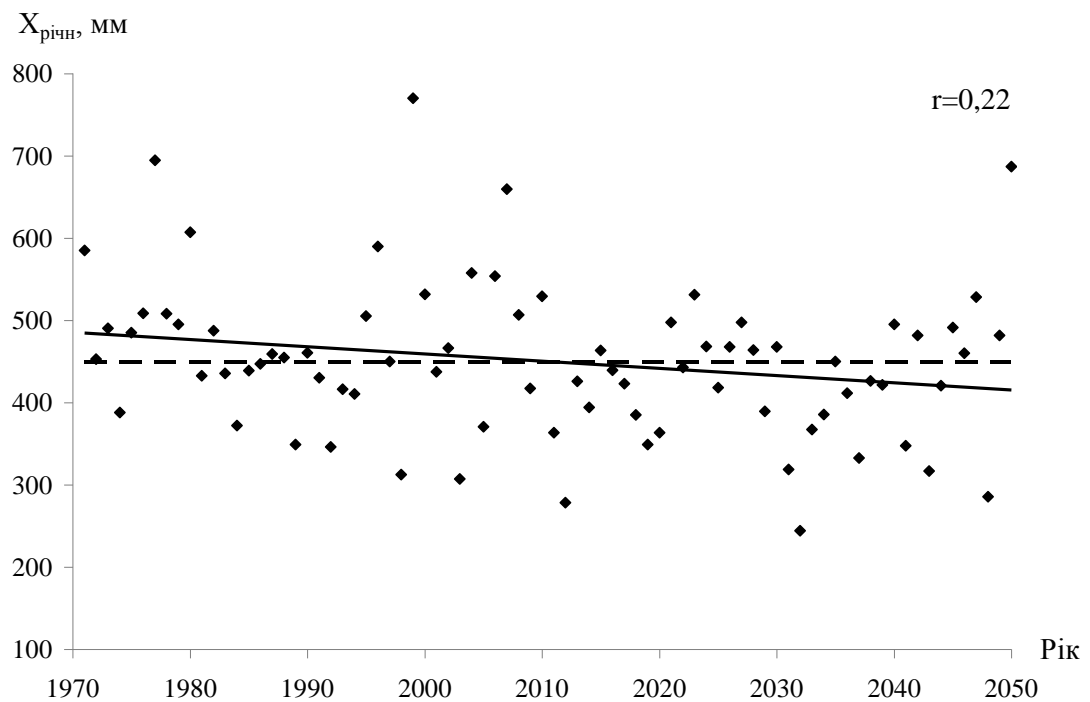


Рисунок 3.11 Хронологічний хід середніх річних сум опадів за сценарієм А1В, м/ст. Одеса, 1971-2050 рр. (---- середнє багаторічне значення, — лінія тренда)

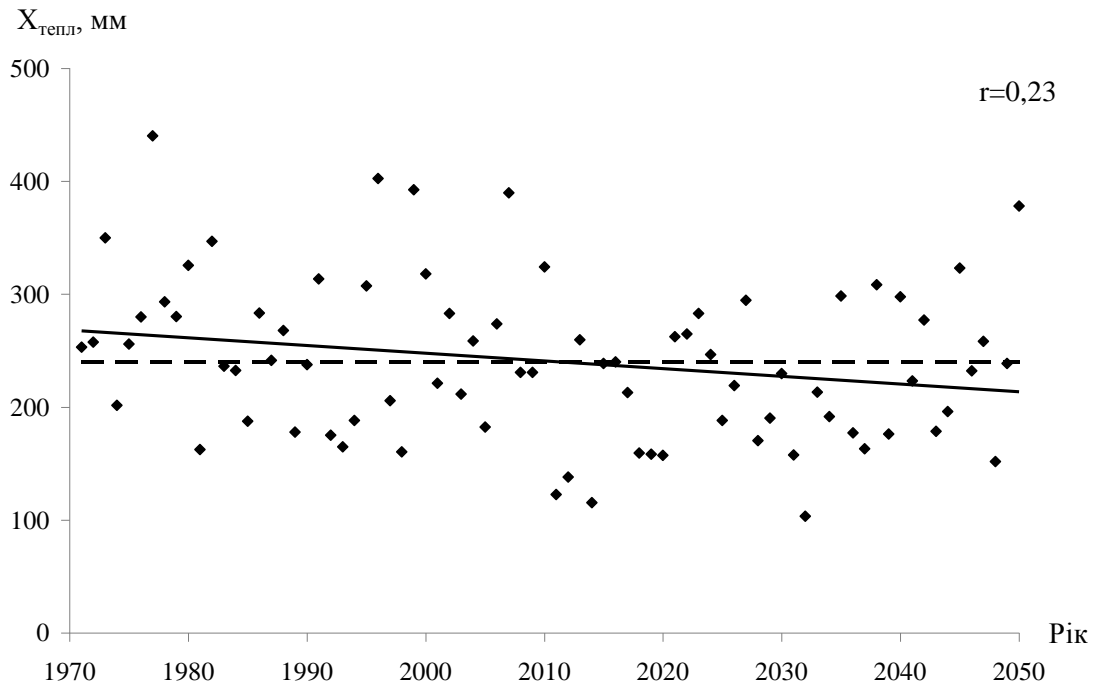


Рисунок 3.12 Хронологічний хід сум опадів теплого (IV-X міс.) періоду за сценарієм А1В, м/ст. Одеса, 1971-2050 рр. (---- середнє багаторічне значення, — лінія тренда)

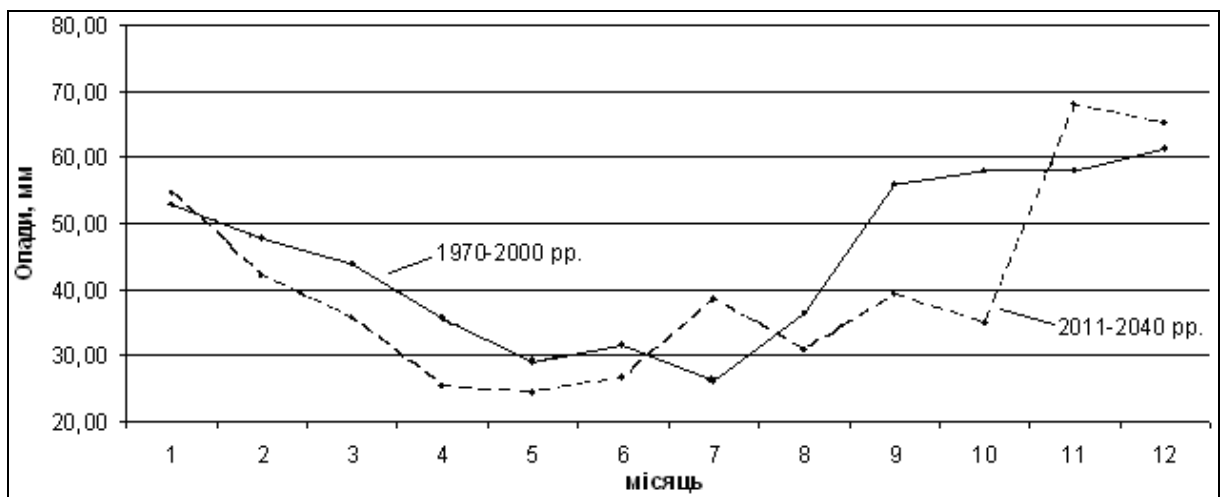


Рисунок 3.13 – Середньомісячний розподіл кількості опадів

Оцінки можливих змін кліматичних чинників формування стоку на початку XXI сторіччя показали, що на досліджуваній території відбудеться зменшення середніх багаторічних сум опадів на 9,7% за 2011-2030рр. та на 12,2% у 2031-2050рр. у порівнянні із даними до початку значущих змін у температурах повітря (1989р.). Теплоенергетичні ресурси клімату (теплоенергетичний еквівалент) буде зростати і це збільшення досягне до 2050р. +18,5%. За даними вузла сітки, що відповідає місцеположенню досліджуваної території, природні (непорушені водогосподарською діяльністю) водні ресурси за рахунок глобального потепління у період 2011-2030рр. зменшаться на 53% при порівнянні із станом до 1989р., а у 2031-2050рр. це зменшення буде становити -63% . Якщо зональна норма річного стоку до 1989р. становила 19 мм, то у період 2011-2030рр. вона складатиме лише 9 мм, а у період 2031-2050рр. – 7 мм. При високій мінливості коливань стоку (коефіцієнт варіації перевищуватиме 1,0) на річках досліджуваної території до 1989р. навіть у природних (непорушених водогосподарською діяльністю умовах) спостерігалось пересихання у маловодні роки. У нових кліматичних умовах тривалість періодів відсутності стоку зростатиме.

За рекомендаціями ООН ступінь змін водних ресурсів визначається за зменшенням середньої багаторічної величини річного. Якщо зменшення річного стоку перевищує 10%, то воно класифікується як значущі зміни водних ресурсів; якщо 50% – як руйнація водних ресурсів, якщо 70% – як безповоротна руйнація. Таким чином, на території розташування досліджуваних ставків за рахунок змін клімату до 2040р. місцеві водні ресурси зменшаться до стану руйнації і їхнє заповнення відбуватиметься завдяки скидним водам.

4 МОДЕЛЬ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ВОДОЙМ

У дискретному вигляді рівняння моделі водно-сольового балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса) можуть бути записані наступним чином:

– водного балансу:

$$W_{i,j} = W_{i,j-1} + (W_{i,P,j} + W_{i,np,j} - W_{i,E,j} - W_{i,cm,j}) \Delta t; \quad (4.1)$$

та

– балансу маси солей:

$$C_{i,j} = C_{i,j-1} + (W_{i,P,j} S_{i,P,j} + W_{i,np,j} S_{i,np,j} - W_{i,cm,j} S_{i,cm,j}) \Delta t, \quad (4.2)$$

де i – позначення ставка (ДФ – для ставка колишньої Джутової фабрики, ЛК – для ставка на території парку імені Ленінського комсомолу);

Δt – розрахунковий крок моделі у часі, який приймався рівним 1 місяцю;

$W_{i,j-1}$ – об'єм води у водоймі наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), м³;

$W_{i,j}$ – об'єм води у водоймі наприкінці розрахункового місяця (j), м³;

$W_{i,P,j}$ – об'єм атмосферних опадів, що випали на водну поверхню за місяць (j), м³;

$W_{i,np,j}$ – об'єм припливу води з водозбірного басейну до водойми за місяць (j), м³;

$W_{i,E,j}$ – об'єм води, що випарився з водної поверхні за місяць (j), м³;

$W_{i,cm,j}$ – об'єм стоку (скидних вод) з водойми за місяць (j), м³;

$C_{i,j-1} = W_{i,j-1} S_{i,j-1}$ – маса солей у водоймі наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), кг;

$C_{i,j} = W_{i,j} S_{i,j}$ – маса солей у водоймі наприкінці розрахункового місяця (j), кг;

$S_{i,j-1}$ – мінералізація води у водоймі наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), г/дм³;

$S_{i,j}$ – мінералізація води у водоймі наприкінці розрахункового місяця (j), г/дм³;

$S_{i,P,j}$ – мінералізація атмосферних опадів, що випали на водну поверхню водойми за розрахунковий місяць (j), г/дм³;

$S_{i,np,j}$ – мінералізація припливних вод, що надійшли до водойми з водозбірного басейну за місяць (j), г/дм³;

$S_{i,cm,j}$ – мінералізація води, що витікає (скидається) з водойми за місяць (j), г/дм³.

Для води, яка у розрахунковий місяць (j) витікає (скидається) з водойми мінералізація води дорівнює

$$S_{i,cm,j} = (C_{i,j-1} + C_{i,P,j} + C_{i,np,j}) / (W_{i,j-1} + W_{i,P,j} + W_{i,np,j} - W_{i,E,j}). \quad (4.3)$$

Мінералізація води у водоймі наприкінці місяця (j) розраховується наступним чином

$$S_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{W_{i,j}} \quad (4.4)$$

На кожному розрахунковому кроці за часом визначається об'єм води у водоймі наприкінці розрахункового місяцю (j)

$$W_{i,j} = W_{i,j-1} + \Delta W_i. \quad (4.5)$$

Надалі, із застосуванням функціональних залежностей $\zeta_i = f(W_i)$, $\zeta_i = f(F_i)$, представлених рівнянням (4.6) – для ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, та на рис. 4.1 – для ставка колишньої Джутової фабрики, визначаються позначка рівня води $\zeta_{i,j}$ (м БС) та площа водної поверхні $F_{i,j}$ (м²) у водоймі наприкінці місяцю (j)

$$\zeta_{ЛК} = 34,1 + \frac{W_{ЛК}}{4300}, \quad (4.6)$$

де $\zeta_{i,j}$ – позначка рівня води ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, м БС;

$W_{ЛК}$ – об'єм наповнення ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, м³;

34,1 – проектна відмітка дна ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, м БС [16];

4300 – проектна площа водної поверхні ставка на території парку імені Ленінського комсомолу ($F_{ЛК} = const$), м² [16].

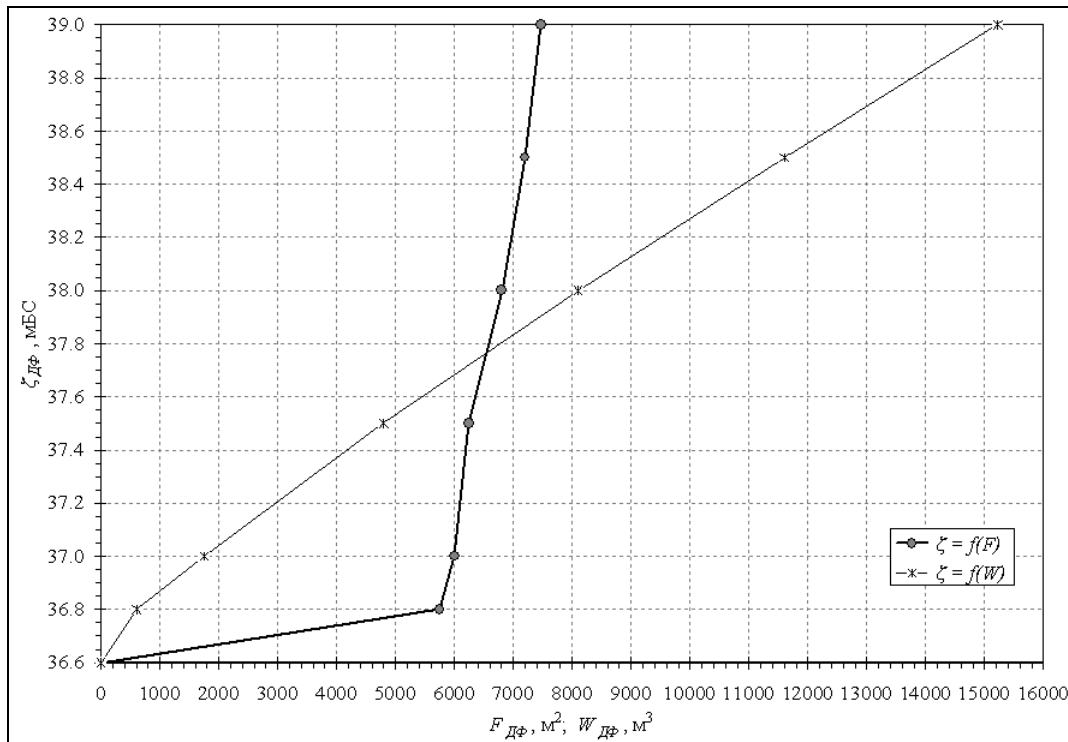


Рисунок 4.1 – Криві площ водної поверхні $\zeta_{ДФ} = f(F_{ДФ})$ та об'ємів води $\zeta_{ДФ} = f(W_{ДФ})$ ставка колишньої Джутової фабрики (проектні значення [2])

4.1 Визначення об'єму та мінералізації атмосферних опадів

Об'єм атмосферних опадів $W_{i,P,j}$, m^3 , що випадають на водну поверхню водойм за розрахунковий місяць (j), визначаються за формулою

$$W_{i,P,j} = P_{i,j} F_{i,j-1}, \quad (4.7)$$

де $P_{i,j}$ – шар атмосферних опадів за розрахунковий місяць (j), м;

$F_{i,j}$ – площа водної поверхні i -ої водойми наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця, m^2 .

Визначення мінералізації вод, що надходили на водну поверхню ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу з атмосферними опадами, виконувалася з використанням результатів вимірювань ОДЕКУ в 2013-2015 рр. (рис. 4.2 та 4.3). Відбір проб води атмосферних опадів виконувався з використанням опадоміру на метеорологічній навчально-науковій лабораторії ОДЕКУ (М. Одеса), а визначення мінералізації води атмосферних опадів – у навчальній лабораторії хімії навколишнього середовища ОДЕКУ (зав. лаб. К.О. Гриб).

