

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської
підготовки
Кафедра гідроекології та
водних досліджень

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Порівняльний аналіз абіотичних показників (рівнів і мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.)

Виконала студентка групи МЕГ-19
спеціальності 101 «Екологія»,
Компанієць Юлія Анатоліївна

Керівник к. геогр. н., доц.,
Гриб Олег Миколайович

Консультант

Рецензент к. геогр. н., доц.,
доцент кафедри екологічного права
і контролю ОДЕКУ
Бургаз Олексій Анатолійович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра гідроекології та водних досліджень
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
(шифр і назва)
Освітня програма гідроекологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідроекології та
водних досліджень ОДЕКУ
_____ проф. Лобода Н.С.
“26” жовтня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Компанієць Юлії Анатоліївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Порівняльний аналіз абіотичних показників (рівнів і мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.)»

керівник роботи Гриб Олег Миколайович, к. геогр. н., доц.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16” жовтня 2020 року № 194-С.

2. Строк подання студентом роботи “07” грудня 2020 року.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали звітів з науково-дослідних робіт ОДЕКУ за період з 2015 по 2018 рр., дані вимірювань рівнів води Куяльницького лиману фахівцями структурних підрозділів Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів і Первомайської гідрометеорологічної станції Державної служби України з надзвичайних ситуацій, інші дані з різних джерел інформації – наукових монографій, статей, матеріалів наукових конференцій, довідників.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Опис системи моніторингу стану Куяльницького лиману у сучасний період. 2. Відомості про поповнення лиману морською водою з Чорного моря та інших водойм. 3. Характеристика існуючої гідротехнічної споруди та умови поповнення Куяльницького лиману морською водою з

Одеської затоки. 4. Модель водно-сольового балансу лиману. 5. Аналіз результатів вимірювань рівнів води та розрахунків за моделлю водно-сольового балансу лиману в майбутньому в умовах змін клімату. 6. Порівняльний аналіз мінливості рівнів води в лимані в умовах його поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.). 7. Порівняльний аналіз середньорічних значень мінералізації води в умовах подачі морської води в лиман та за її відсутності. 8. Аналіз можливих показників рівнів води Куяльницького лиману за умов відсутності штучної подачі морської води з Одеської затоки. Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) хронологічні графіки рівнів і мінералізації воли в лимані, суміщені графіки за різні періоди моніторингу, схеми гідротехнічної споруди, історичні фото та карти, супутникові знімки та картосхеми поповнення лиману морською водою.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання “26” жовтня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Складання вступу та опис системи моніторингу стану Куяльницького лиману у сучасний період	26.10-01.11.2020 р.	90	відмінно
2	Відомості про поповнення лиману морською водою з Чорного моря та інших водойм та Характеристика існуючої гідротехнічної споруди та умови поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки	02.11-08.11.2020 р.	95	відмінно
3	Характеристика моделі водно-сольового балансу лиману та аналіз результатів вимірювань рівнів води та розрахунків за моделлю водно-сольового балансу лиману в майбутньому в умовах змін клімату	09.11-15.11.2020 р.	100	відмінно
4	Рубіжна атестація	16.11-21.11.2020 р.	95	відмінно
5	Порівняльний аналіз мінливості рівнів і мінералізації води в лимані в умовах його поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.) за її відсутності	22.11-29.11.2020 р.	95	відмінно
6	Аналіз можливих показників рівнів води Куяльницького лиману за умов відсутності штучної подачі морської води з Одеської затоки. Підготовка висновків, переліку використаних джерел. Остаточне оформлення роботи	30.11-06.12.2020 р.	95	відмінно
7	Підготовка доповіді та презентації	07.12-14.12.2020 р.	95	відмінно
8	Подання на кафедру	07.12.2020 р.		
9	Перевірка на плагіат	10.12.2020 р.		
10	Рецензування	16.12.2020 р.		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	26.10-07.12.2020 р.	95	відмінно

Студент _____ Компанієць Ю. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Гриб О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Компанієць Ю. А. Порівняльний аналіз абіотичних показників (рівнів і мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.)

Рукопис. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2020.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю оцінки змін стану гідроекологічного режиму Куяльницького лиману (на прикладі рівнів і мінералізації води) в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки і при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник.

Мета роботи – аналіз змін абіотичних показників (на прикладі рівнів і мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення водойми морською водою з Одеської затоки та при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник у майбутньому, а також надання рекомендацій щодо поповнення лиману водою з Чорного моря.

Об'єкт дослідження – абіотичні показники гідроекологічного режиму Куяльницького лиману.

Методи дослідження – імітаційна модель водно-сольового балансу лиману, розроблена на кафедрі гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ.

Результати і новизна – здійснено збір та узагальнення даних вимірювань рівнів води для оцінки змін абіотичних характеристик гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки та при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник у майбутньому.

Магістерська робота складається з 8 розділів. Робота складається з 70 сторінок, 24 рисунків, 6 таблиць. У роботі використано 50 літературних джерел.

Ключові слова: КУЯЛЬНИЦЬКИЙ ЛИМАН, АБІОТИЧНІ ПОКАЗНИКИ, ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ, РІВЕНЬ ВОДИ, МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ.

SUMMARY

Kompaniets Y. A. Comparative analysis of abiotic indicators (levels and mineralization of water) of the hydroecological regime of the Kuyalnytsya estuary in the conditions of replenishment with sea water (2015-2019) with the data of previous years (2010-2014).