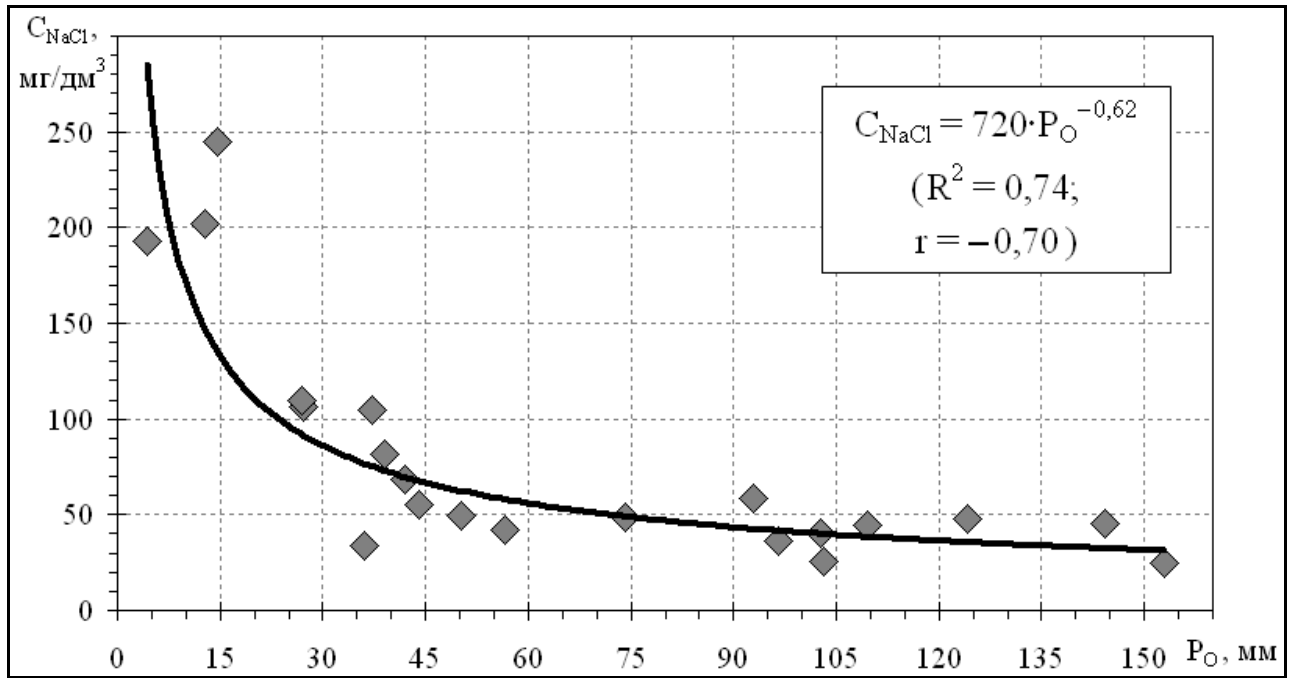


Рисунок 4.2 – Зв'язок вмісту NaCl у воді атмосферних опадів (C_{NaCl} , mg/dm^3) та їх щомісячних шарів (P_O , мм) в районі м. Одеси за періоди з березня по липень 2013 р. та з січня 2014 р. по травень 2015 р. (P_O – за даними метеостанції «Одеса-Обсерваторія» [56]; C_{NaCl} – дані ОДЕКУ [57, 58])

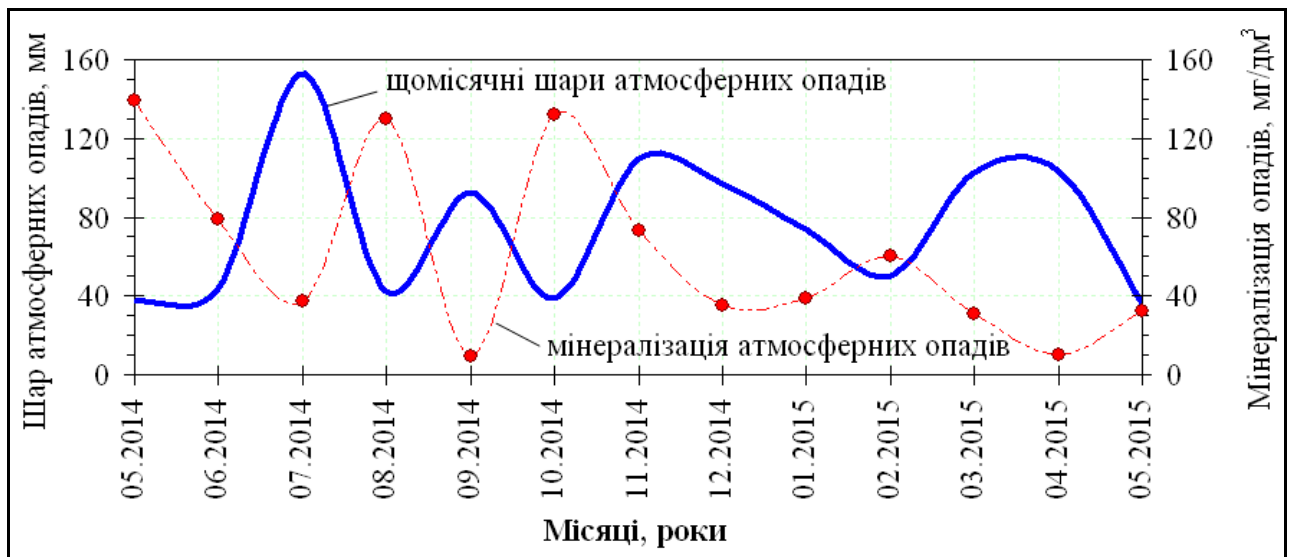


Рисунок 4.3 – Мінливість мінералізації води (ΣI , mg/dm^3) та щомісячних шарів атмосферних опадів (P_O , мм) в районі м. Одеси за період з травня 2014 р. по травень 2015 р. (P_O – за даними метеостанції «Одеса-Обсерваторія» [56]; ΣI – дані ОДЕКУ [57, 58])

З рис. 4.2 та 4.3 видно, що мінералізація води атмосферних опадів в районі м. Одеси у період з 2013 по 2015 рр. зменшується при збільшенні щомісячних шарів атмосферних опадів. Крім того, визначено, що між вмістом NaCl у воді атмосферних опадів (C_{NaCl} , мг/дм³) та їх мінералізацією (ΣI , мг/дм³) є кореляційний зв'язок, який апроксимується аналітичним рівнянням прямої: $\Sigma I = 1,63 \cdot C_{\text{NaCl}} - 15,8$ ($R^2 = 0,872$ – детермінант кореляції; $r = 0,934$ – коефіцієнт кореляції). З урахуванням цього мінералізація атмосферних опадів $S_{i,p,j}$, г/дм³, що випали на водну поверхню водойм за розрахунковий місяць (j), визначалась за наступним емпіричним рівнянням

$$S_{i,p,j} = (1173,6 P_{i,j}^{-0,62} - 15,8) / 1000. \quad (4.8)$$

4.2 Визначення об'єму та мінералізації припливних вод, що надійшли у водойм з їх водозбірних басейнів

Через відсутність офіційних даних гідрологічних спостережень (у тому числі про виміряні витрати води) на б. Джутової, щомісячні об'єми припливу води з водозбірного басейну до ставка колишньої Джутової фабрики визначено за даними робочого проекту [2], де вони були використані для розрахунку водного балансу водойми (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Об'єми припливу вод $W_{\text{ДФ,пр,}j}$, м³, з водозбірного басейну до ставка колишньої Джутової фабрики в середній за водністю рік (P=50%) [2]

| Місяць | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I | II | Рік |
|--|------|-----|-----|-----|-----|------|----|---|----|-----|-----|-----|-------------|
| $W_{\text{ДФ,пр,}j}$, м ³ | 4680 | 320 | 290 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 260 | 640 | 6410 |

Визначення об'ємів стоку (скиду) з ставка колишньої Джутової фабрики, $W_{\text{ДФ,ст,}j}$, м³, або щомісячні об'єми припливу води з водозбірного басейну до ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, $W_{\text{ЛК,пр,}j}$, м³, визначались наступним чином:

$$\left. \begin{array}{l} \text{- якщо } W_{\text{ДФ,}j-1} + W_{\text{ДФ,р,}j} + W_{\text{ДФ,пр,}j} - W_{\text{ДФ,е,}j} > 15220, \text{ то} \\ W_{\text{ДФ,ст,}j} = W_{\text{ЛК,пр,}j} = (W_{\text{ДФ,}j-1} + W_{\text{ДФ,р,}j} + W_{\text{ДФ,пр,}j} - W_{\text{ДФ,е,}j}) - 15220, \\ \text{- інакше } W_{\text{ДФ,ст,}j} = W_{\text{ЛК,пр,}j} = 0, \end{array} \right\} (4.9)$$

де 15220 – об'єм ставка колишньої Джутової фабрики при НІР (проектне значення) [2], м³.

Мінералізація припливних вод з водозбірного басейну до ставка колишньої Джутової фабрики приймалась за даними вимірювань ОДЕКУ станом на 07.11.2015 р. в середньому рівною $0,5 \text{ г/дм}^3$.

Мінералізація припливних з водозбірного басейну до ставка на території парку імені Ленінського комсомолу визначалась за формулою

$$S_{ЛК, np, j} = S_{ДФ, см, j} = \frac{C_{ДФ, j-1} + C_{ДФ, P, j} + C_{ДФ, np, j}}{W_{ДФ, j-1} + W_{ДФ, P, j} + W_{ДФ, np, j} - W_{ДФ, E, j}}. \quad (4.10)$$

4.3 Визначення випаровування з водної поверхні водойм

Випаровування з водної поверхні є однією з найважливіших складових витратної частини водного балансу водойм. Вирішальне значення ця складова має для водойм аридної зони (у тому числі, розташованих на території північно-західного Причорномор'я), де шар води, яка випарилася за рік перевищує шар атмосферних опадів, що випали на водну поверхню водойм.

З урахуванням того, що випаровування з водної поверхні ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу ніколи не вимірювалось [2, 59], його кількісна оцінка є однією з актуальних задач, вирішення якої необхідно для моделювання водно-сольового балансу цих водойм [35, 60, 61].

До кінця ХХ ст. оцінити випаровування з водної поверхні в районі цих водойм було можливе лише з використанням декількох наукових публікацій [35, 59-64], у яких представлені загальні дані про випаровування з поверхні водойм північно-західного Причорномор'я.

Перші узагальнені дані про норми, внутрішньорічний розподіл, максимальні та мінімальні величини випаровування з поверхні водойм на території північно-західного Причорномор'я і методи їх розрахунку в теплий сезон року (з квітня по жовтень) опубліковані в роботах М.С. Каганера [59, 64].

В роботі [59] М.С. Каганером встановлено, що на м./ст. «Болград» випаровування з поверхні випарного басейну (площа 20 м^2 , глибина 2 м), який був прийнятий в СРСР в якості водойми-еталону [59, 65], в середньому за теплий сезон з 1953 по 1966 рр. становило 800 мм . Найбільший шар випаровування дорівнював 860 мм , найменший – 693 мм . Впродовж теплого сезону шар випаровування за місяць поступово збільшувався з 62 мм – у квітні, до 165 мм – в липні, а потім зменшувався до 62 мм – в жовтні.

На м./ст. «порт-Одеса», яка знаходиться ближче до ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу ніж м./ст. «Болград», середній шар випаровування з водної поверхні за теплий сезон дорівнював 936 мм , найбільший – 1067 мм , найменший – 828 мм [60]. Впродовж теплого сезону року шар випаровування за місяць поступово збільшувався з 88 мм – у квітні, до 194 мм – в липні, а потім зменшувався до 65 мм – у жовтні. Нажаль, на м./ст. «порт-Одеса» випарного басейну не

встановлено, тому дані про шари випаровування з водної поверхні, які вимірювались на цій метеостанції наземним випаровувачем ГГИ-3000 (площа $0,3 \text{ м}^2$, глибина $0,65 \text{ м}$), завищені відносно фактичних шарів випаровування з водної поверхні реальних водойм. Це підтверджується даними м./ст. «Болград», де випаровування з водної поверхні вимірювалось як з використанням еталонного випаровувального басейну, так і наземного випаровувача ГГИ-3000 [59, 61]. За цими даними визначено, що річний шар випаровування з водної поверхні, виміряний ГГИ-3000 на м./ст. «Болград» за період з 1953 по 1966 рр. становить 1031 мм , тобто перевищував шар випаровування з поверхні випаровувального басейну на 231 мм . Також встановлено, що максимальний шар випаровування з водної поверхні, виміряний ГГИ-3000, становить 213 мм і спостерігається не в липні, а в серпні. Загалом, шари випаровування за місяць, виміряні з водної поверхні ГГИ-3000, перевищують фактичні величини випаровування в середньому на 33 мм і змінюються від 17 до 53 мм .

В період з 2009 по 2013 рр. дослідженнями випаровування з водної поверхні водойм на території північно-західного Причорномор'я активно займалися фахівці ОДЕКУ [61]. Результати цих досліджень увійшли в опубліковані в 2012 та 2014 рр. монографії [35, 60]. Для оцінки випаровування в цих роботах були використані дані вимірювань шарів випаровування з водної поверхні випарного басейну на м./ст. «Болград». З використанням цих даних встановлено, що за період з 1960 по 2010 рр. річне значення випаровування з водної поверхні в середньому дорівнює 777 мм [60].

Найбільший шар випаровування на м./ст. «Болград» становить 1151 мм (1972 р.), найменший – дорівнює 645 мм (1978 р.). В середньому за період з 1960 по 2010 рр. в продовж року середнє місячне випаровування збільшувалося з 43 мм – в березні до 152 мм – в липні, а потім поступово зменшувалося до 10 мм – в грудні [60].

Об'єми випаровування $W_{E,j,i}$ розраховувалися наступним чином:

$$W_{i,E,j} = E_{i,j} F_{i,j-1}, \quad (4.11)$$

де $E_{i,j}$ – шар випаровування з водної поверхні i -ої водойми за розрахунковий місяць (j), м;

$F_{i,j-1}$ – площа водної поверхні i -ої водойми наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця, м^2 .

У зв'язку з тим, що випаровування з водної поверхні ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу не вимірюється, шар випареної за місяць води можна визначити з використанням: а) середніх багаторічних шарів випаровування (рис. 4.4), визначених за даними м./ст. «Болград» (рис. 4.5); б) встановлених в інших наукових роботах, присвячених цій тематиці, зв'язків між випаровуванням і температурою повітря; в) вдосконалених методів визначення шарів випаровування, на основі даних про температуру та відносну вологість повітря [35, 60, 61].

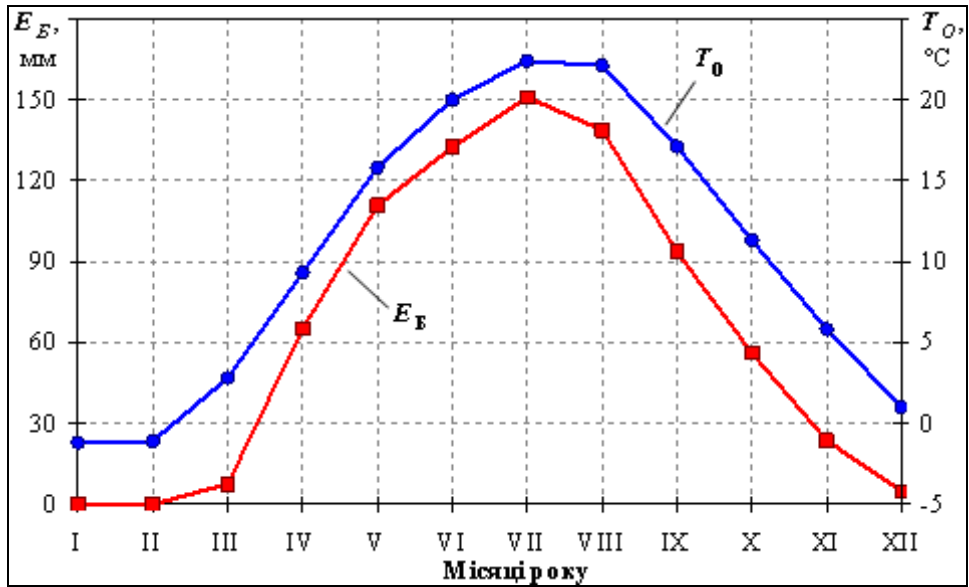


Рисунок 4.4 – Внутрішньорічний розподіл величин випаровування з водної поверхні за місяць E_B , мм, на м./ст. «Болград» та середньомісячних температур повітря T_0 , °C, на м./ст. «порт-Одеса» [35, 60]

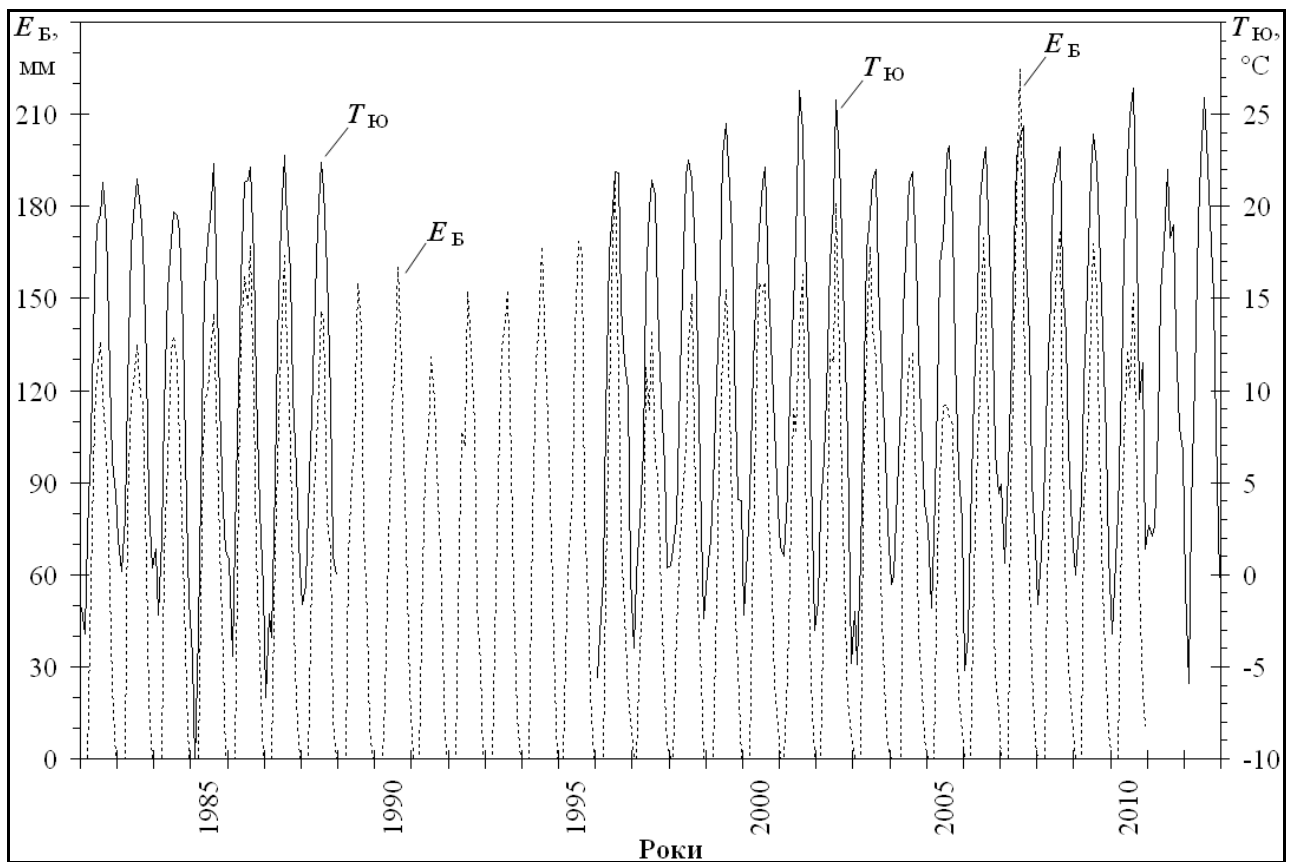


Рисунок 4.5 – Мінливість виміряних за місяць величин випаровування з водної поверхні E_B (мм) на м./ст. «Болград» та середньомісячних температур повітря $T_{Ю}$, °C, на м./ст. «порт-Южний» [35, 61]

Ці метеостанції знаходяться в практично однакових погодних умовах, що видно, наприклад, з графіку зв'язку між середньомісячними температурами повітря (рис. 4.6), де вони знаходяться на лінії рівних значень.