Manuscript. Odessa State Environmental University. Odessa, 2020.

The relevance of the study is due to the need to assess changes in the hydroecological regime of the Kuyalnytsya estuary (on the example of water levels and mineralization) in the conditions of artificial replenishment of the estuary with sea water from Odessa Bay and the restoration of natural runoff of the river Velykyi Kuyalnyk.

Purpose – to analyze changes in abiotic indicators (on the example of water levels and mineralization) of the hydroecological regime of the Kuyalnyk estuary in the conditions of artificial replenishment of the reservoir with sea water from Odessa Bay and the restoration of natural runoff of the river Velykyi Kuyalnyk in the future. seas.

The object of the study – abiotic indicators of the hydroecological regime of the Kuyalnytsya estuary.

Research methods – simulation model of water-salt balance of the estuary, developed at the Department of Hydroecology and Water Research Odessa State Environmental University.

Results and novelty – data on water level measurements were collected and summarized to assess changes in abiotic characteristics of the hydroecological regime of the Kuyalnyk estuary under conditions of artificial replenishment of the estuary with sea water from Odessa Bay and the restoration of natural runoff of the Velykyi Kuyalnyk River in the future.

Master's thesis consists of 8 chapters. The paper consists of 70 pages, 24 figures, 6 tables. The paper used 50 literary sources.

Keywords: KUYALNYTSKY ESTUARY, ABIOTIC INDICATORS, HYDROECOLOGICAL REGIME, WATER LEVEL, WATER MINERALIZATION.

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП	9
1 ОПИС СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ У СУЧАСНИЙ ПЕРІОД	13
2 ВІДОМОСТІ ПРО ПОПОВНЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ З ЧОРНОГО МОРЯ ТА ІНШИХ ВОДОЙМ.....	16
2.1 Господарські перетворення Куяльницького лиману для промислової добичі солі та штучне поповнення водойми морськими водами у XIX столітті.....	16
2.2 Характеристика солепромислів та штучне поповнення південної частини лиману морськими водами через з'єднувальний канал у XX столітті.....	19
2.3 Наповнення Куяльницького лиману водами Хаджибейського лиману ...	21
2.4 Поповнення лиману з водойм пересипу та фільтрація морських вод	23
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧОЇ ГІДРОТЕХНІЧНОЇ СПОРУДИ ТА УМОВИ ПОПОВНЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ.....	26
3.1 Характеристика гідротехнічної споруди по з'єднанню Куяльницького лиману та Одеської затоки	26
3.2 Умови подачі морської води в лиман	29
4 МОДЕЛЬ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ЛИМАНУ	31
5 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ РІВНІВ ВОДИ ТА РОЗРАХУНКІВ ЗА МОДЕЛЛЮ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ЛИМАНУ В МАЙБУТНЬОМУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	39
6 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ПОПОВНЕННЯ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ (2015-2019 рр.) З ДАНИМИ ПОПЕРЕДНІХ РОКІВ (2010-2014 рр.)..	43

7 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СЕРЕДНЬОРІЧНИХ ЗНАЧЕНЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ В УМОВАХ ПОДАЧІ МОРСЬКОЇ ВОДИ В ЛИМАН ТА ЗА ЇЇ ВІДСУТНОСТІ	57
8 АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ПОКАЗНИКІВ РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА УМОВ ВІДСУТНОСТІ ШТУЧНОЇ ПОДАЧІ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ.....	60
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

°C – градус Цельсія

б. – балка

В. - Великий

ВНС – водо-насосна станція

г – грам

дм³ – дециметр кубічний

кг – кілограм

км² – кілометр квадратний

м – метр

м БС – метри Балтійської системи

м. – місто

м² – метри квадратні

м³ – метри кубічні

мг – міліграм

млн. – мільйони

мм – міліметр

НДР – науково-дослідна робота

ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет

р. – рік, річка

рис. – рисунок

рр. – роки, річки

с – секунда

с. – село

см – сантиметр

ст. – століття

т – тонна

табл. – таблиця

тис. – тисяча

ВСТУП

У кваліфікаційній магістерській роботі здійснено збір та узагальнення даних вимірювань рівнів і мінералізації води для оцінки змін абіотичних характеристик гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки та при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник у майбутньому.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю оцінки змін стану гідроекологічного режиму Куяльницького лиману (на прикладі рівнів і мінералізації води) в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки і при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник.

Метою даної роботи є аналіз змін абіотичних показників (на прикладі рівнів і мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення водойми морською водою з Одеської затоки та при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник у майбутньому, а також надання рекомендацій щодо поповнення лиману водою з Чорного моря.

Новизна роботи полягає в тому, що здійснено збір та узагальнення даних вимірювань рівнів і мінералізації води для оцінки змін абіотичних характеристик гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки та при відновленні природного стоку річки Великий Куяльник у майбутньому.

Результати даної наукової роботи можуть бути використані при подальших наукових дослідженнях Куяльницького лиману, а також при обґрунтуванні заходів щодо досягнення «доброго» екологічного стану лиману в майбутньому.

На всі використані при підготовці даної роботи джерела інформації (монографії, наукові статті, матеріали наукових конференцій, карти, довідники, паспорти тощо) є посилання в переліку використаних джерел у кінці магістерської кваліфікаційної роботи [1-50].