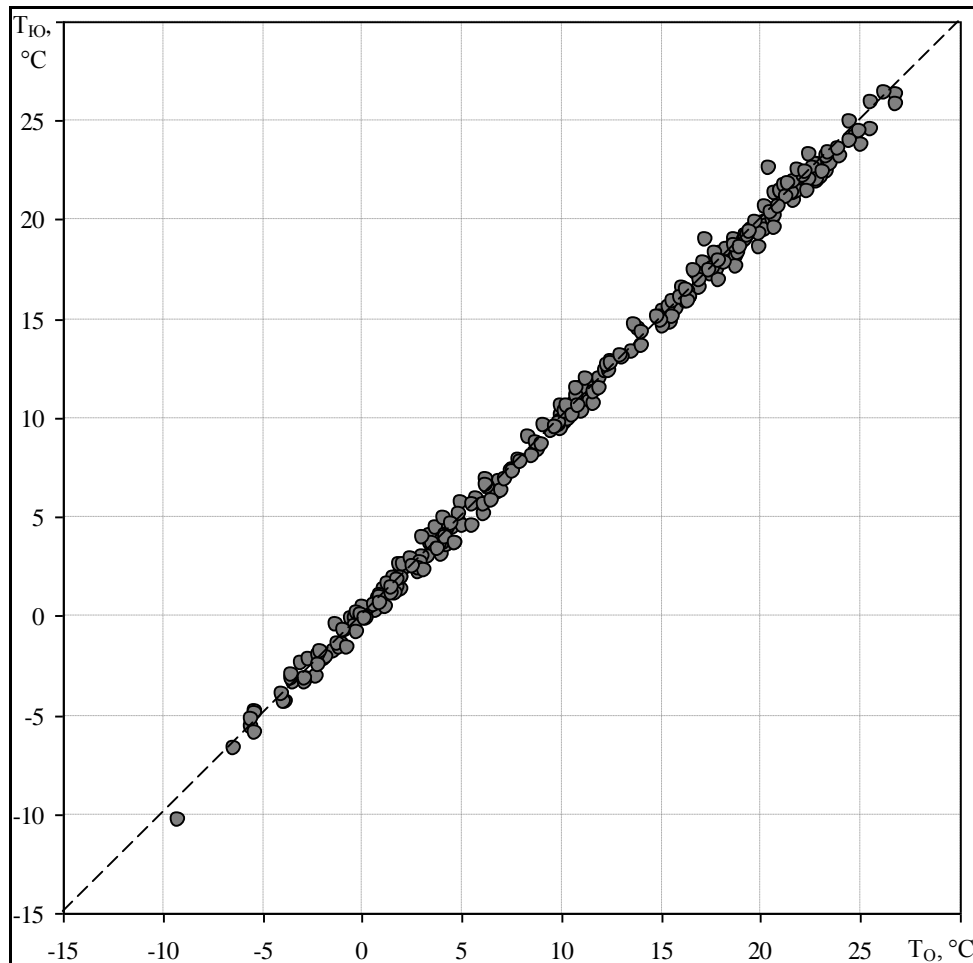


Рисунок 4.6 – Зв'язок середніх температур повітря на метеостанціях «порт-Южний» $T_{Ю}$ та «порт-Одеса» $T_{О}$, °C, за період з 1982 по 2013 рр. [61]:
 - - - – лінія рівних значень

Отриманий зв'язок (рис. 4.6) дозволяє використовувати температури повітря, виміряні на будь-якій метеостанції, для визначення випаровування з водної поверхні ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, з застосуванням зв'язку між середніми багаторічними значеннями температурами повітря та випаровуванням з водної поверхні (рис. 4.7) [60, 61].

Для підвищення точності визначення випаровування з поверхні Тилігульського лиману, в роботах [35, 61] пропонується використовувати зв'язок щомісячних шарів випаровування з середньомісячними температурами та значеннями відносної вологості повітря, який встановлено за даними м./ст. «Болград» (рис. 4.8) за період з листопада 2005 р. по грудень 2010 р.

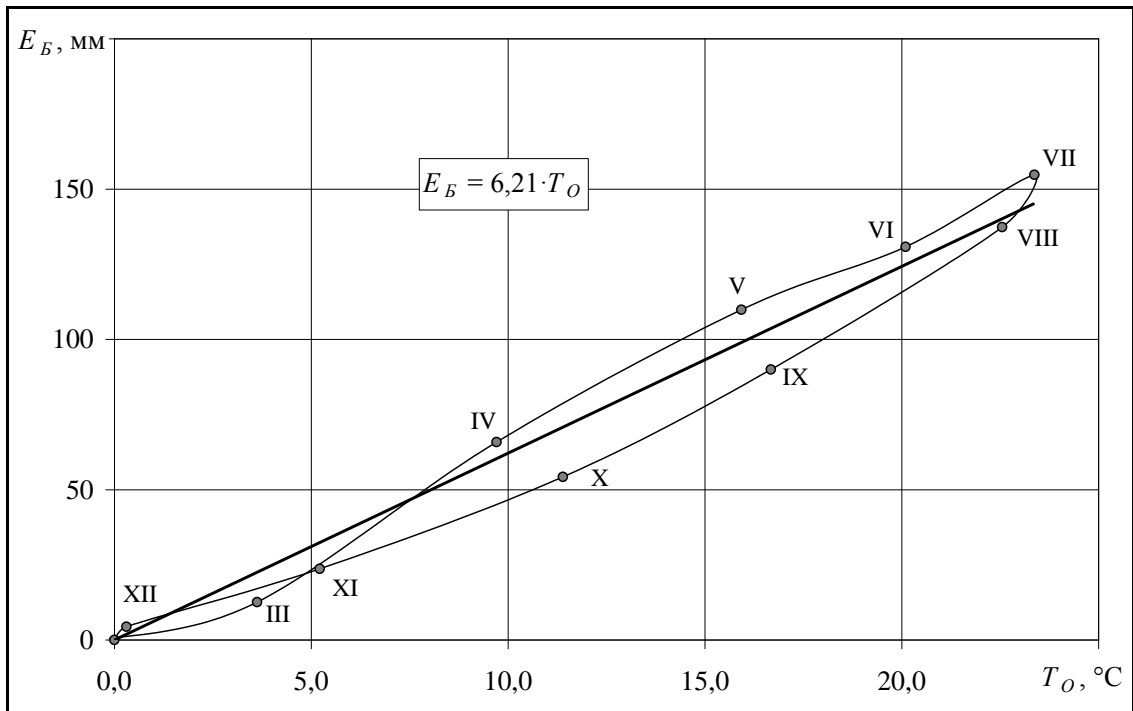


Рисунок 4.7 – Зв'язок середньомісячних температур повітря T_O , °C, на м./ст. «порт-Одеса» та середніх багаторічних значень випаровування E_B , мм, на м./ст. «Болград», за період з 1960 по 2007 рр. (римські цифри – місяці року) [60, 61]

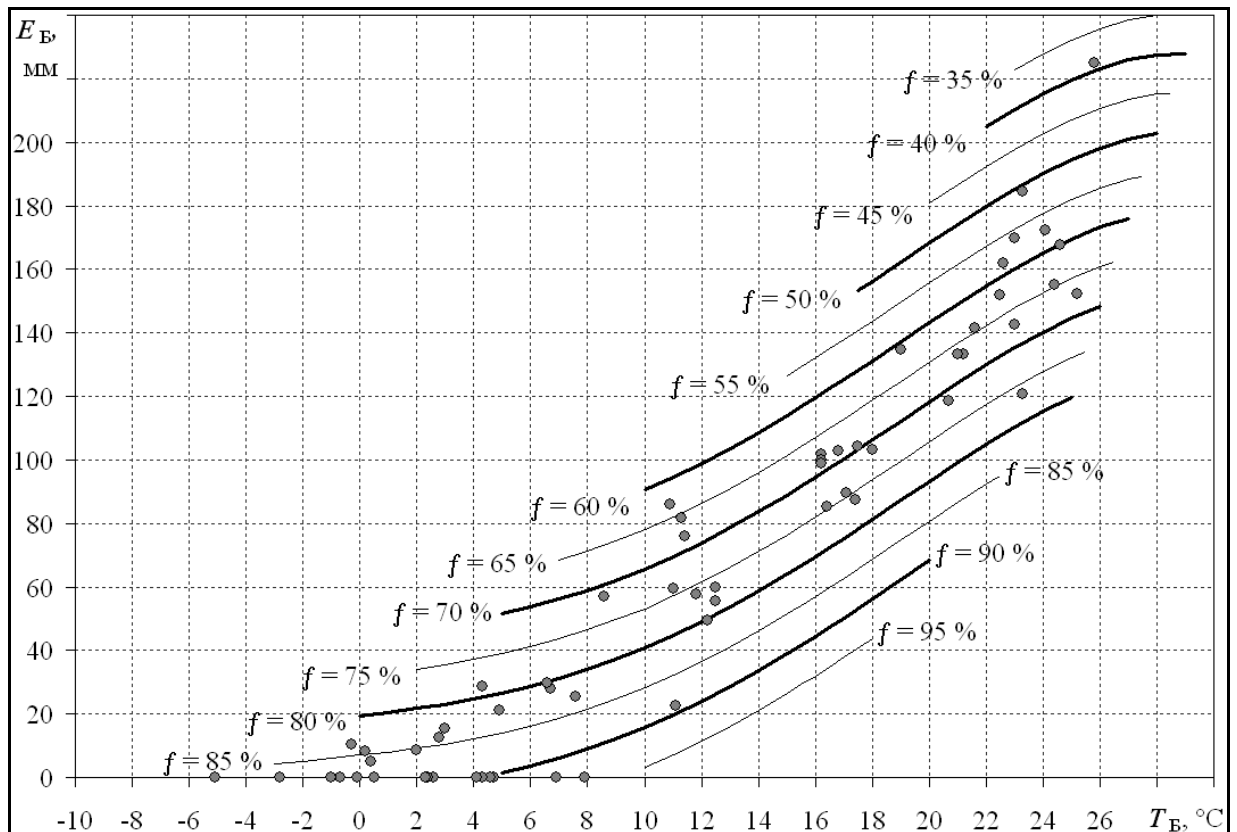


Рисунок 4.8 – Зв'язок випаровування з водної поверхні E_B , мм, з середньомісячними температурами повітря T_B , °C, та відносною вологістю повітря f_B , % (підписи поблизу ліній), за даними м./ст. «Болград» [35, 61]

Зв'язок випаровування з водної поверхні з середньомісячними значеннями температури і відносної вологості повітря встановлено ще в 1948 р. М.М. Івановим [64, 66], а в 1968 р. О.Р. Константиновим в монографії [65] рекомендовані подібні зв'язки, як найбільш зручні для практичного використання при визначенні випаровування з водної поверхні, оскільки не потребують введення додаткових поправок.

З рис. 4.5 та 4.8 видно, що при збільшенні температури та зменшенні відносної вологості повітря шар випаровування збільшується, а при зменшенні температури та збільшенні відносної вологості повітря – зменшується. У зимово-весняний сезон року (з грудня по березень) шар випареної за місяць води дорівнює 0 мм. Це пояснюється тим, що в ці місяці на поверхні випарного басейну був льодовий покрив, сформований при від'ємних температурах повітря. Отже можна прийняти, що шар випаровування з поверхні води з грудня по березень дорівнює нулю.

5 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ВОДОЙМ В УМОВАХ МАЙБУТНЬОГО КЛІМАТУ (ДО 2040 РОКУ)

В даному розділі приведені результати моделювання водно-сольового балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах глобальних кліматичних змін для періоду 2016-2040 рр. Оцінка мінливості рівнів і мінералізації води та об'ємів стоку з ставків виконувалася при різних варіантах початкових значень (станом на 01.01.2016 р.) рівнів ($H_{i,1}$, м БС), об'ємів ($W_{i,1}$, м³) та мінералізації ($S_{i,1}$, г/дм³) води у водоймах. Моделювання багаторічної мінливості рівнів і мінералізації води в майбутньому виконувалося на основі моделі водно-сольового балансу (див. розділ 4) за даними найбільш реалістичного сценарію змін «помірного» клімату A1B (див. розділ 3), реалізованого в регіональній кліматичній моделі REMO (сценарій M10) проекту ENSEMBLES [55, 67].

5.1 Вихідні даних для моделювання водно-сольового балансу водойм

Визначення шарів атмосферних опадів та випаровування з водної поверхні ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах майбутнього клімату (2016-2040 рр.) виконувалося за даними вузла модельної сітки, розташованого поблизу південно-східної межі м. Одеси.

Мінливість середньомісячних значень температури та відносної вологості повітря в умовах майбутнього показані, відповідно, на рис. 5.1 та 5.2.

Мінливість розрахованих шарів випаровування з водної поверхні, визначених з використанням зв'язку середньомісячних значень температури та відносної вологості повітря з випаровуванням з водної поверхні (рис. 4.8), та атмосферних опадів показані на рис. 5.3.

Мінералізація вод атмосферних опадів визначалась за рівнянням (4.8).

Об'єми припливу води з водозбірного басейну до ставка колишньої Джутової фабрики (табл. 4.1) прийнято з робочого проекту [2], де вони були використані для розрахунку водного балансу водойми при проектних значеннях кривих об'ємів та площ водної поверхні ставка (рис. 4.1).

Об'єми поверхневого припливу вод до ставка на території парку імені Ленінського комсомолу приймалися рівними об'ємам стоку з ставка колишньої Джутової фабрики, які визначались за формулою (4.9).

Мінералізація припливних вод з водозбірного басейну до ставка колишньої Джутової фабрики прийнята для усіх місяців року рівною 0,5 г/дм³.

Мінералізація припливних вод з водозбірного басейну до ставка на території парку імені Ленінського комсомолу визначалась за формулою (4.10).

Варіанти початкових значень рівня та мінералізації води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу представлені нижче (див. пп. 5.2).

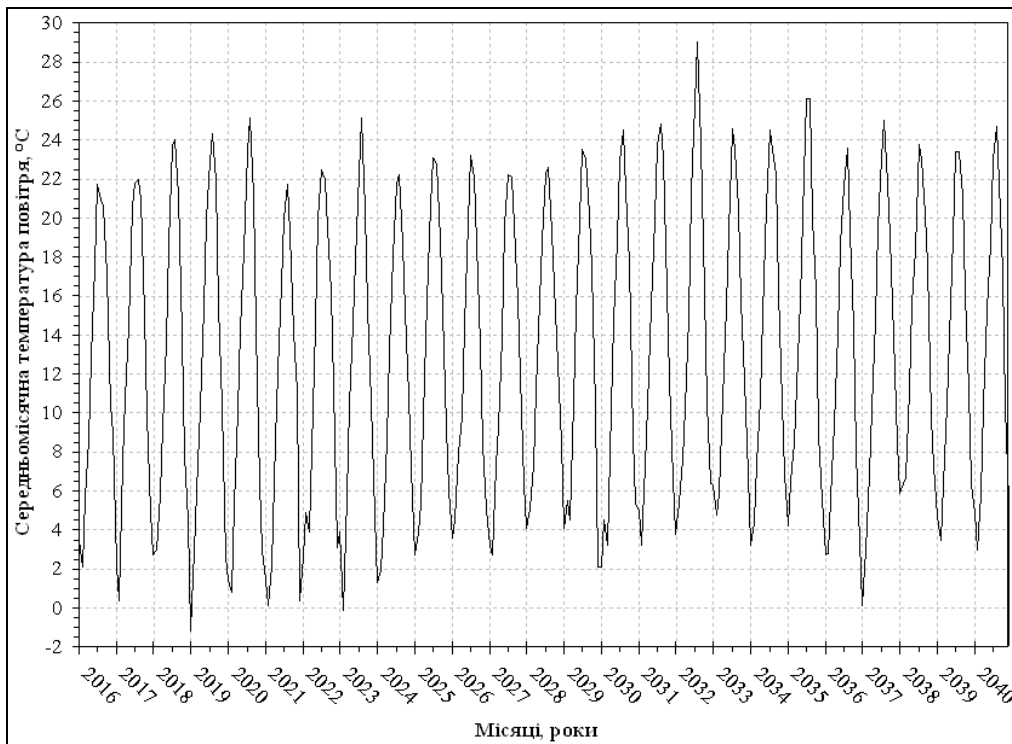


Рисунок 5.1 – Мінливість середньомісячних температур повітря в районі ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса), визначених за сценарієм А1В для модельного періоду з 2016 по 2040 рр.