Для порівняльного аналізу абіотичних показників (рівнів і мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману були використані матеріали звітів з науково-дослідних робіт ОДЕКУ за період з 2015 по 2018 рр. [18-21], дані вимірювань рівнів води Куяльницького лиману фахівцями структурних підрозділів Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів і Первомайської гідрометеорологічної станції Державної служби України з надзвичайних ситуацій [40, 43], а також інші дані з різних джерел інформації – наукових монографій, статей, матеріалів наукових конференцій, довідників [8-14]. Використана імітаційна модель водно-сольового балансу лиману, розроблена на кафедрі гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ.

Для виконання роботи виконані такі завдання:

- 1) аналіз основних змін рівнів і мінералізації води Куяльницького лиману, які відбулися після введення в дію трубопроводу «море-лиман»;
- 2) здійснити розрахунки та узагальнення отриманих результатів;
- 3) надати рекомендації щодо подальшого поповнення Куяльницького лиману морською водою.

За результатами виконання даної наукової роботи відбувалася підготовка доповідей на наукові конференції різних рівнів у 2020 р. (наприклад, на конференцію молодих вчених ОДЕКУ у 2020 р. й інші). Крім того, відбувалася підготовка наукової статті до фахового наукового видання.

Основні результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані в двох тезах доповідей [49, 50]:

1. Компанієць Ю.А., маг. гр. МEG-19 (науковий керівник: Гриб О.М., канд. геогр. наук, доц.) Порівняльний аналіз мінливості рівнів води Куяльницького лиману в умовах поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.) // Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (25-29 травня 2020 р.). Одеса, 2020. С. 101-102 [49].

2. Гриб О. М., Компанієць Ю. А. Оцінка ефекту від поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки шляхом порівняння

позначок рівнів води в лимані у 2015-2019 та 2010-2014 роках // Еко Форум – 2020 : збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 15 – 17 жовтня 2020 р. / Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. Запоріжжя: Запорізька торговопромислова палата, 2020. С. 213-214. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/7507/> [50].

1 ОПИС СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ У СУЧАСНИЙ ПЕРІОД

Куяльницький лиман належить до групи закритих лиманів північно-західного Причорномор'я. Басейн лиману знаходиться в межах Одеської області та за сучасним гідрографічним районуванням території України входить у район басейну річок Причорномор'я і належить до водогосподарської ділянки М5.8.0.02 – узбережжя Чорного моря між Дністровським і Дніпровським лиманами (виключаючи басейн р. Тилігул з Тилігульським лиманом). Даний лиман є водоймою загальнодержавного значення, відомий як важливий рекреаційний і бальнеологічний об'єкт, який на сьогодні вже має статус курорту державного значення. У науковій роботі представлені результати оцінки змін абіотичних характеристик (на прикладі рівнів води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману при подачі морської води.

Регіональною програмою збереження та відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2012-2018 роки, затвердженою рішенням Одеської облради від 28 жовтня 2011 року № 270-VI [3], передбачено збереження унікального водного об'єкта та раціонального використання курортних лікувальних ресурсів.

На сьогодні державна система моніторингу екосистеми лиману складається лише з пунктів контролю абіотичних показників її стану на метеорологічних і гідрологічних станціях та постах, розташованих у басейні лиману та навколо нього:

- 1) метеостанції «лиман Куяльницький-Одеса», «Одеса-Обсерваторія», «аеропорт-Одеса», «порт-Одеса», «Усатове», «порт-Южний», «Сербка»;
- 2) гідрологічні пости в акваторії лиману – м. Одеса (санаторій імені Пирогова) та в гирловій частині р. Великий Куяльник – с. Северинівка;
- 3) пункти контролю якості поверхневих вод в гирловій частині річки Великий Куяльник (с. Северинівка та с. Руська Слобідка).

Цей моніторинг здійснюється підрозділами Державної служби з надзвичайних ситуацій України (Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів, Первомайська гідрометеорологічна станція) та Державного агентства водних ресурсів України [4-13]. На місцевому рівні моніторинг хімічного складу ропи і пелоїдів лиману та мінеральних підземних вод здійснює гідрогеологічна служба (раніше – гідрогеологічна режимно-експлуатаційна станція) ДП «Клінічний санаторій ім. Пирогова» ЗАТ «Укрпрофоздоровниця» [14]. На регіональному рівні моніторинг стану екосистеми лиману має реалізовуватися за трьома регіональними програмами [3, 15, 16], що затверджені рішеннями Одеської обласної ради у 2011-2014 рр.

Крім того, 12.02.2015 р. фахівцями провідних наукових, проектно-вишукувальних та вищих навчальних закладів м. Одеси, включно з Одеським державним екологічним університетом (ОДЕКУ) було підготовлено програму моніторингу стану Куяльницького лиману в 2015 році, яку 25 лютого 2015 року було затверджено Департаментом екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації (наказ № 17) [17].

Через відсутність фінансування, після початку подачі морської води 22.12.2014 р. моніторинг стану Куяльницького лиману в 2015 р., з січня по вересень 2016 р. та з січня по серпень 2018 р. виконувався не в повному обсязі – окремими науковцями та установами за власні кошти [18].

У 2016, 2017 та 2018 рр. на замовлення Департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації ОДЕКУ виконувалися гідрологічні обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки. Результати цих досліджень представлені у заключних звітах з науково-дослідних робіт (НДР) [19-21]. Крім того, профільними установами Міністерства екології та природних ресурсів, Національної академії наук, Міністерства охорони здоров'я України виконували комплексні гідрохімічні, гідробіологічні та медико-біологічні обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської.