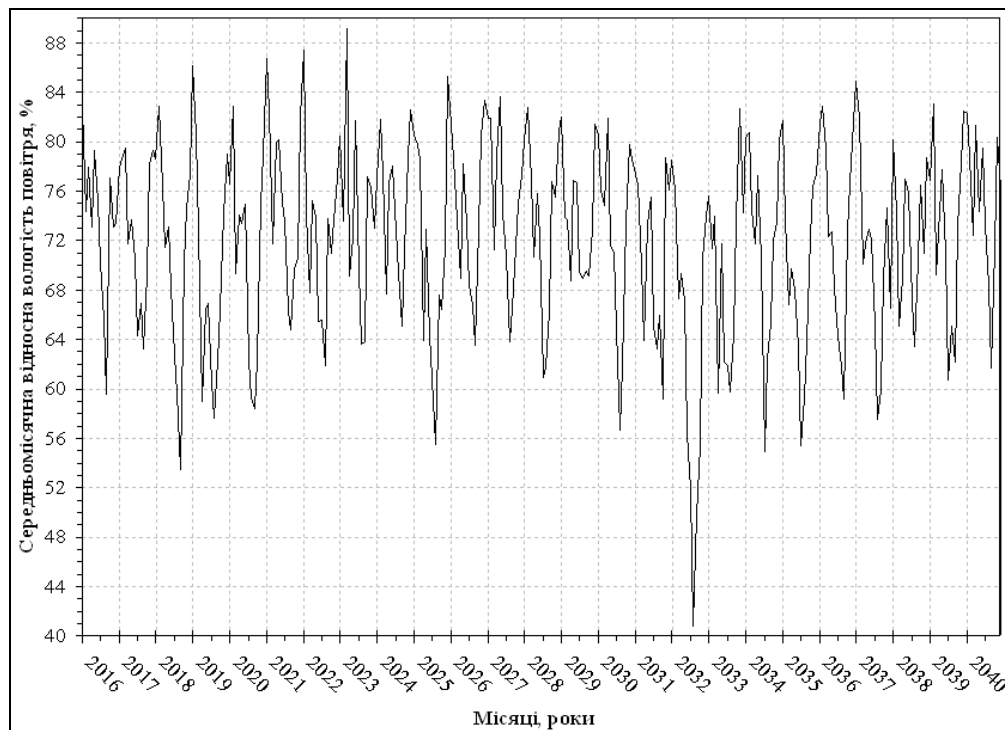


Рисунок 5.2 – Мінливість середньомісячних значень відносної вологості повітря в районі ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса), визначених за сценарієм А1В для модельного періоду з 2016 по 2040 рр.

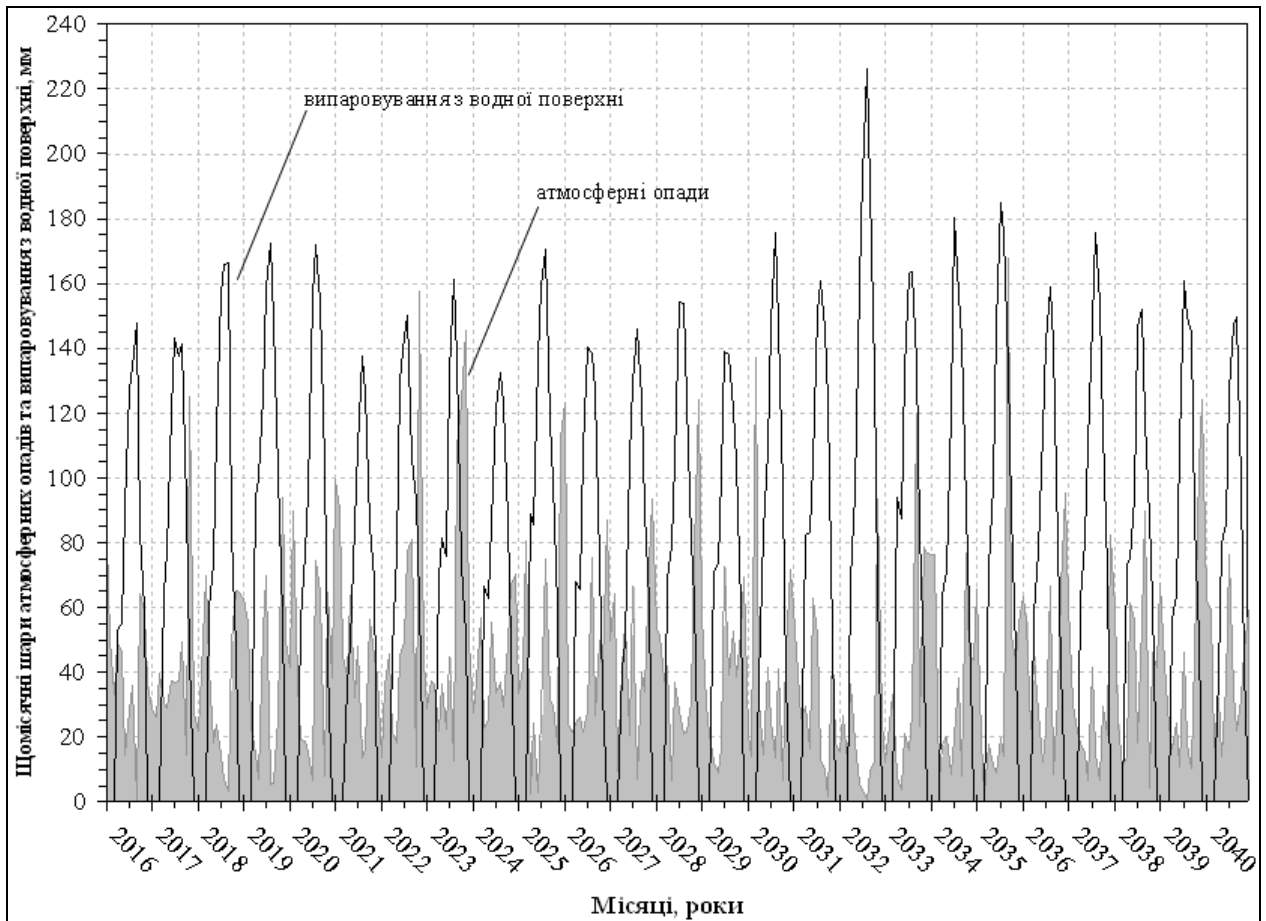


Рисунок 5.3 – Мінливість щомісячних шарів атмосферних опадів та випаровування з водної поверхні в районі ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (м. Одеса), визначених за сценарієм А1В для модельного періоду з 2016 по 2040 рр.

5.2 Результати моделювання водно-сольового балансу водойм в умовах майбутнього клімату за сценарієм А1В (до 2040 року)

Розрахунки водно-сольового балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах майбутнього клімату за сценарієм А1В (до 2040 року) виконувалися при чотирьох варіантах (А, Б, В, Г) початкових значень (станом на 01.01.2016 р.) рівнів ($H_{i,1}$, м БС), об'ємів ($W_{i,1}$, м³) та мінералізації ($S_{i,1}$, г/дм³) води у водоймах:

– **варіант А:** $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³;

– **варіант Б:** $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³;

– **варіант В:** $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³;

– **варіант Г:** $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³.

Результати розрахунків рівнів і мінералізації води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в період 2016-2040 рр. в умовах майбутнього клімату (за сценарієм А1В), при різних початкових значеннях рівнів ($H_{i,1}$, м БС), об'ємів ($W_{i,1}$, м³) та мінералізації ($S_{i,1}$, г/дм³) води у водоймах, показані на рисунках: 5.4-5.6 – **варіант А**; 5.7-5.9 – **варіант Б**; 5.10-5.12 – **варіант В**; 5.13-5.15 – **варіант Г**.

З рис. 5.4 (**варіант А**) видно, що при порожніх водойма на початку розрахункового періоду (01.01.2016 р.) перші три модельних року (з 2016 по 2018 рр.) – для ставка колишньої Джутової фабрики, та перших сім модельних років (з 2016 по 2022 рр.) – для ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, рівень води не досягає позначок НПР. Крім того, у модельний період 2017-2020 рр. ставок на території парку імені Ленінського комсомолу можливо буде без води. У період з 2019 по 2040 рр. ставок колишньої Джутової фабрики щорічно буде наповнюватися водою, з мінералізацією 0,9-1,5 г/дм³ (рис. 5.5), до рівня НПР, а об'єми щомісячних скидів (стоку) води до ставка на території парку імені Ленінського комсомолу будуть дорівнювати (за виключенням 2033 р.) 2,0-10,4 тис. м³ (рис. 5.6). Треба відзначити, що в той же період (з 2019 по 2040 рр.) ставок на території парку імені Ленінського комсомолу буде завжди з водою, але в окремі періоди, наприклад, з 2032 по 2035 рр., об'єм наповнення водойми не досягатиме позначки НПР, а у 2033 р. мінімальна глибина у водоймі становитиме лише 0,4 м. Це пояснюється відсутністю припливу води з ставка колишньої Джутової фабрики у 2033 р., найменшою за період 2016-2040 рр. кількістю опадів у 2032 р. (260 мм), найбільшою температурою повітря (до 29 °С – у 2032 р.) і найменшою за цей же період відносною вологістю повітря (всього 40% – у 2032 р.) та, як наслідок, найбільшим шаром випаровування з водної поверхні у 2032 р. (1131,4 мм).

З порівняння результатів модельних розрахунків, коли порожнім на початку розрахункового періоду (01.01.2016 р.) є лише один з двох ставок, а інший є наповненим до рівня НПР (рис. 5.7-5.9 – **варіант Б**, порожнім є ставок на території парку імені Ленінського комсомолу, рис. 5.10-5.12 – **варіант В**, порожнім є ставок колишньої Джутової фабрики), видно, що впродовж всього модельного періоду з 2016 по 2040 рр. ставки завжди наповнені водою. Однак, у перші 1-5 років, наповнення водойм може не досягати рівня НПР, але у наступні роки мінливість об'ємів, рівнів і мінералізації води у ставках така сама як і при початкових даних **варіанту А**.

З результатів розрахунку за **варіантом Г** (рис. 5.13-5.15) видно, що всі модельні роки періоду 2016-2040 рр. водойми щорічно наповнюються до рівня НПР (за виключенням 2032-2035, 2038 рр. для ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, що пояснено при аналізі результатів розрахунків за **варіантом А**).

Таким чином, у майбутніх кліматичних умовах (за сценарієм А1В), при проектних розмірах водойм та різних початкових значеннях рівнів та об'ємів води у ставках, можна рекомендувати **варіант Б** або **варіант В**. **Варіант А** є не бажаним, тому що перші роки ставок на території парку буде майже порожнім, а **варіант Г** може ускладнити здійснення проекту реконструкції ставок.

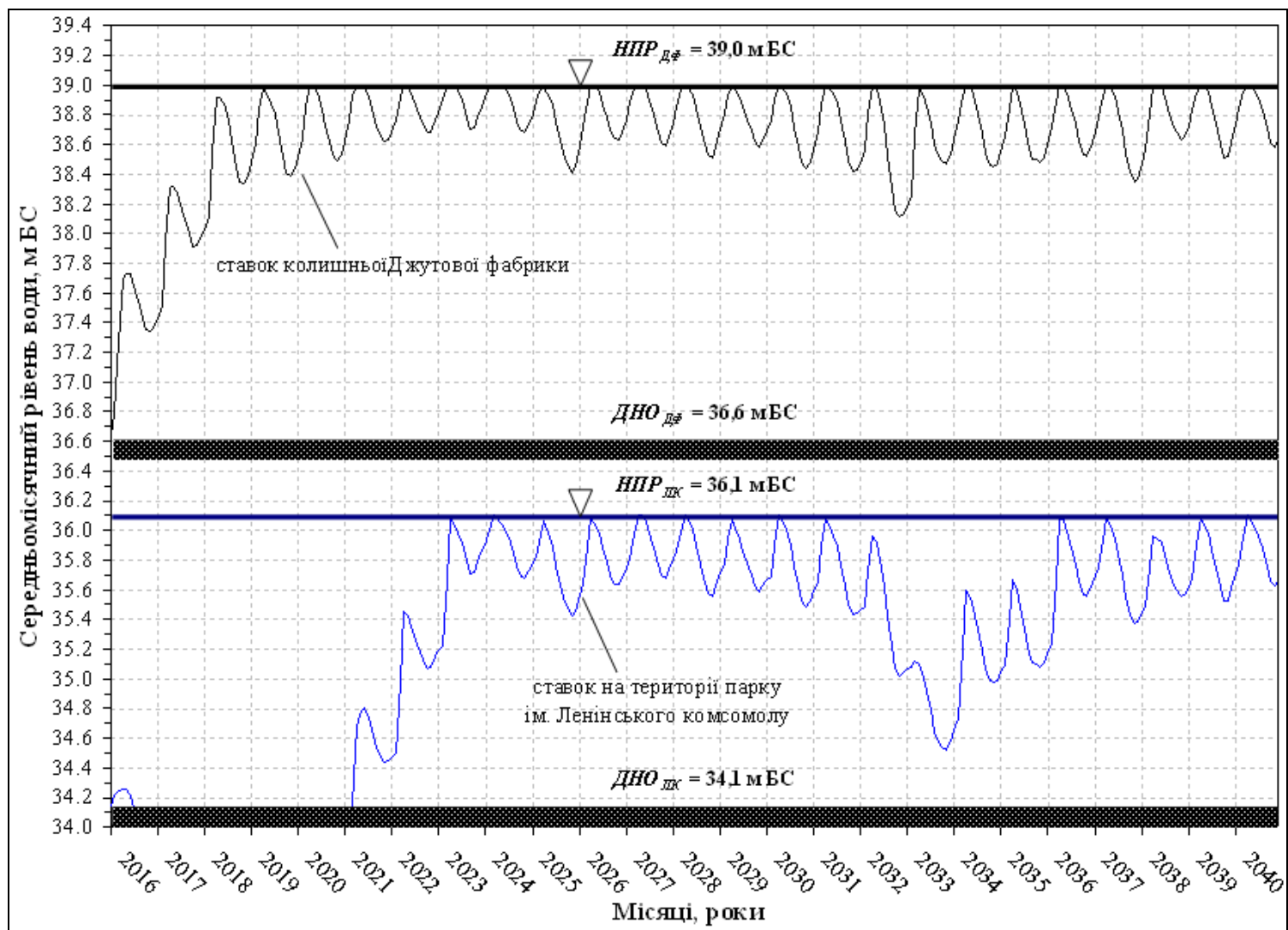


Рисунок 5.4 – Середньомісячні рівні води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант А: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³)

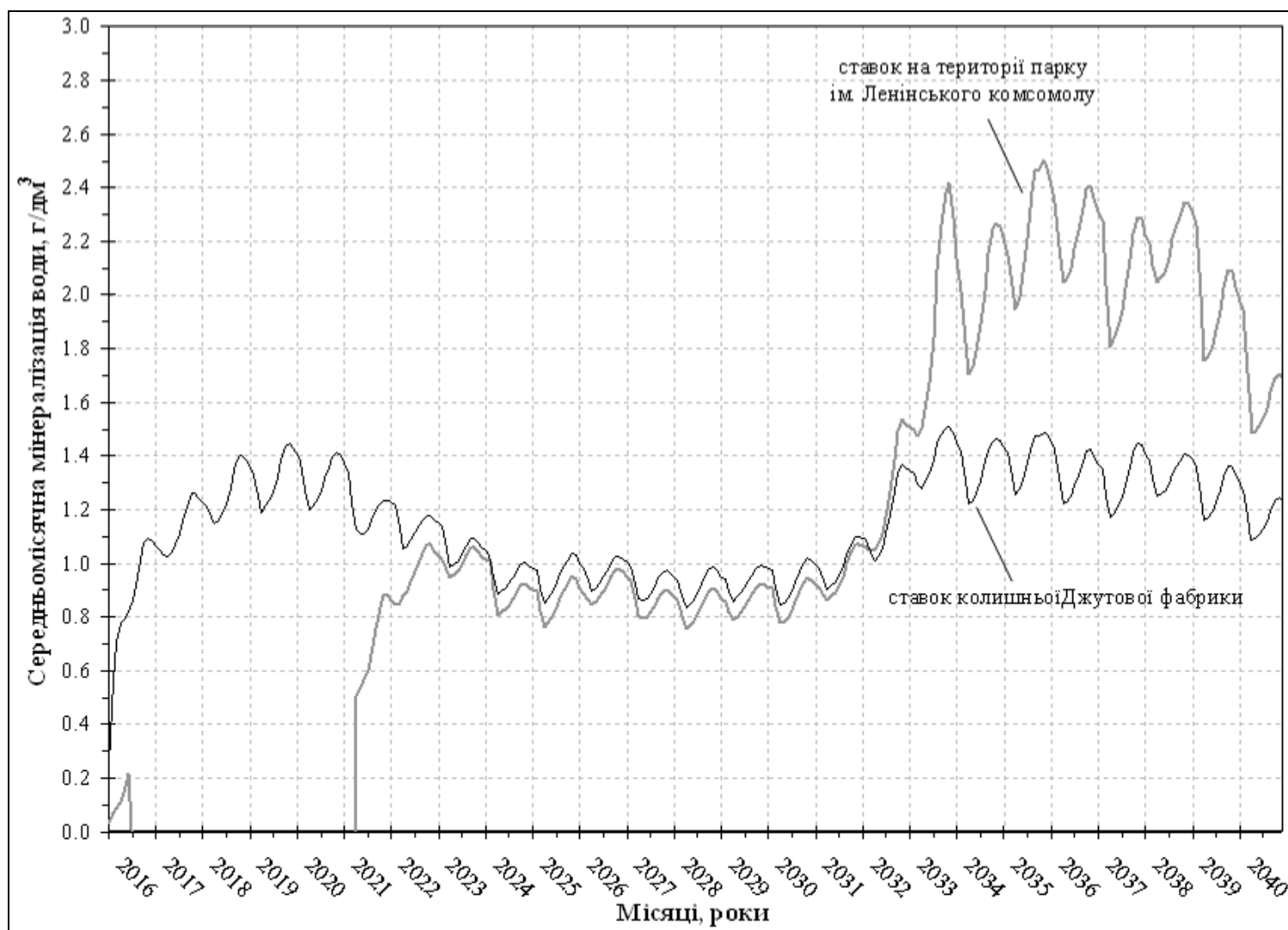


Рисунок 5.5 – Середньомісячні значення мінералізації води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант А: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³)