Загальна мета цих досліджень полягала у проведенні науково-дослідних робіт з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки для визначення умов функціонування його природної системи, забезпечення збереження та відновлення його природних ресурсів, попередження їх забруднення, засмічення і вичерпання, а також визначення змін стану природних ресурсів лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки та у науковому обґрунтуванні конкретних термінів подачі морської води до лиману [22].

2 ВІДОМОСТІ ПРО ПОПОВНЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ З ЧОРНОГО МОРЯ ТА ІНШИХ ВОДОЙМ

Поповнення Куяльницького лиману морською водою має більш ніж столітню історію та невід'ємно пов'язано з розвитком соляного промислу у водоймі. В історичному сенсі соляний промисел на Куяльницькому лимані мав важливу роль в економічному розвитку Східної та Західної Європи.

Вже починаючи з XVI ст. найякіснішу сіль з лиману вивозили в Польщу та інші країни Західної Європи. У XVII-XVIII ст. в Україні та Європі сіль була одним з найдорожчих товарів, але нестабільність самостійного випадіння солі в різні роки спричинювало коливання обсягів її видобування в лимані [23-26].

2.1 Господарські перетворення Куяльницького лиману для промислової добичі солі та штучне поповнення водойми морськими водами у XIX столітті

Для стабільного функціонування та розвитку промислової добичі солі в період з 1859 по 1878 рр. Куяльницький лиман було перегороджено дамбою (рис. 2.1а) навпроти німецької колонії Гільдендорф (нині – с. Красносілка) на дві частини – північну, в якій затримували прісні води весняних водопіль і дощових паводків, та південну (солесадкову), де здійснювалась промислова добича солі. Дамбу почали будувати в 1859 р. за проектом гірського інженера Рожкова [24, 27-34].

Крім цієї дамби, щоб припинити приплив прісних вод в південну (солесадкову) частину лиману, були загачені дві балки східного берегу лиману (Гільдендорфська та Корсунцівська). Дамба складалася з глини з кам'яними стінками та повинна була мати довжину 2933 м. Для сполучення обох частин лиману в дамбі передбачався водовипуск.