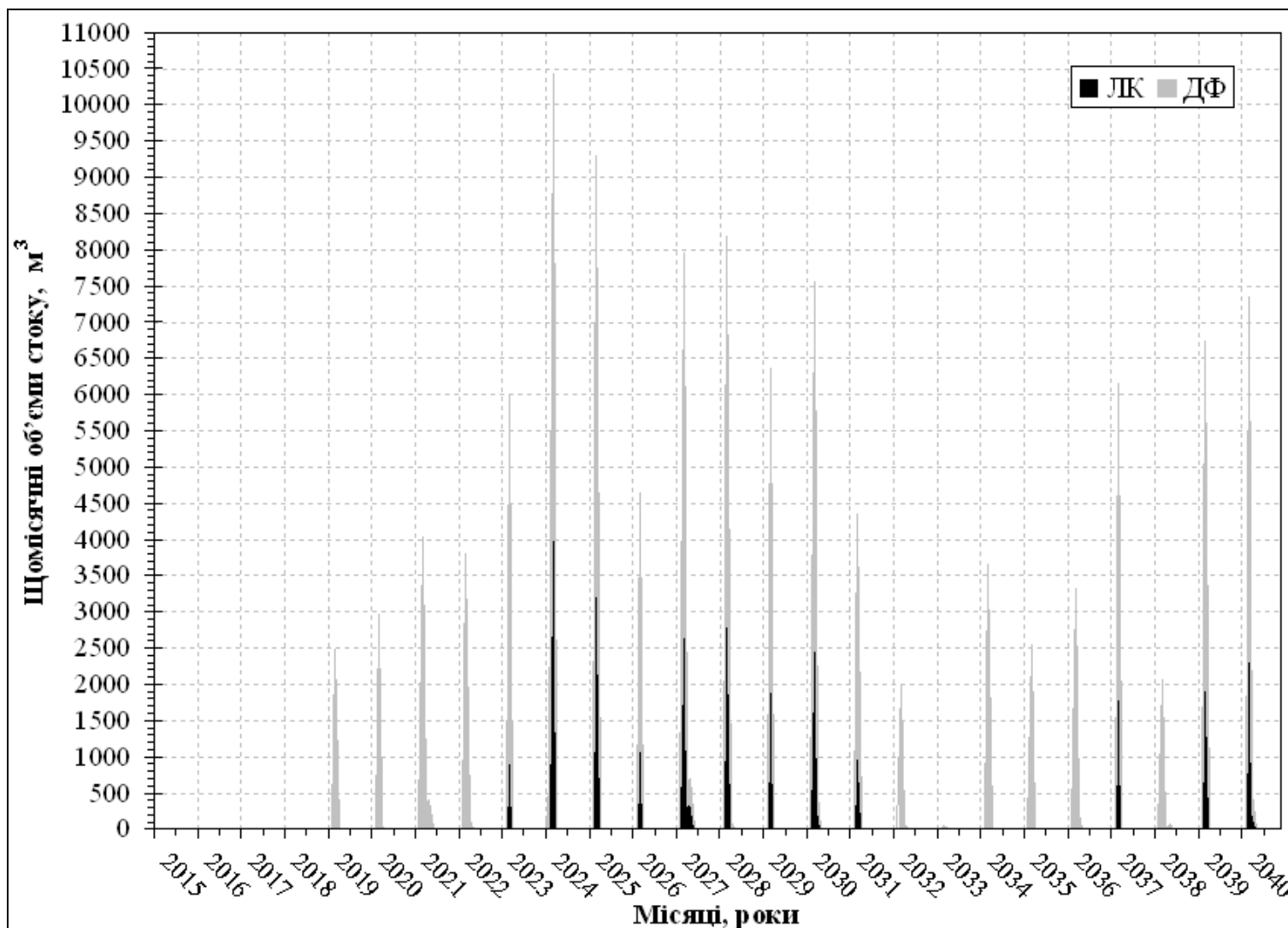


Рисунок 5.6 – Щомісячні об'єми стоку з ставка колишньої Джутової фабрики (■ ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (■ ЛК) за період з 2016 по 2040 рр. (варіант А: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³)

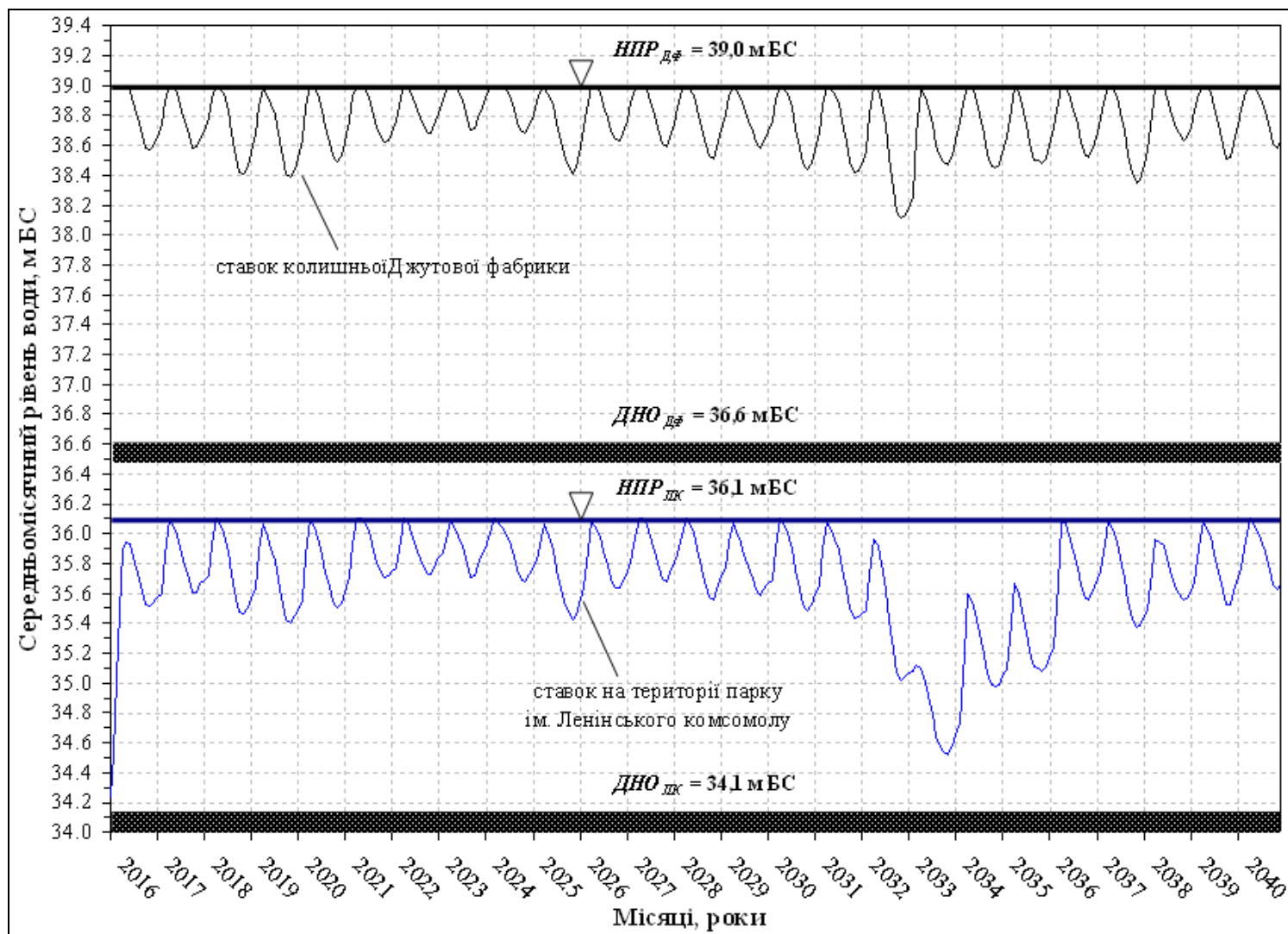


Рисунок 5.7 – Середньомісячні рівні води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (**варіант Б:** $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³)

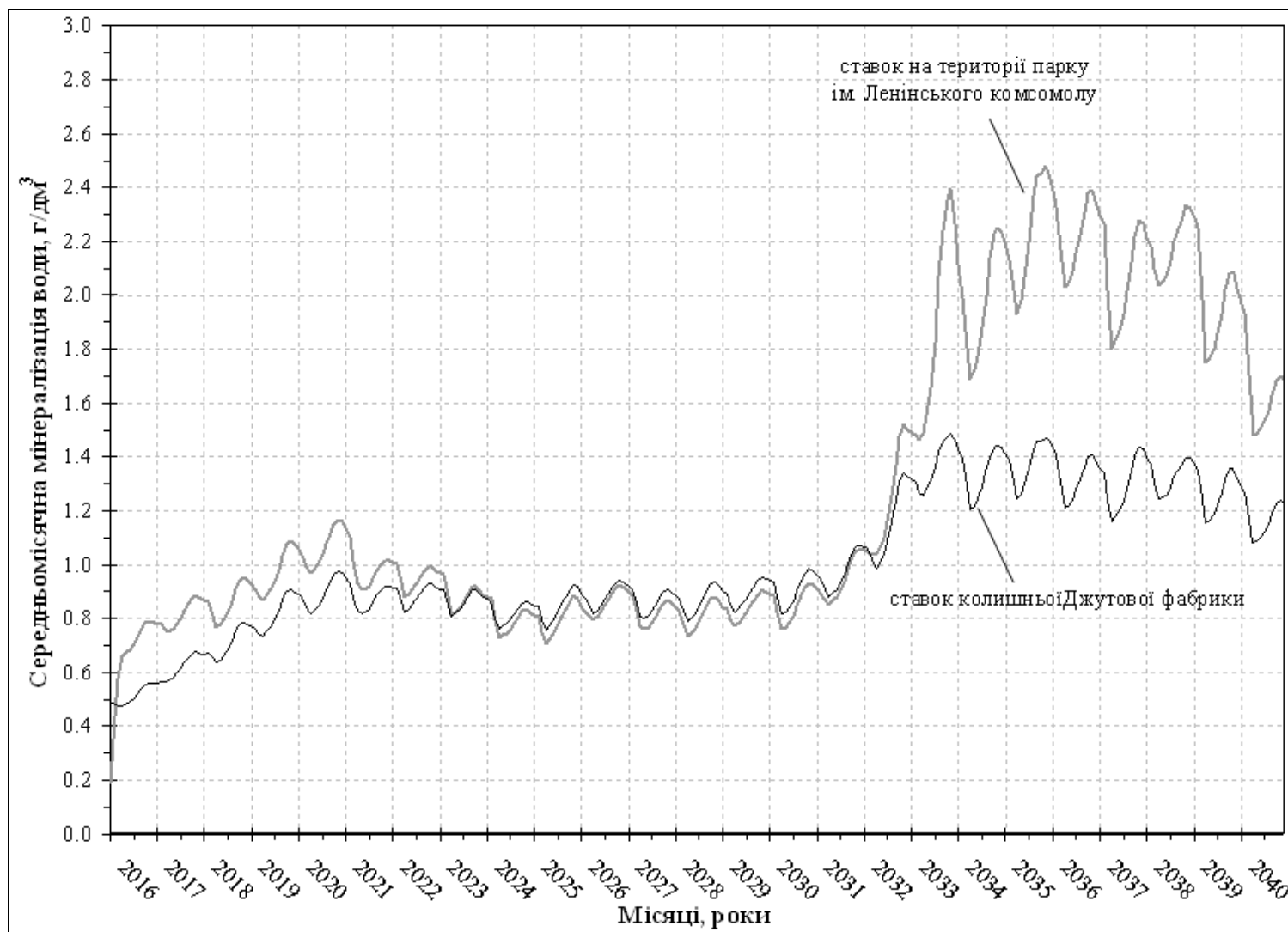


Рисунок 5.8 – Середньомісячні значення мінералізації води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант Б: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³)

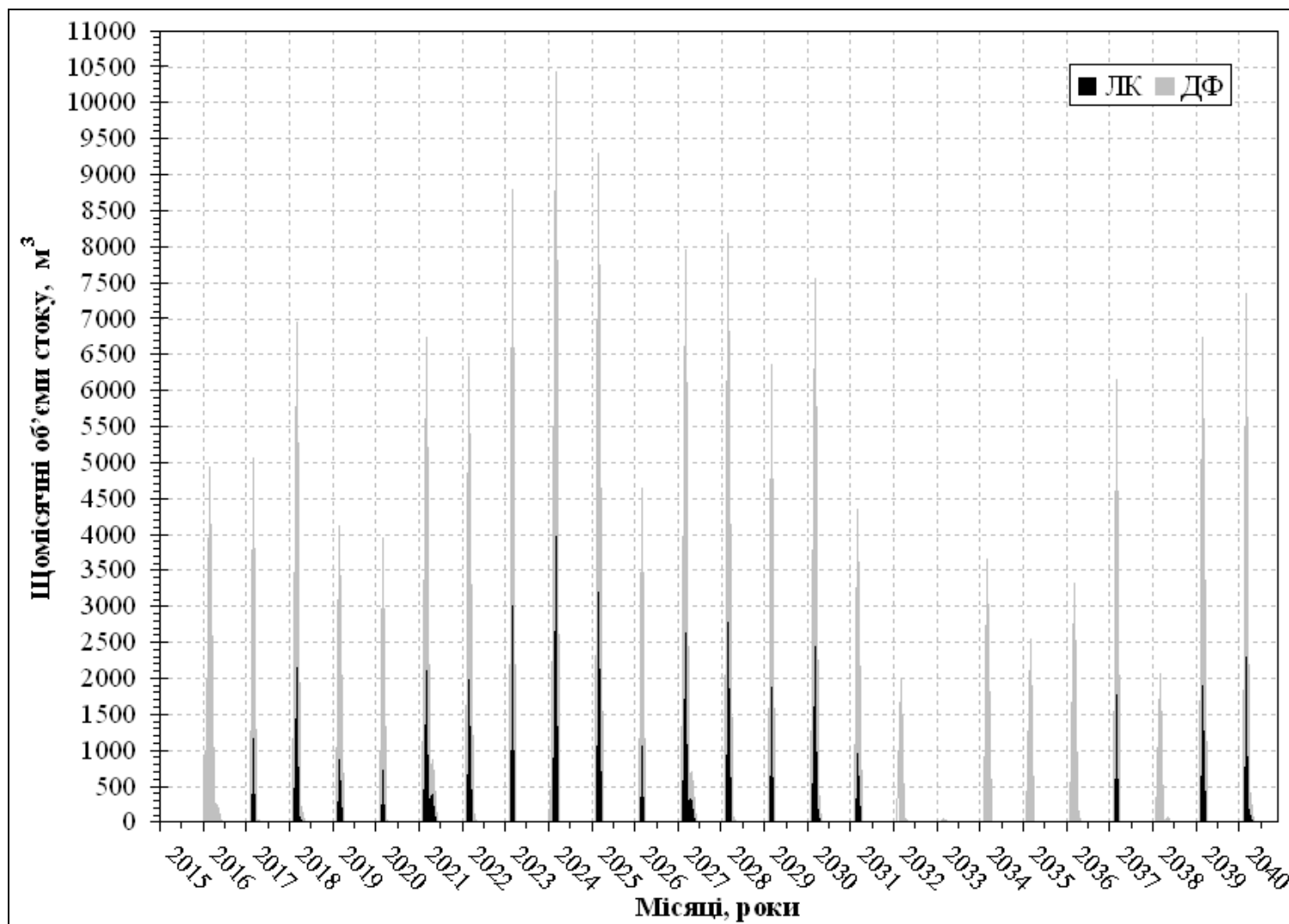


Рисунок 5.9 – Щомісячні об'єми стоку з ставка колишньої Джутової фабрики (■ ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (■ ЛК) за період з 2016 по 2040 рр. (варіант Б: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,дно} = 34,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 0$ м³)

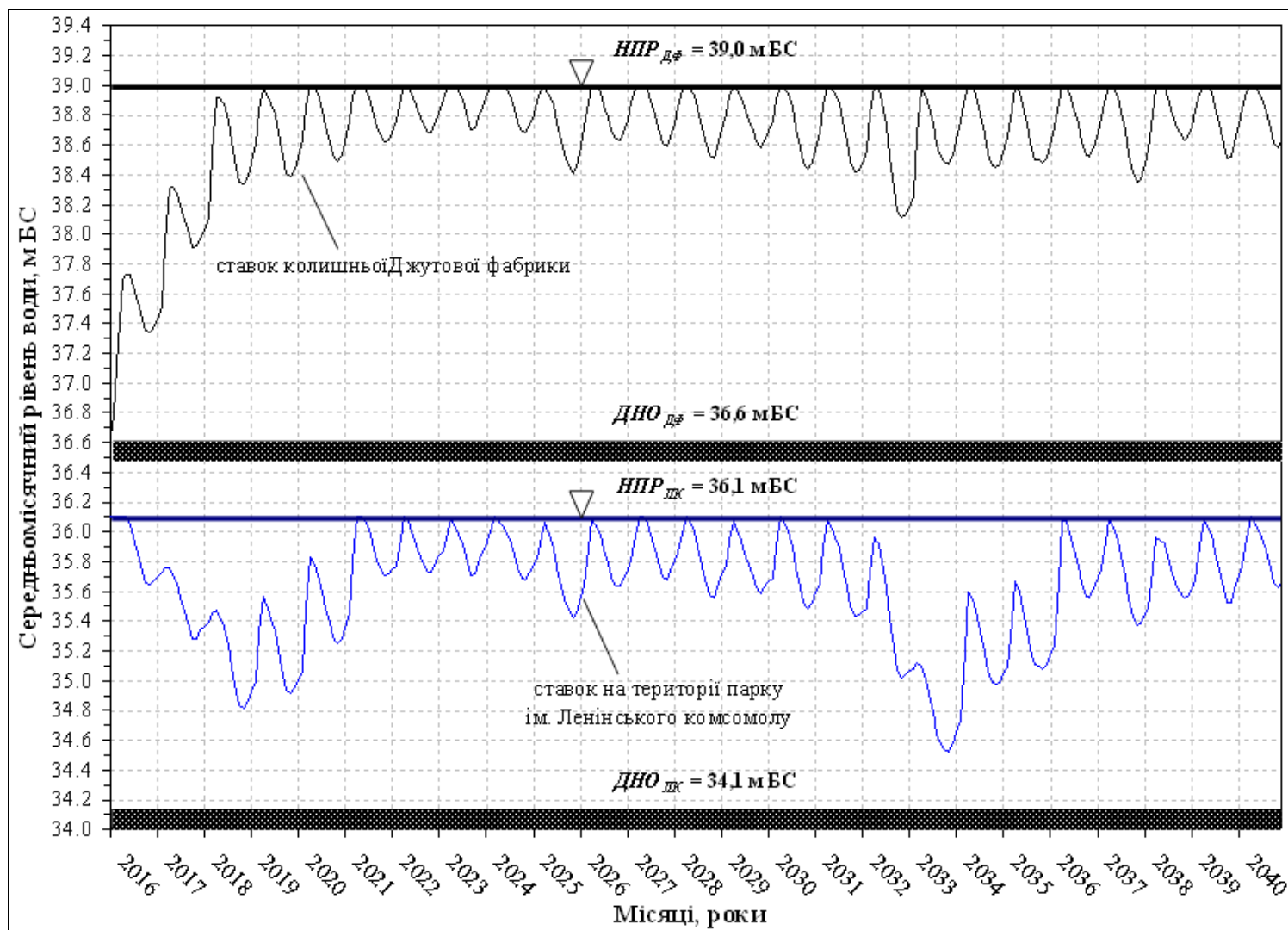


Рисунок 5.10 – Середньомісячні рівні води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант В: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³)