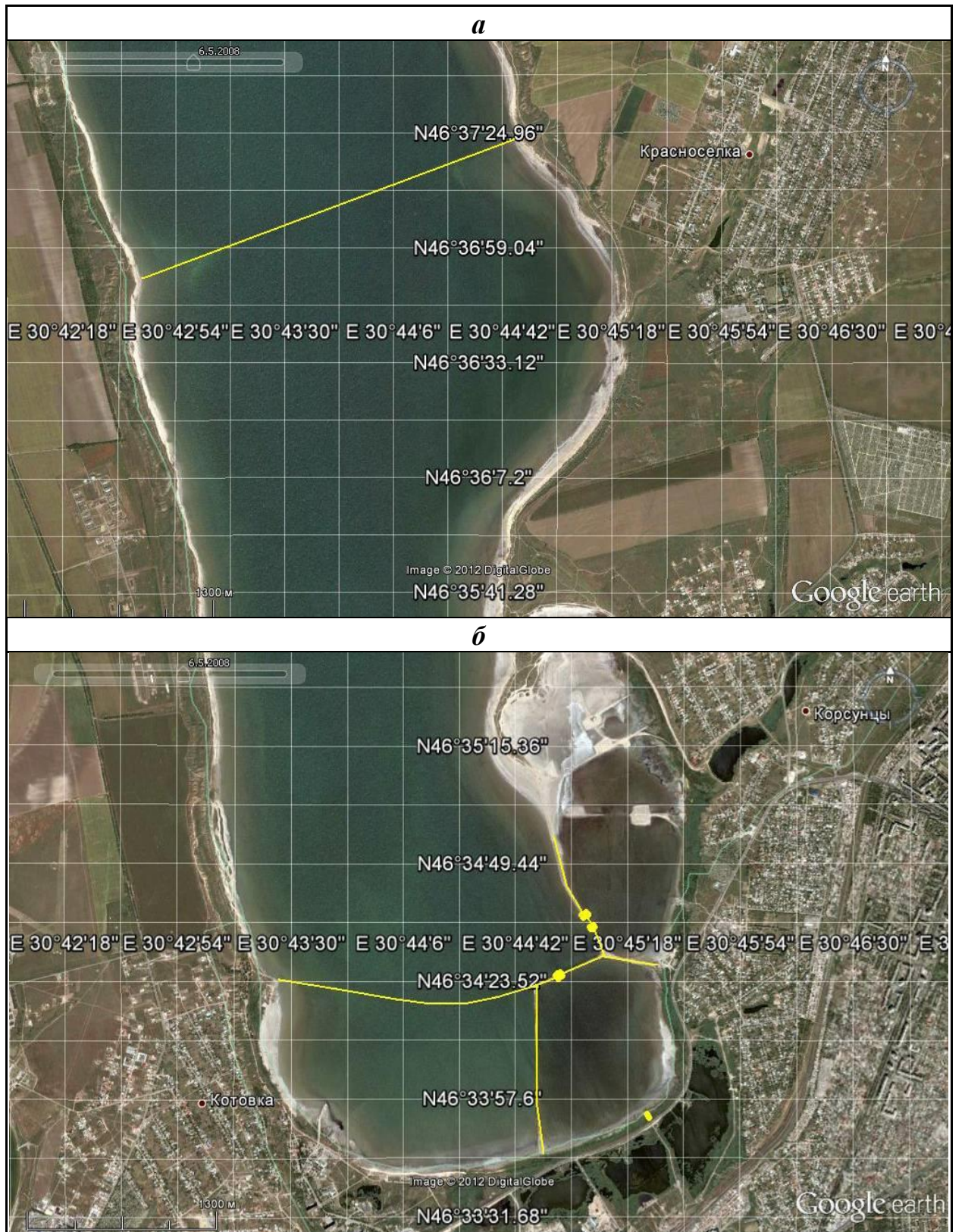


Рисунок 2.1 – Супутниковий знімок Куяльницького лиману з залишками дамб солепромислів (станом на 05.06.2008 р.): **а** – дамба Рожкова, **б** – дамби Корсунцівського та Андрієвського солепромислів [23, 37]

Під час будівництва дамба постійно просідала, тому остаточне завершення робіт по будівництву дамби були припинено до весни 1861 р. Однак, на початку березня 1861 р. в результаті дружного та швидкого танення снігу вода в лимані піднялася і затопила дамбу. Гребінь дамби був розмитий. До 1864 р. обидві частини лиману вільно з'єднувалися.

У 1864 р. роботу по будівництву дамби було завершено, проте південна частина лиману солесадковою не стала, що пов'язано з її «опрісненням» водами значних весняних водопіль у 1861-1863, 1870-1871, 1875-1878 рр. У 1871 р. дамба була розмита знову, це повторилося в 1876 і 1878 рр., тому з 1878 р. було вирішено дамбу більше не відновлювати, а обидві частини лиману з тих пір знову утворили єдину водойму [24-31, 35, 36].

Залишки цієї дамби існують до сьогодні. Їх можна бачити на сучасних супутникових знімках (рис. 2.1а), а при низьких рівнях води в лимані по залишкам дамби можна перейти з одного берегу Куяльницького лиману на інший [29-31].

У роки поділу лиману дамбою на дві частини (в 60-ті та 70-ті рр. ХІХ ст.) рівень води в південній частині лиману регулювався впуском води з моря. З 1860 по 1873 рр. морську воду подавали до лиману декілька разів.

Однак, в зв'язку з тим, що після значних водопіль вода проривала дамбу Рожкова і «опріснювала» південну частину Куяльницького лиману, видобування солі традиційним на той час способом стало зовсім неможливим. Тому для стабільного промислового видобування солі вже з 1861 р. почали влаштовувати басейни для випаровування води і збору солі (рис. 2.1б).

Обсяг видобування солі становив: у 1862 р. – 683985 пудів або приблизно 11 тис. т (1 пуд = 16,38 кг), у 1863 р. – 2749650 пудів або \approx 45 тис. т, у 1864 р. – 3841782 пуда або \approx 63 тис. т. Промисел солі здійснювався на Куяльницькому лимані аж до 1931 р. і за 70 років солепромислу було видобуто 1,5 млн. т найкращої в Європі солі.

Оцінити інтенсивність промислової добичі солі в південній частині Куяльницького лиману наприкінці XIX ст. (1893 р.) та на початку XX ст. можна за фотознімками грязелікарні, будівлі якої на цих фотознімках розміщені на фоні значних за розмірами ділянок солепромислів (басейнів для випаровування води, дамб солепромислів, настилів для збору солі тощо) [38, 39].

2.2 Характеристика солепромислів та штучне поповнення південної частини лиману морськими водами через з'єднувальний канал у XX столітті

За офіційними даними, в XX ст. Куяльницький лиман також ще двічі поповнювали морською водою – в 1907 та 1926 рр. [23]. В 1890-1901 рр. для забезпечення потреб солепромислів в південній частині лиману (Корсунцівського – з південно-східної частини лиману, та Андрієвського – з південно-західної частини лиману (рис. 2.1б), в районі санаторію) в східній частині пересипу між лиманом і Одеською затокою Чорного моря було споруджено з'єднувальний канал довжиною 2,6 км. Через канал у 1907 р. до лиману надійшло приблизно 20 % морської води від об'єму води в лимані [27].

З 1921 по 1925 рр. неодноразово розглядалось питання щодо відновлення подачі морської води в Куяльницький лиман. Тому в 1926 р., при рівні води мінус 7,12 м БС, до лиману було знову подано морську воду загальним об'ємом 7,5 млн. м³, що становило 35 % об'єму води в лимані. Схеми з'єднувального каналу «море-лиман», ситуація місцевості вздовж його траси, морфометричні характеристики та схеми соляних промислів в південній частині лиману за різні роки XX ст. (1926, 1931, 1944 рр.) показані на рис. 2.2 та 2.3 [23]. З'єднувальний канал «море-лиман» також добре видно на фотознімках періоду другої світової війни (рис. 2.3).

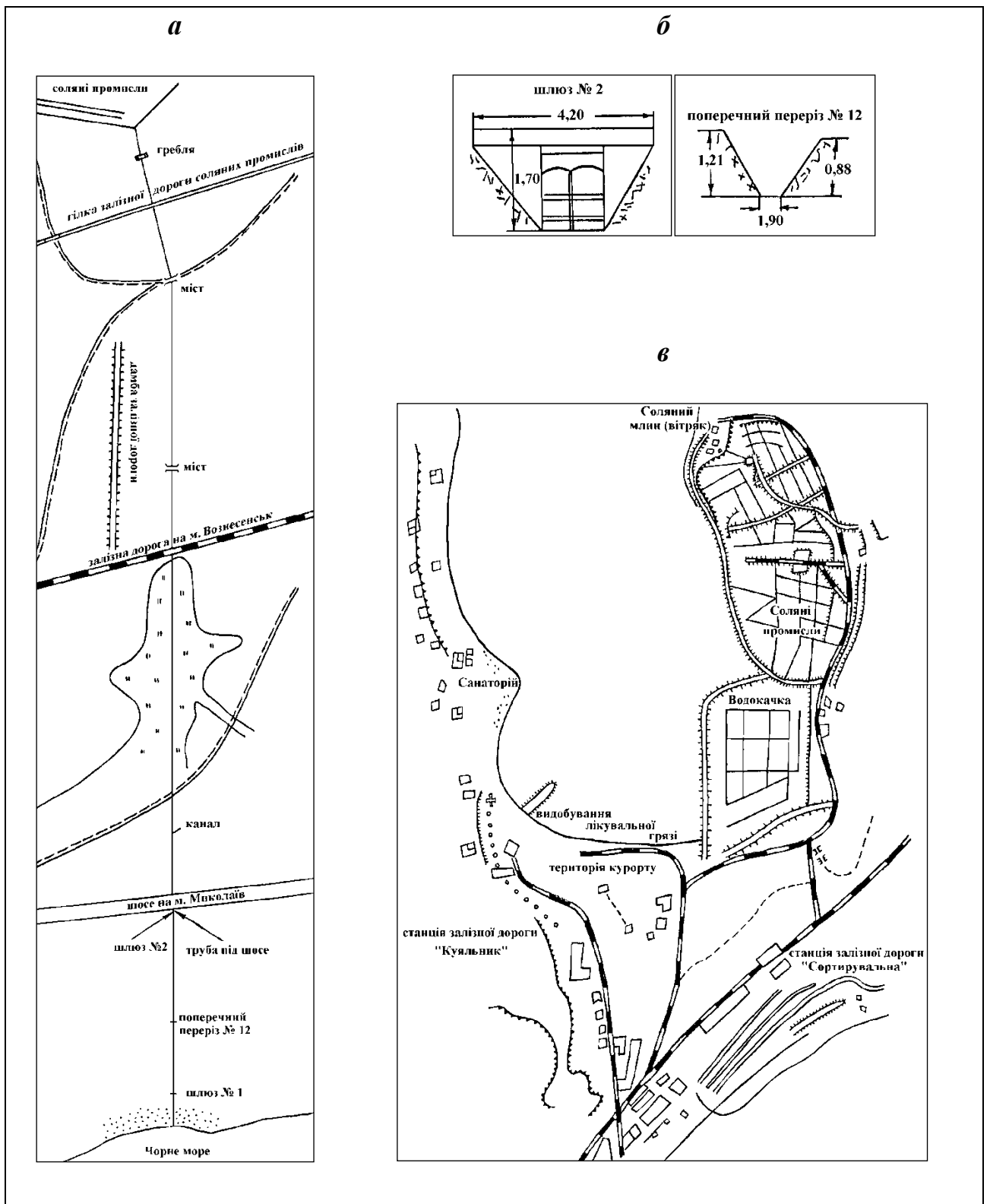


Рисунок 2.2 – Схеми місцезположення (а) та поперечні перерізи (б) каналу «море-лиман» і ситуація місцевості станом на 1926 р. та соляних промислів і території пересипу Куяльницького лиману (в) станом на 1931 р. [23]

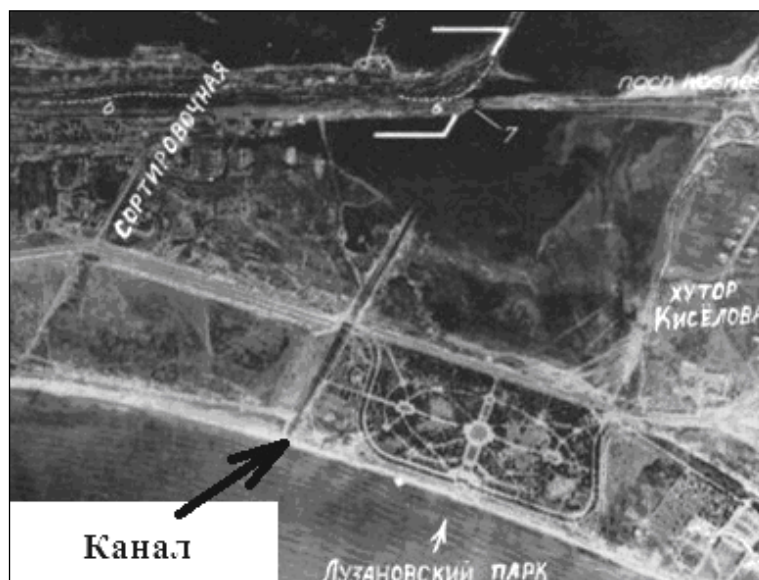


Рисунок 2.3 – Фрагмент аерофотозйомки пересипу між Куяльницьким лиманом та Одеською затокою Чорного моря (станом на 1944 р.) [23]

2.3 Наповнення Куяльницького лиману водами Хаджибейського лиману

В 1941-1942 р. Куяльницький лиман на 70 % об'єму поповнився водою з Хаджибейського лиману. Це відбулося після руйнування (підриву) в ніч з 15 на 16 жовтня 1941 р. захисної дамби Хаджибейського лиману-водосховища. Вода затопила територію Куяльницько-Хаджибейського пересипу і потрапила в Куяльницький лиман.