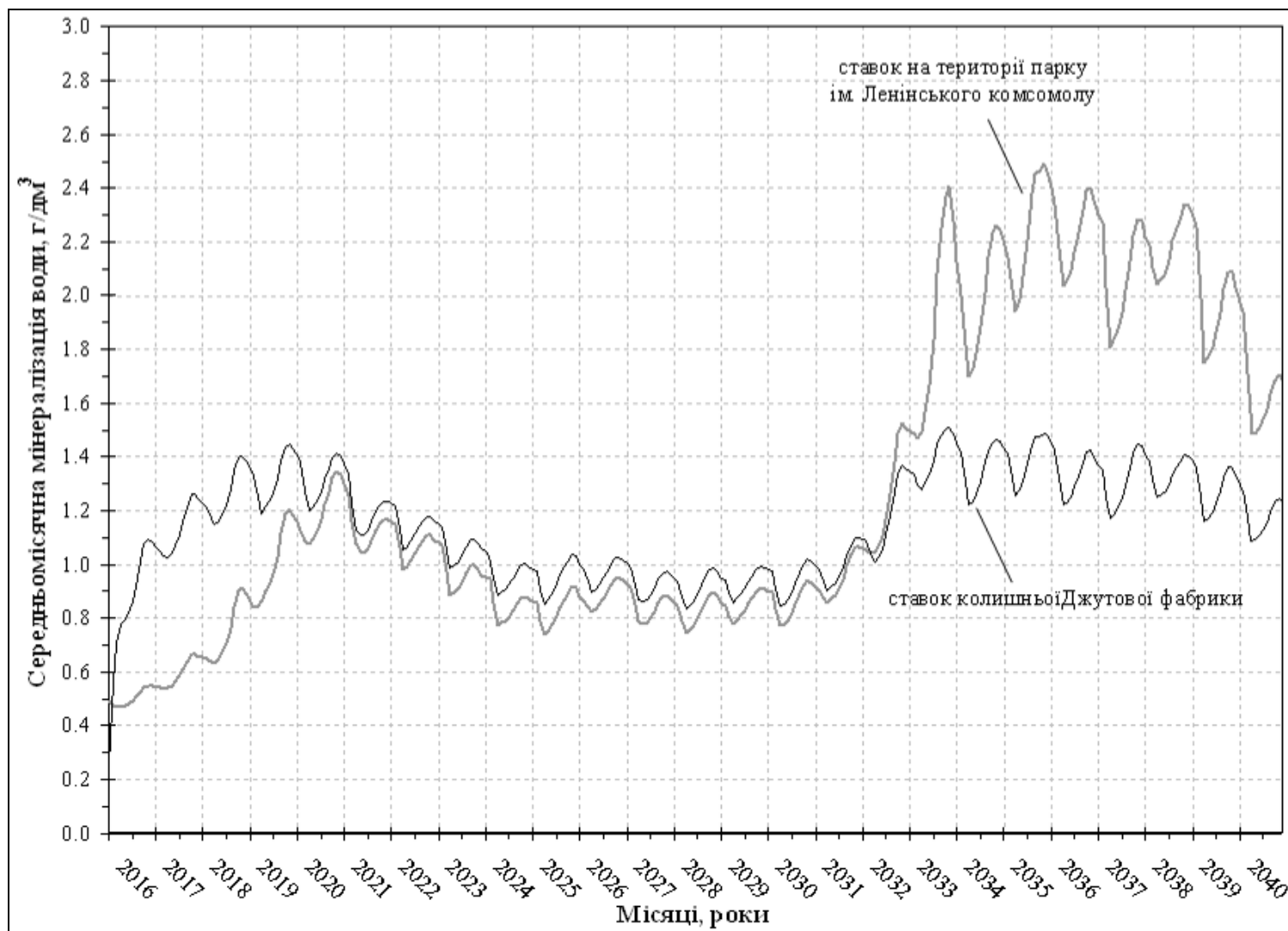


Рисунок 5.11 – Середньомісячні значення мінералізації води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант В: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,дно} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³)

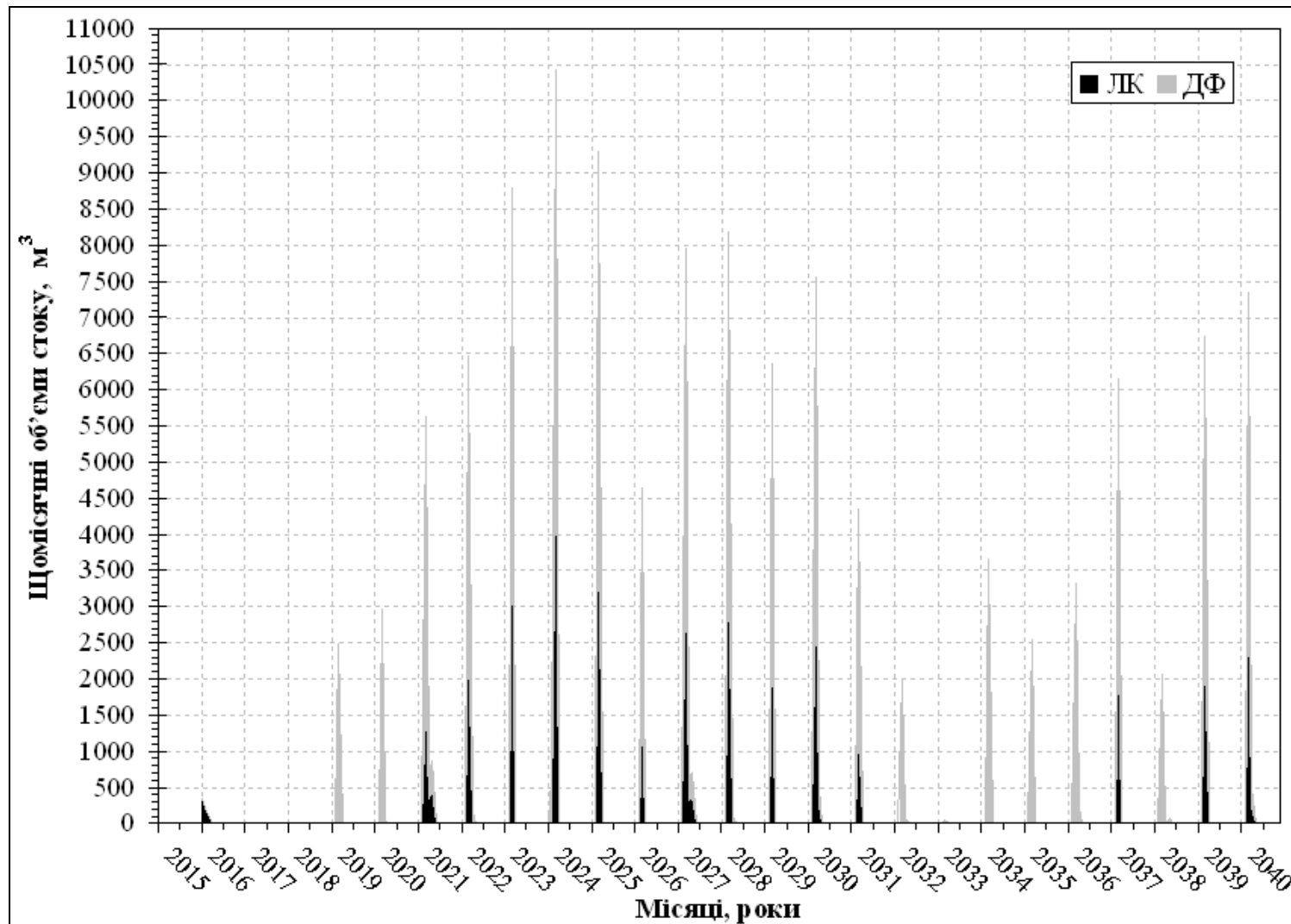


Рисунок 5.12 – Щомісячні об’єми стоку з ставка колишньої Джутової фабрики (■ ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (■ ЛК) за період з 2016 по 2040 рр. (варіант В: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,до} = 36,6$ м БС, $W_{ДФ,1} = 0$ м³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³)

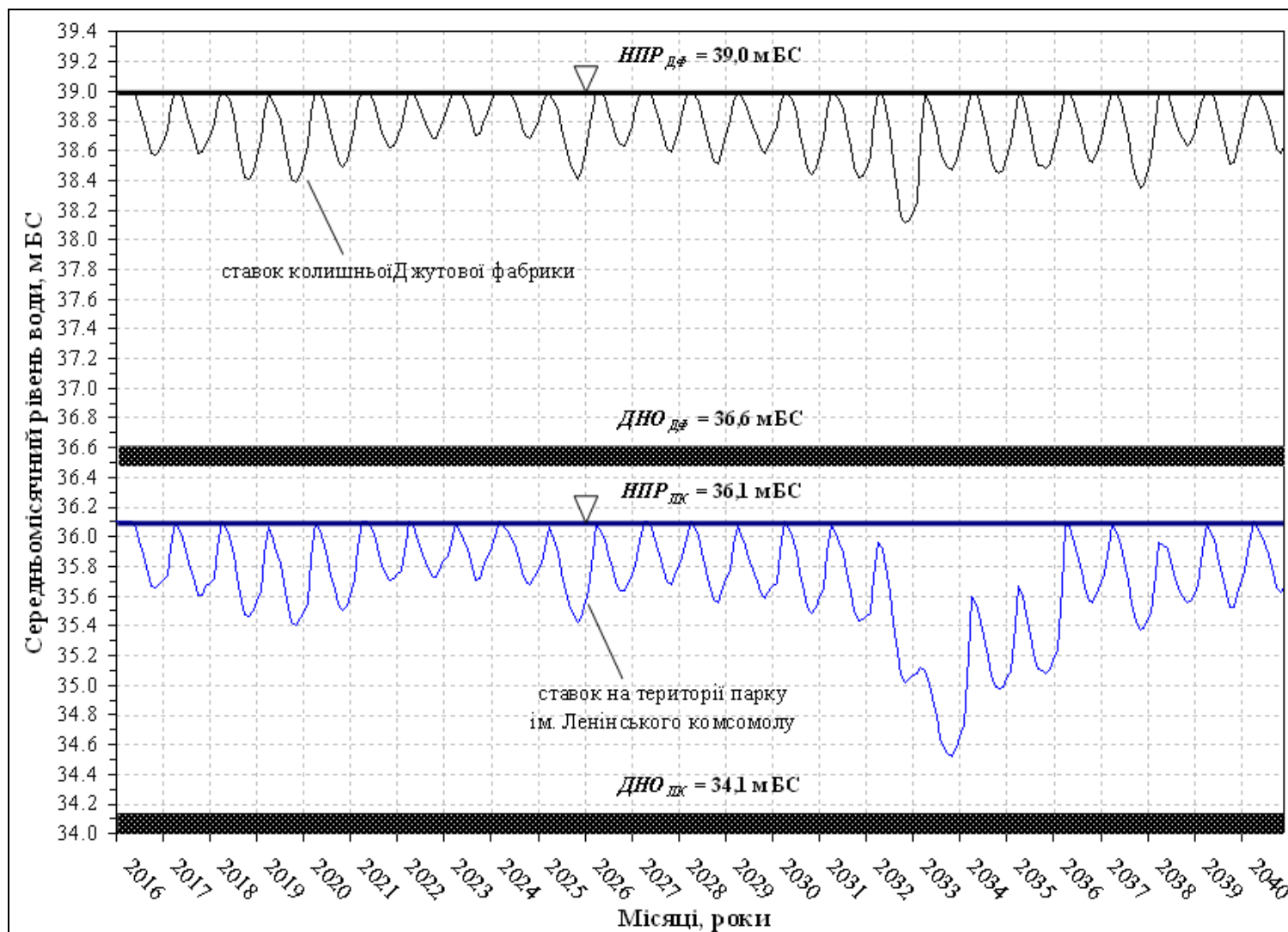


Рисунок 5.13 – Середньомісячні рівні води ставка колишньої Дзупової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант Г: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,ННР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,ННР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³)

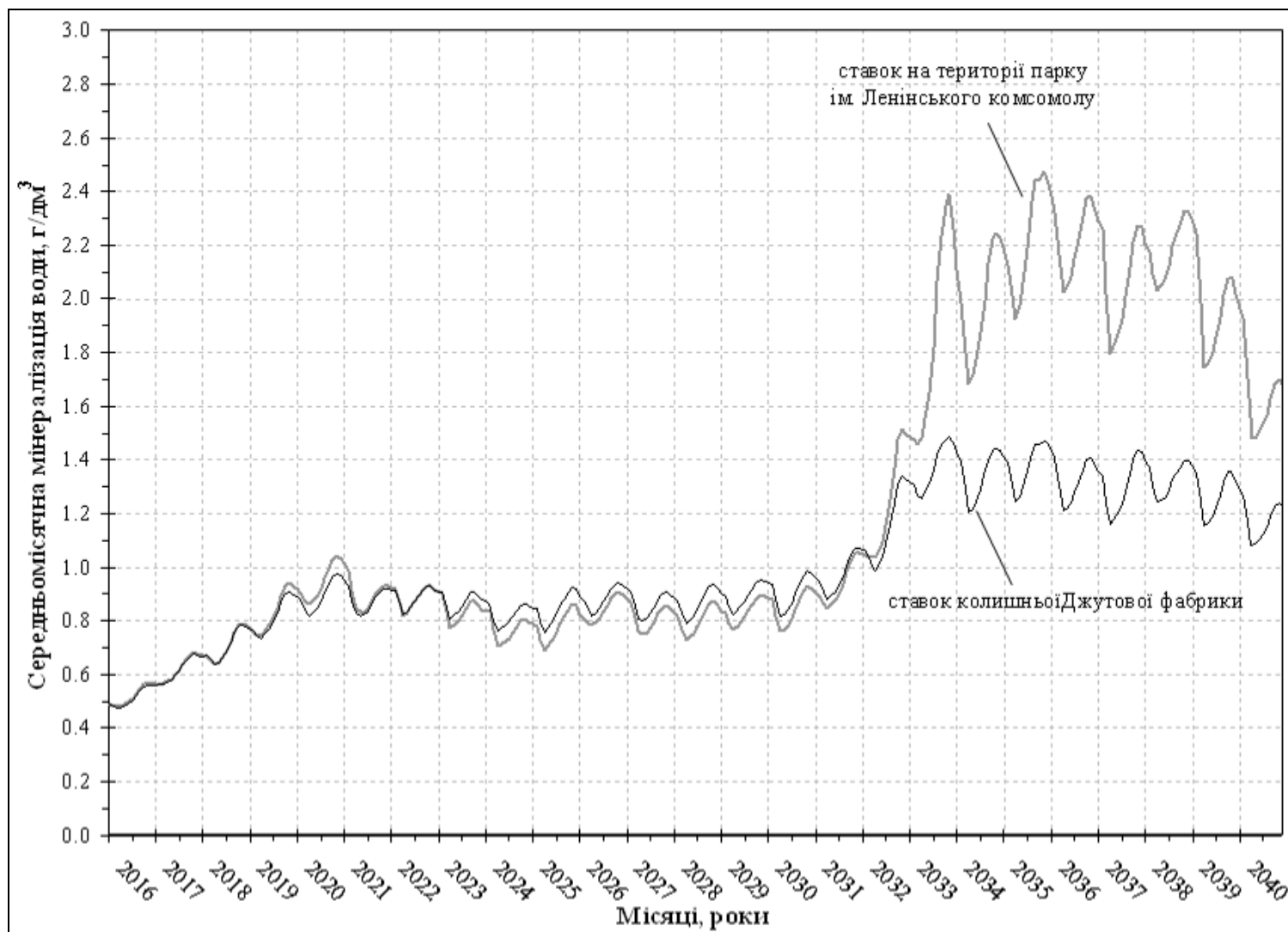


Рисунок 5.14 – Середньомісячні значення мінералізації води ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу за період з 2016 по 2040 рр. (варіант Г: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³)

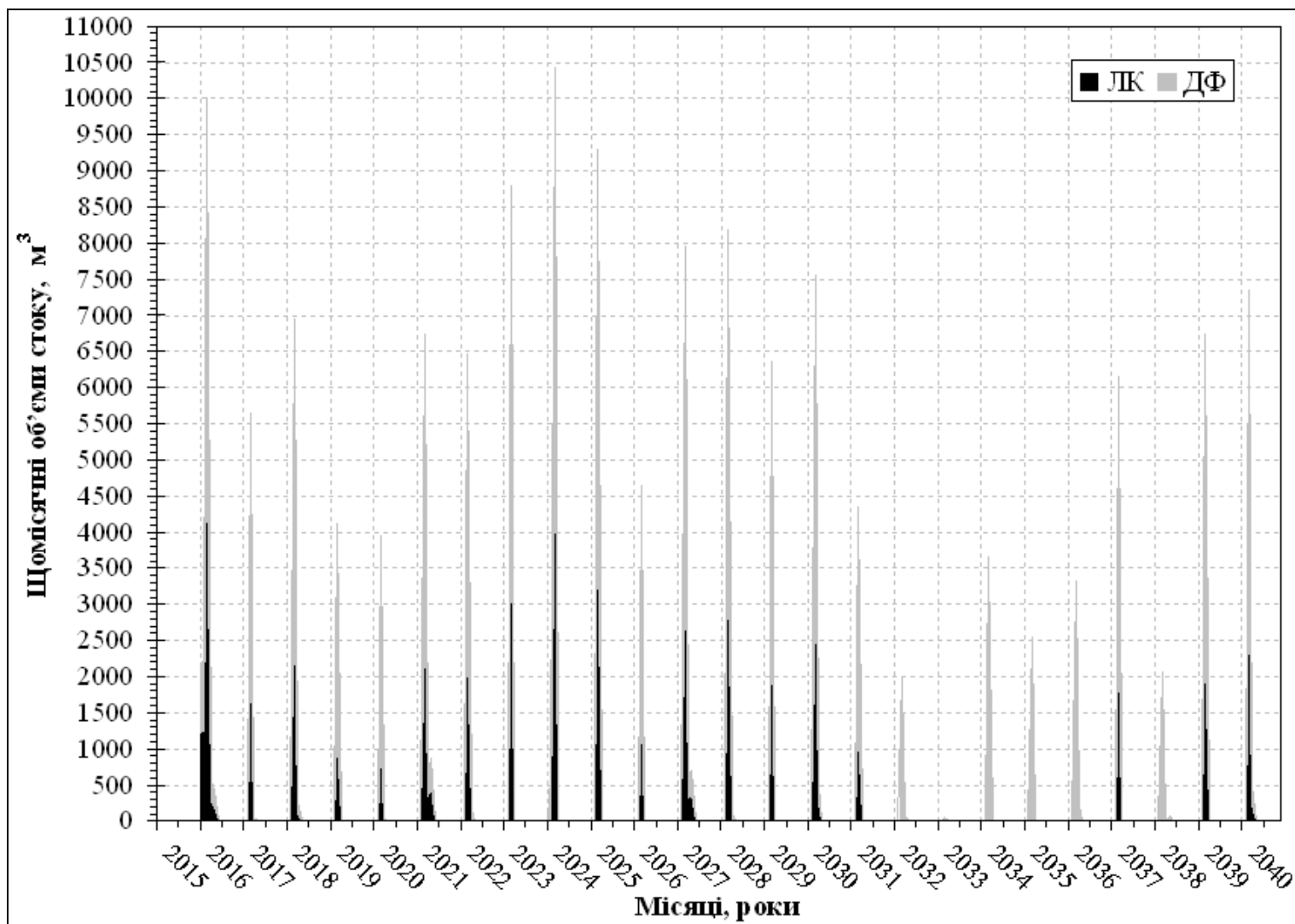


Рисунок 5.15 – Щомісячні об’єми стоку з ставка колишньої Джутової фабрики (■ ДФ) та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу (■ ЛК) за період з 2016 по 2040 рр. (варіант Г: $H_{ДФ,1} = H_{ДФ,НПР} = 39,0$ м БС, $W_{ДФ,1} = 15220$ м³, $S_{ДФ,1} = 0,5$ г/дм³; $H_{ЛК,1} = H_{ЛК,НПР} = 36,1$ м БС, $W_{ЛК,1} = 8600$ м³, $S_{ЛК,1} = 0,5$ г/дм³)

ВИСНОВКИ

Основними висновками, отриманими при виконанні НДР, є наступні:

1. За результатами аналізу карт і супутникових знімків території та з урахуванням даних натурних обстежень ОДЕКУ у 2014-2015 рр. визначено, що штучні водойми в руслі б. Джутова (ставок колишньої Джутової фабрики та ставок на території парку імені Ленінського комсомолу) існують вже більш ніж 150 років і весь цей період вони були наповнені водою (за виключенням періоду з 1917 по 1976 рр., коли ставок на території парку не існував). В теплий період року водна поверхня ставків на 10-100% вкрита водною рослинністю. Крім того, визначено, що останні роки домінантною у ставках є водяна рослина пістія (*Pistia stratiotes*), а водойми належать до мезотрофно-евтрофних, тобто є середньо- та високопродуктивними.

2. Встановлено, що в останньому десятиріччі в ставки надходять не лише дощові води, але й неочищені господарсько-побутові води. Крім того, визначено, що в останні декілька років (включно з 2015 р.) скид (стік) води через водоскид з ставка на території парку імені Ленінського комсомолу не відбувається, тому що водоскидна споруда засипана та не працює.

3. За даними ОДЕКУ в листопаді 2015 р. вода у ставках за мінералізацією була прісною (0,4-0,5 г/дм³). Вміст розчинених органічних речовин у воді в середньому дорівнював 0,114 г/дм³. За величиною рН вода ставка колишньої Джутової фабрики належала до слабколужних (8,05 од. рН), а ставка на території парку імені Ленінського комсомолу – до нейтральних (7,45 од. рН).

4. Визначено, що починаючи з 1989 р. частка весняного водопілля у внутрішньорічному розподілі стоку річок Причорномор'я зменшилася з 42-53% до 35-37% відносно періоду до 1989 р. (переламного у хронологічному ході температур повітря). Крім того, для окремих малих річок зменшення річного стоку за 1989-2008 рр. досягло 40%, а за 1989-2012рр. -50%. Це пов'язано з тим, що починаючи з 1989р. на фоні загальної тенденції до зростання температур повітря сформувався новий тренд, який вказує на збільшення інтенсивності потепління та, як наслідок, випаровування, при майже незмінних атмосферних опадах. Встановлено, що за останні десятиріччя в районі метеостанції Одеса зросла частка інтенсивних посух, а для років з екстремальними посухами характерна мала водність річок навіть при формуванні поверхневого талого стоку весною.

5. Групою експертів для вивчення можливих змін клімату були обрані 15 сценаріїв змін клімату. Оцінка відповідності сценарних та фактичних метеорологічних даних за минулі роки оцінювалася за спеціально розробленими критеріями відмінності. Чим менше показник відмінності, тим краще обраний сценарій описує зміни клімату у розглядуваному регіоні. Оптимальним був визнаний сценарій М10, що належить до гілки сценаріїв А1В. За цим сценарієм передбачається використання різних джерел енергії і немає дуже великої залежності від одного конкретного джерела енергії. Теоретичною основою сценарію є модель REMO, яка розроблена в Інституті метеорології імені Макса Планка в Гамбурзі.

6. За сценарієм М10 у вузлах сценарної сітки із кроком 25 км, які попадають у межі міста Одеса були установлені основні напрями змін кліматичних чинників формування стоку: сум опадів та температур повітря, які суттєво впливають на таку складову водного балансу як випаровування з поверхні суші та випаровування з водної поверхні. Оцінка змін безпосередньо метеорологічних даних виконувалася на основі порівнянь із даними до 1989 р. та періоду 1971-2000 р. Установлено, що по Одесі очікується зростання середньої річної температури повітря і температур теплого та холодного періоду. За рахунок цього максимально можливе випаровування (характеристика теплоенергетичних ресурсів клімату) зростає на 12,5% за період 2011-2030 рр. та на 18,5% за період 2031-2050 рр. у порівнянні із цією ж характеристикою до 1989 р. Річні суми опадів та опади теплого періодів мають зменшуватися. Зменшення річних сум опадів досягне 9,5% у 2011-2030 рр. та 12,2% у 2031-2050 рр. при порівнянні із даними до 1989 р.

7. На основі метеорологічних сценарних даних за моделлю “клімат-стік”, розробленої в ОДЕКУ, виконуються оцінки норм річного кліматичного стоку, який ототожнюється із зональним. Якщо до 1989 р. зональна величина річного стоку складала 19 мм, то за період 2011-2030 рр. очікується її зменшення на 52,6%, а за період 2031-2050рр. – на 63,2%.

8. Отримані результати вказують на формування у майбутньому несприятливих кліматичних умов для поповнення об’ємів вод ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу, оскільки очікується зменшення опадів та зростання випаровування з поверхні суші та водної поверхні.

9. Однак, з порівняння результатів модельних розрахунків водно-сольового балансу ставка колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського комсомолу в умовах кліматичних змін за сценарієм А1В для періоду 2016-2040 рр., при різних варіантах початкових значень рівнів, об’ємів і мінералізації води та проектних розмірах водойм і проектних об’ємах припливу води до ставка колишньої Джутової фабрики, можна рекомендувати **варіант Б** або **варіант В**, тобто, коли на початку розрахункового періоду порожнім є лише один з двох ставків, а інший є наповненим до рівня НПР. **Варіант А**, коли на початку розрахункового періоду порожні обидва ставка, є не бажаним, тому що перші декілька років ставок на території парку може бути без води, а **варіант Г**, де на початку розрахунку ставки наповнені до рівня НПР, може ускладнити здійснення проекту реконструкції ставків.

10. Таким чином, у майбутньому можна рекомендувати залишити ставок колишньої Джутової фабрики та ставок на території парку імені Ленінського комсомолу при проектних розмірах водойм і проектних об’ємах припливу води до ставка колишньої Джутової фабрики за умов функціонування водойм, коли на початку розрахункового періоду (на початку здійснення реконструкції ставків) порожнім є лише один з двох ставків, а інший є наповненим до НПР.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Лист* Державного регіонального проектно-вишукувального інституту «Укрпівдендінпроводгосп» до Одеського державного екологічного університету з запрошенням взяти участь у науковому супроводженні по гідрології по об'єкту «Розробка проекту реконструкції системи водовідведення на території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюю чога ставка колишньої Джутової фабрики» (лист № 086/96-ОД/к3 від 16.10.2015 р.).
2. *Реконструкція* акумулюючого пруда бившей Джутової фабрики. Рабочий проект. – Одесса: ООО «Авант-Строй», 2012. – 52 с.
3. *Реконструкція* системы водоотведения на территории парка им. Ленинского комсомола. Том 1. Пояснительная записка. – Одесса: ОАО «Одессакоммунпроект», 2007. – 23 с.
4. *Карта* новоприобретенной области от Порты Оттоманской и присоединенной к Екатеринославскому наместничеству за 1791-1792 годы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kaiser-w.livejournal.com>.
5. *Шуберт Ф.Ф., Тучков П.А.* Военно-топографическая карта Российской Империи. Рядъ XXXI. Листъ 9. г. ХЕРСОНСКОЙ и обл. БЕССАРАБСКОЙ. – 1869 год.
6. *Генеральный* планъ города Одессы, съ принадлежащею оному землею, разделённою на 6^{ть} частей, съ показаніемъ предмьстій, селеній хуторовъ, садовъ и другихъ казенныхъ и ластныхъ заведеній. Составиль на основании Генеральной съемки 1860-1870 годовъ и последующихъ ластныхъ съемокъ городской землемеръ М. Дитерихсъ въ 1892 году. Масштабъ въ дюймъ 500 саженой или одна верста.
7. *Планъ* города Одессы. Состав. городск. землемеръ М.М. Дитерихсъ. 1894. Масштабъ въ англ. дюймъ 200 саж.
8. *Планъ* города Одессы. Издание 17^{ое}. К. Висковсаго. 1910 г.
9. *Планъ* города Одессы. Издание книжн. маг. „Труд“ Одесса, Дерibas. 25. 1917 г. Масштабъ въ англ. дюймъ 200 саж.
10. *Сайт* програми Google Earth [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.google.com/intl/uk/earth/index.html>.
11. *Супутникові* знімки та карти поверхні Землі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://maps.google.com>.
12. *Пустия* или водяная капуста [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vashsad.ua>.
13. *Реконструкція* пруда бившее Джутової фабрики. Генеральный план. Благоустройство. Стадия: РП. Лист 4. Разбивочный чертёж М 1:500. ООО «Авант-Строй», 2015. (Надано ДРПВІ «Укрпівдендінпроводгосп» у 2015 р.).
14. *Топографічний* план земельної ділянки, на якій розташований ставок колишньої Джутової фабрики, М 1:500 (м. Одеса, вул. Василя Стуса). Приватне підприємство «ТЕРРА ІНЖІНІРИНГ», листопад 2012 р. (Надано ДРПВІ «Укрпівдендінпроводгосп» у 2015 р.).
15. *Схема* расположения скважин (г. Одесса, Парк Ленинского комсомола) М 1:1000. (Надано ДРПВІ «Укрпівдендінпроводгосп» у 2015 р.).

16. *Ескіз* робочого проекту генерального (топографічного) плану реконструкції (благоустрою) ставка на території парку імені Ленінського комсомолу. (Надано ДРПВІ «Укрпівдендипроводгосп» у 2015 р.).
17. *Розробка* проекту реконструкції системи водовідведення на території парку ім. Ленінського комсомолу та акумулюю чога ставка колишньої Джгутової фабрики. Матеріали інженерно-геологічних вишукувань. Робочий проект. – Одеса: Укрпівдендипроводгосп, 2015. – 13 с.
18. *Тимченко В. М.* Экологическая гидрология водоёмов Украины: монография. – К.: Наук. думка, 2006. – 382 с.
19. *Воскресенский К. П.* Норма и изменчивость годового стока рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 546 с.
20. *Гопченко Є. Д., Лобода Н. С.* Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплого балансу / Є. Д. Гопченко, Н. С. Лобода // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С.106-120.
21. *Гопченко Е. Д., Лобода Н. С.* Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях) / Е. Д. Гопченко, Н. С. Лобода. – К.: КНТ, 2005. – 188 с.
22. *Оцінка* впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / Під ред. Степаненко С. М., Польового А. М. – Одеса: Екологія, 2011. – 605 с.
23. *Вишневецький В. І.* Річки і водойми України. Стан і використання. – К.: Віпол, 2000. – 375 с.
24. *Вишневецький В. І., Косоветь О. О.* Гідрологічні характеристики річок України. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
25. *Шерешевський А. І., Синицька Л. К.* Оцінка змін випаровування з водної поверхні території України // Наук. Праці Укр НДГМІ. – 2000. – Вип. 248. – С. 67-76.
26. *Войцехович В. О., Лузан Л. І.* Сучасні зміни максимального стоку річок Українського Полісся // Наукові праці УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 125-135.
27. *Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Шакірманова Ж. Р.* Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3. – С. 50-59.
28. *Мельник С. В., Лобода Н. С.* Динаміка водного режиму і стоку наносів річок Поділля // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – Т. 17. – С. 55-62.
29. *Хільчевський В. К., Ромась І. М., Ромась М. А., Гребінь В. В., Шевчук І. О., Чунарьов О. В.* Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 184 с.
30. *Гребінь В. В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
31. *Loboda N.* Impact of Climate Change on Water Resources of North-Western Black Sea Region / N. Loboda, Y. Bozhok // International Journal of Research In Earth and Enviornmental Sciences. – 2015. - Vol 02. – No. 9. – P. 1-6.

32. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В // Український гідрометеорологічний журнал. Одеса, ТЕС, №15, 2014. – С. 149-159.
33. Лобода Н. С., Божок Ю. В. Засушливість клімату и минимальный сток рек Украины // Первые Виноградовские чтения. Будущее гидрологии. 16-18 ноября 2013 г. Санкт-Петербургский государственный университет, Россия. – с.70.
34. Куза А. М., Лобода Н. С., Селезньова Л. В. Зміни термічного та льодового режиму, пересихання та перемерзання р.Тилігул у сучасних умовах // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Лимани північно-західного Причорномор’я: актуальні гідро екологічні проблеми та шляхи їх вирішення”, 12-14 вересня 2012р., Україна, м. Одеса. – Одеса:ТЕС, 2012. – С.78-80.
35. Тучковенко Ю. С., Лобода Н. С., Гриб О. М. та ін. Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: колективна монографія / Під ред.Ю. С. Тучковенко, Н. С. Лободи. – Одеса: ТЕС, 2014. – 276 с.
36. Мусієнко М. М., Серебряков В. В., Брайон О. В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2002. – 550 с.
37. Клімат України / За ред. В. М. Липинського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченка. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
38. Нажмутдінова О. М., Єрмоленко Н. С. Деякі аспекти формування інтенсивних посушливих явищ влітку 2010 р. над Східною Європою // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – № 9. – С. 79-84.
39. Хохлов В. М., Єрмоленко Н. С. Просторово-часова мінливість посух в Східноєвропейському секторі в умовах глобальних змін клімату // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – № 11. – С. 128-134.
40. Семенова Н. Г. Метеорологические и синоптические условия засухи осенью 2011 г. // Укр. гідрометеорологічний журн. – 2012. – № 11. – С. 58-64.
41. Хохлов В. М., Боровська Г. О., Хоменко Г. В., Шараєва Т. В. Регіональні особливості розподілу посух в Україні // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – № 9. – С. 73-78.
42. Dracup J. A., Lee K. S., Paulson E. G. On the statistical characteristics of drought events // Water Resources Research. – 1980. – Vol. 16, Iss. 2. – P. 289-296.
43. Разин Т., Сагафьян Б., Шокухи А. Мониторинг засухи с использованием показателя SPI в провинции Ядз, Иран // Публикации Тренингового центра МКВК. – Ташкент: в. 12, 2005. – С. 27-37.
44. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://digital.csic.es>.
45. Лобода Н. С., Божок Ю. В. Шляхи визначення можливої гідрологічної посухи за метеорологічними даними в умовах змін клімату для річок північно-західного Причорномор’я // Геополітика та екогеодинаміка регіонів. – 2014. – Т. 10. – Вип. 1. – С. 281-289.
46. Божок Ю. В., Лобода Н. С. Характеристики посушливості для території Північно-Західного Причорномор’я у сучасних умовах та за прогнозами кліматичних сценаріїв // Україна:географія цілей та можливостей. Зб. наук.праць. – Н.:ФОП “Лисенко М.М.”, 2012.-Т.3 – С.17-19.