За даними водомірних спостережень [40] рівень води в лимані перевищив в червні 1944 р. відмітку мінус 2,00 м БС (рис. 2.4), а за даними М.Ш. Розенгурта [41] – в квітні 1942 р. він становив мінус 1,15 м БС. Про це також свідчать фотознімки затопленої території грязелікарні санаторію «Куяльник» того періоду (рис. 2.5) та фрагмент аерофотозйомки території району Лузанівки в 1944 р. (рис. 2.3), де видно частину затопленого пересипу на ділянці з'єднувального каналу.

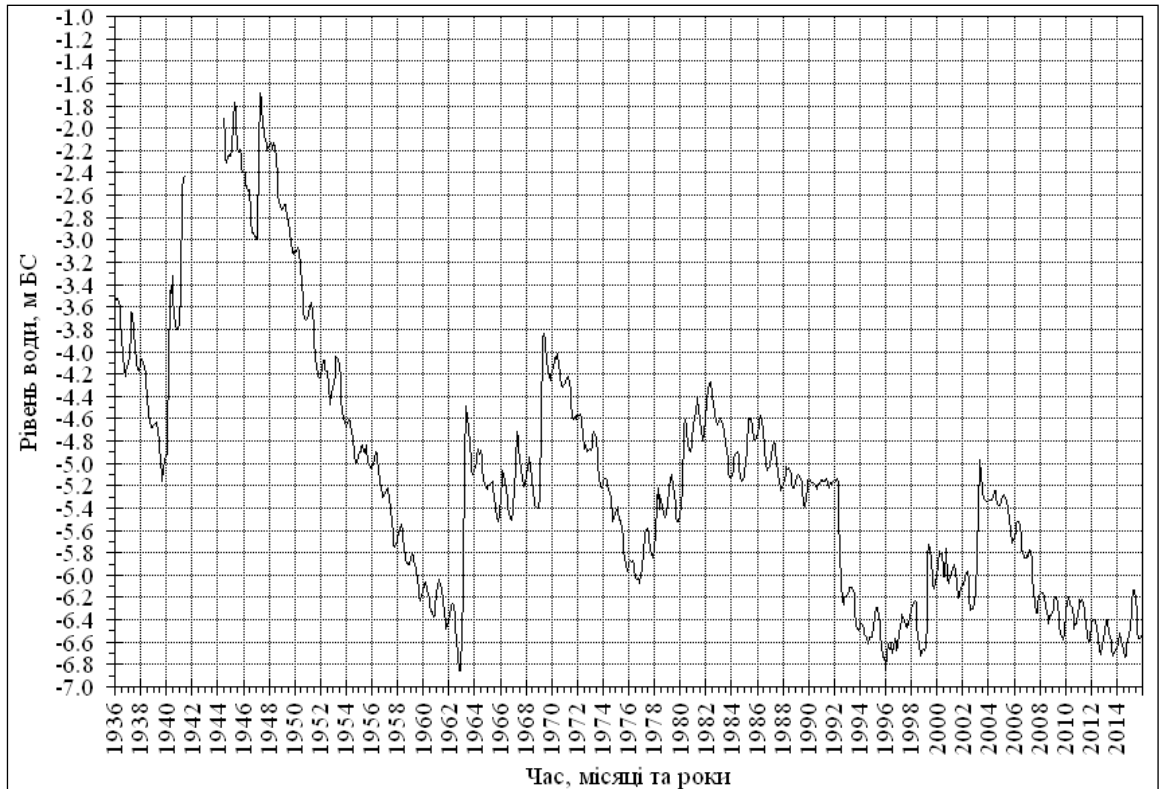


Рисунок 2.4 – Мінливість середньомісячних рівнів води Куяльницького лиману за період з січня 1936 р. по грудень 2015 р.

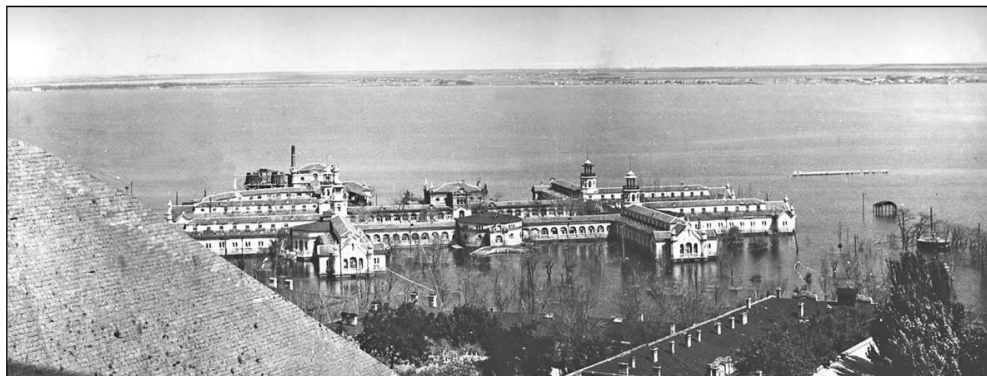


Рисунок 2.5 – Затоплений санаторій «Куяльник» після надходження води з Хаджибейського лиману в 1941 р. (вид з терренкурту на Жеваховій горі) [23]

2.4 Поповнення лиману з водойм пересипу та фільтрація морських вод

В водоймах (ставках, озерах) пересипу (рис. 2.1б та 2.6), які існували з моменту її появи, в результаті вклинювання фільтраційного потоку з моря та випадання атмосферних опадів постійно накопичувався деякий об'єм води.