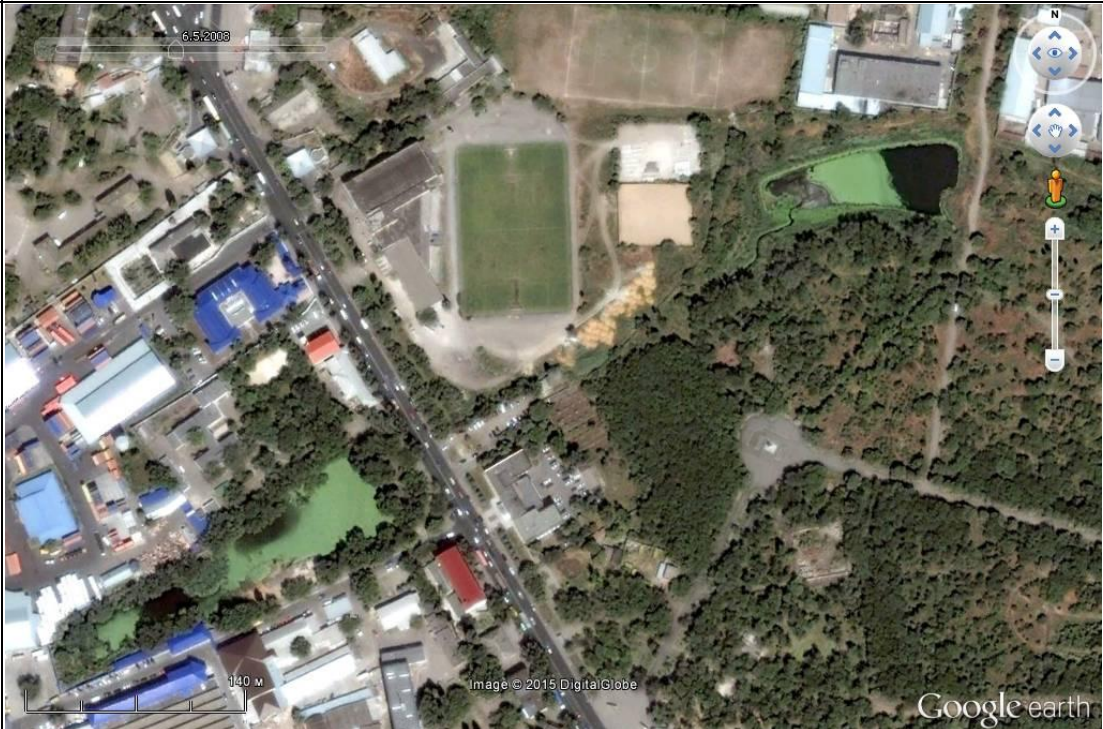
47. *П'яте* національне повідомлення України з питань зміни клімату. – К: Мінприроди України, 2009. – 282 с.
48. *Хохлов В.М.* Обґрунтування вибору регіональної кліматичної моделі для аналізу сучасного стану та прогнозів кліматичних змін в межах Тилігульського лиману/ в кн. *Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: колективна монографія / Під ред.Ю. С. Тучковенко, Н. С. Лободи.* – Одеса: ТЕС, 2014. – С.100-111.
49. *Giorgi F. and Mearns L. O.* Introduction to special issue: Regional climate modeling revisited // *J. Geophys. Res.* – 1999. – Vol. 104. – P. 6335-6352.
50. *Roeckner E., Arpe K., Bengtsson L., Christoph M., Claussen M., Dumenil L., Esch M., Schlese U., Schulzweida U.* The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate // *Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report.* – 1996. – No. 218.
51. *Jacob D., B. J. J. M. Van den Hurk, U. Andre, G. Elgered, C. Fortelius, L. P. Graham, S. D. Jackson, U. Karstens, Chr. Kopken, R. Lindau, R. Podzun, B. Rockel, F. Rubel, B. H. Sass, R. N. B. Smith, X. Yang:* A comprehensive model inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period // *Meteor. Atm.,* 2001. – № 77. – С. 61-73.
52. *Pfeifer S.* Modeling cold cloud processes with the regional climate model REMO. // *Ber. Zur Erdsystemforschung,* 2006, – MPI-M, 23. – 120 p.
53. *Uppala S. M., Kellberg P. W., Simmons A. J. et al.* The ERA-40 reanalysis // *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* – 2005. – Vol. 131. – P. 2961-3012.
54. *Паламарчук Л. В., Краковская С. В., Шеддеменко И. П., Дюкель Г. А., Гнатюк Н. В.* Верифікація даних Мірового кліматического центра (CRU) и регіональної моделі клімату (REMO) относительно прогноза поля осадков в Украине за контрольний період 1961-1990 гг. // *Наук. праці УкрНДГМІ.* – 2009. – Вип. 258. – С. 69-83.
55. *M. Bielecka, M. Robakiewicz, M. Zalewski, V. Khokhlov, Y. Tuchkovenko, J. Lloret, J. Lencart e Silva, J. M. Dias, A. I. Lillebø, B. Chubarenko and R. Staroszczyk.* 2015. Lagoons impact integrated scenarios. In: Lillebø, Stålnacke and Gooch (Eds), *Coastal Lagoons in Europe: Integrated Water Resource Strategies.* London: IWA Publishing. ISBN: 9781780406282. P.155-166.
56. *Архів погоди в Одесі (01.01.2013-30.06.2015).* Метеостанція № 33837 (WMO ID) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rp5.ua>.
57. *Гриб О. М., Нікітін П. С., Сімон Г. М., Гриб К. О.* Оцінка хімічного складу атмосферних опадів в районі Сухого лиману в 2014-2015 роках / Сучасні соціально-екологічні проблеми Сухого лиману та шляхи їх вирішення : збірник наук. статей за матеріалами Всеукраїнської наук.-практ. конф. // смт Таїрове, 17 жовт. 2015 р. / ОДЕКУ; за загальною редакцією М. Г. Сербова, О. М. Гриба. – Одеса: Букаєв Вадим Вікторович, 2015. – С. 81-84.
58. *Гриб О. М., Гриб К. О.* Характеристика хімічного складу атмосферних опадів в районі Куяльницького лиману (м. Одеса) / Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища: Збірник наукових праць Другої Всеукр. наук.-практ. конф. за міжнародною участю (Рівне, 21-23 жовтня 2015 р.) / Рівненський державний гуманітарний університет; за ред. проф. Д. Л. Лико [та ін.]. – Рівне: РДГУ, 2015. – С. 38-39.

59. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Западная Украина и Молдавия.* – Т. 6. – Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 714 с.
60. *Актуальні проблеми лиманів північно-західного Причорномор'я: Монографія / За ред. Ю.С. Тучковенко, Є.Д. Гопченка.* – Одеса: ТЕС, 2012. – 224 с.
61. *Гриб О.М.* Оцінка випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману // *Вісник Од. держ. еколог. ун-ту.* – 2014. – № 17. – С. 173-184.
62. *Розенгурт М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. – К.: Наук. думка, 1974. – 225 с.
63. *Тимченко В.М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
64. *Каганер М.С., Дюкель Н.Г.* Испарение с водной поверхности на территории Украины и Молдавии // *Тр. УКРНИИГМИ.* – 1966. – Вып. 64. – С. 155-180.
65. *Константинов А.Р.* Испарение в природе. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 532 с.
66. *Иванов Н.Н.* Ландшафтно-климатические зоны земного шара // *Зап. Всесоюз. географ. общ-ва: нов. сер.* – 1948. – Т. 1. – 223 с.
67. *Wörner V., Hesse C., Stefanova A., Krysanova V.* Evaluation of climate scenarios for the lagoons. – Potsdam: PIK, 2012. – 40 p.


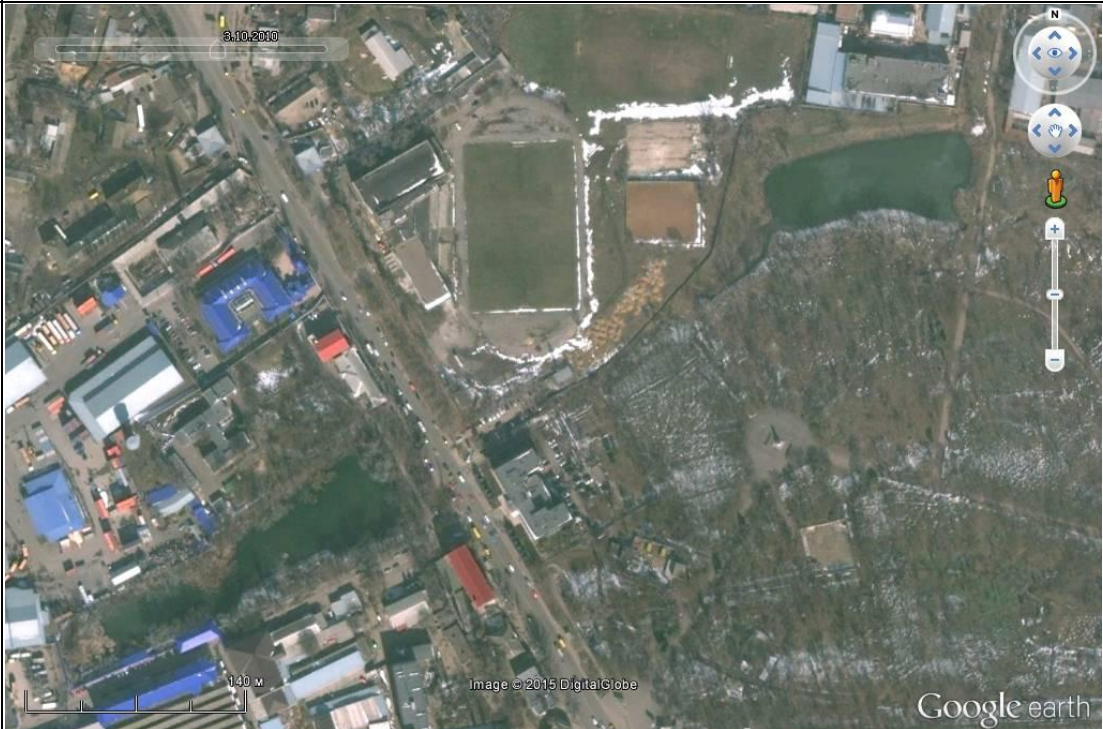
Додаток А
Супутникові знімки водозбірного басейну б. Джутова (ділянка ставка
колишньої Джутової фабрики та ставка на території парку імені Ленінського
комсомолу) за період з 2003 по 2014 рр. [10, 11]

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|--|
| 29.09.2003 |  |
| 02.05.2004 |  |

Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|--|
| 04.07.2007 |  |
| 05.06.2008 |  |

Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|--|
| 14.05.2009 |  <p>A satellite image from Google Earth dated 14.05.2009. The image shows a large green sports field in the center, surrounded by buildings, trees, and a road. A scale bar in the bottom left indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible at the bottom. A date slider at the top shows the date 5.11.2009.</p> |
| 10.03.2010 |  <p>A satellite image from Google Earth dated 10.03.2010, showing the same area as the previous image. The sports field and surrounding buildings are visible, but there is a significant amount of snow or ice covering the ground, particularly around the field and in the wooded areas. A scale bar in the bottom left indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible at the bottom. A date slider at the top shows the date 3.10.2010.</p> |



Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|---|
| 17.05.2011 |  <p>A satellite image from Google Earth showing a residential area with a large green field, a pond, and several buildings. The image is dated 5.17.2011. A scale bar indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible.</p> |
| 22.02.2012 |  <p>A satellite image from Google Earth showing the same residential area as the previous image, but with significant damage and debris. The image is dated 2.22.2012. A scale bar indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible.</p> |


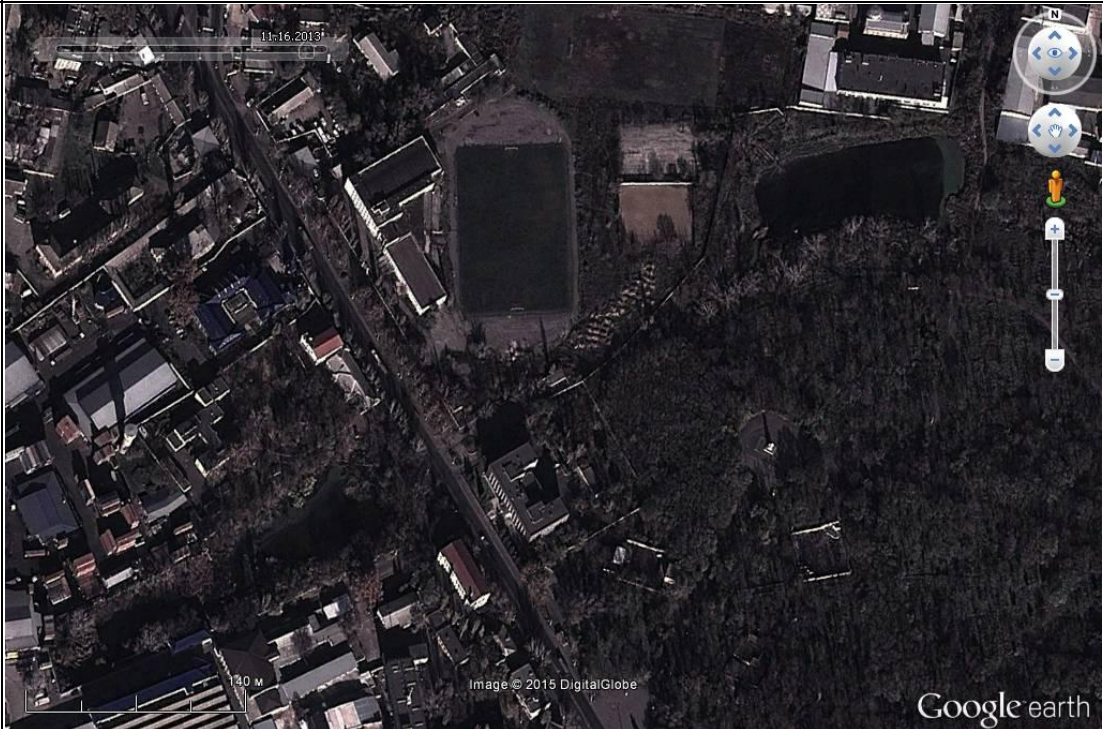
Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|---|
| 10.03.2012 |  <p>A satellite image showing an industrial or construction site. The terrain is mostly brown and grey, indicating bare earth and concrete structures. There are several large rectangular areas, possibly foundations or cleared plots. A road or railway line runs vertically through the center. In the top right, there is a small pond or reservoir. The image includes a date stamp '3.10.2012' at the top center, a scale bar '140 м' at the bottom left, and the text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' at the bottom right. Navigation controls are visible in the top right corner.</p> |
| 21.06.2012 |  <p>A satellite image of the same area as above, but taken on a later date. The landscape has changed significantly. A large green field has appeared in the center, and a large dark pond or reservoir is visible on the right. The industrial structures are still present but appear less prominent. The image includes a date stamp '6.21.2012' at the top center, a scale bar '140 м' at the bottom left, and the text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' at the bottom right. Navigation controls are visible in the top right corner.</p> |

Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|--|
| 24.09.2012 |  <p>A satellite image from Google Earth showing a residential area. A large green field is visible in the center, surrounded by trees and buildings. A pond is located to the right of the field. The image is dated 24.09.2012. A scale bar indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible at the bottom.</p> |
| 18.10.2012 |  <p>A satellite image from Google Earth showing the same residential area as the previous image. The large green field and pond are still visible. The image is dated 18.10.2012. A scale bar indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible at the bottom.</p> |


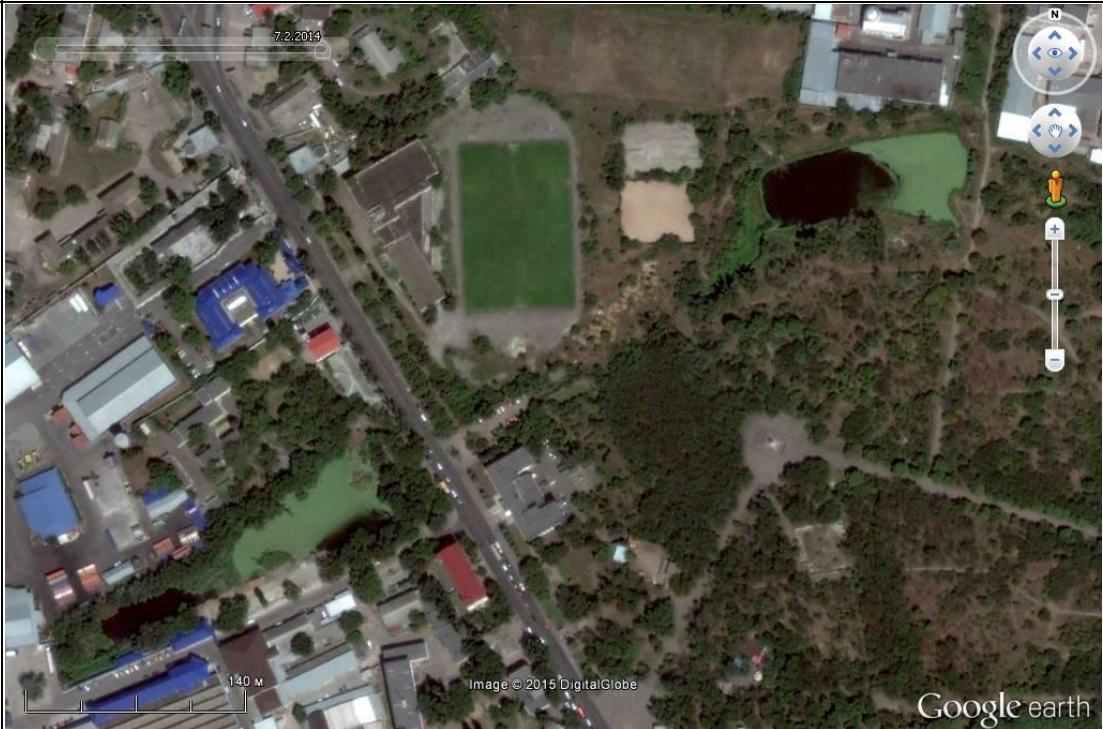
Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|---|
| 03.03.2013 |  <p>03.03.2013</p> <p>140 м</p> <p>Image © 2015 CNES / Astrium</p> <p>Google earth</p> |
| 16.11.2013 |  <p>16.11.2013</p> <p>140 м</p> <p>Image © 2015 DigitalGlobe</p> <p>Google earth</p> |

Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|--|
| 31.03.2014 |  <p>A satellite image showing a residential area with a large green field in the center. A road runs vertically through the middle. To the right, there is a dark pond. The image is dated 31.03.2014. A scale bar indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible.</p> |
| 27.04.2014 |  <p>A satellite image of the same area as above, but dated 27.04.2014. The green field and pond are still present. The image is dated 4:27.2014. A scale bar indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 CNES / Astrium' and 'Google earth' are visible.</p> |

Продовження Додатку А

| Дата | Фрагмент супутникового знімку |
|------------|--|
| 06.05.2014 |  <p>This satellite image shows a residential area with a prominent green field in the center. A pond is visible on the right side. The image is dated 5.6.2014. A scale bar at the bottom left indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible at the bottom.</p> |
| 02.07.2014 |  <p>This satellite image shows the same residential area as the previous one, but with a different date of 7.2.2014. The green field and pond are still present. A scale bar at the bottom left indicates 140 meters. The text 'Image © 2015 DigitalGlobe' and 'Google earth' are visible at the bottom.</p> |