Рисунок 2.6 – Місцез положення водойм пересипу Куяльницького лиману [23]: 1, 2, 3, 4 – умовне позначення штучних водойм (ставків) пересипу

Ще в 1898 р. на роль пересипу в водному живленні лиману звернув увагу А. Веріго. За його даними, у водах пересипу спостерігалось збільшення солоності з глибиною.

В поверхневих шарах пересипу води були прісні, а на глибині 5 м – досягали солоності та хімічного складу морської води. А. Веріго також відзначає процес випаровування вод, що фільтрувалися через пересип, з її поверхні та водної поверхні озер. До будівництва об'їзної автодороги з озер пересипу йшло природне розвантаження води в лиман у вигляді поверхневого стоку та фільтраційного потоку. Величину цього притоку води врахувати не представляється можливим, оскільки стік здійснювався розосереджено по всій ширині пересипу, а його величина обумовлювалася головним чином кількістю атмосферних опадів і перепадом рівнів води в морі та лимані [27].

У 1973-1975 рр. для вивчення взаємозв'язку між водами лиману та водоносними горизонтами в пересипу між лиманом і морем, були пробурені свердловини та організовані спостереження, які показали, що роль фільтрації морських вод через пересип незначна та становить 0,003-0,004 м³/с або приблизно 0,11 млн. м³/рік [27].

Після будівництва окружної дороги м. Одеси, її насип став своєрідною дамбою для поверхневого та фільтраційного потоків з пересипу, тому об'єм води в його озерах збільшився. Озера пересипу поступово були перетворені в чотири штучні водойми (ставки), що з'єднані між собою нерегульованими водопропускними спорудами, головним чином у вигляді труб.

В періоди інтенсивних зливових дощів, як наприклад, 24.05.2012 р., в ставках пересипу спостерігається швидке та значне підвищення рівня води, в деяких випадках на 0,5 м. Це пов'язано з тим, що водний режим цих ставків на сьогодні головним чином залежить від централізованого скидання зливових та інших стічних вод з території міста, об'єм яких оцінити неможливо через відсутність їхнього обліку.

До недавнього часу перетік води в цих ставках зазвичай був спрямований від східного ставка 1, куди стікають зливі води з с. Шевченково та району Лузанівки, через південно-східний ставок 2, куди також скидаються зливі й інші стічні води, в південно-західний ставок 3 і далі – в західний ставок 4, в який також скидаються води зливової каналізації з вул. Лиманна. Такий напрямок перетоку води в цих ставках обумовлений рівнем води в них при наповненні, який зазвичай є найвищим в східному ставку 1.

Для відведення води з ставків пересипу під окружною дорогою було споруджено нерегульований водовипуск з західного ставка 4 до південно-західної частини лиману. Цей водовипуск складається з залізобетонної труби діаметром 1,20 м (під окружною дорогою) та бетонного лотка з прямокутним перетином, шириною 1,1 м та найбільшою глибиною 0,85 м.

У 2015 р. головними джерелами надходження стоку в ставок 4 та далі в південно-західну частину Куяльницького лиману були стоки дренажно-

зливової каналізації з вулиць Лиманної та Залізнодорожньої, стоки зливової каналізації з Об'їзної дороги та стоки з скидного каналу заводу мінеральних вод «Куяльник». За даними обстеження, виконаного 26 травня 2015 р., перетік води з ставка 3 в ставок 4 не відбувався.

За результатами спостережень за скиданням води в лиман через цей водовипуск впродовж періоду з 1986 по 1995 рр. [27] та в 2012 р. [23] встановлено, що величина скидів носить сезонний характер: у осінній та зимово-весняний період, коли рівень води в ставках пересипу найбільш високий, витрати скидних вод становлять в середньому $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$, а в літній період – знижуються до $0,03\text{-}0,16 \text{ м}^3/\text{с}$. Тобто річні об'єми стоку з ставків до лиману становили $4,62\text{-}6,62 \text{ млн. м}^3$. У 2015 р. середня витрата води в гирлі ставка дорівнювала $0,023 \text{ м}^3/\text{с}$, а річний об'єм скидних вод з ставків пересипу в Куяльницький лиман склав лише $0,66 \text{ млн. м}^3$.

Таким чином, починаючи з 1859 р. і по сьогоднішній день (2015 р.) природний водно-сольовий режим Куяльницького лиману було трансформовано інтенсивною господарською діяльністю як в акваторії водойми, так і на водозбірному басейні лиману, тому мінливість рівнів та солоності води в лимані на протязі останніх більш ніж 150 років не є природними.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧОЇ ГІДРОТЕХНІЧНОЇ СПОРУДИ ТА УМОВИ ПОПОВНЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ

У 2013-2014 рр. здійснено проектування гідротехнічної споруди по з'єднанню Куяльницького лиману та Одеської затоки Чорного моря (трубопровід «море-лиман») та після проходження будівельної й екологічної експертизи і будівництва (жовтень-грудень 2014 р.), 22 грудня 2014 р. відбувся пробний, а 24 грудня 2014 р. офіційний запуск морських вод до лиману.

3.1 Характеристика гідротехнічної споруди по з'єднанню Куяльницького лиману та Одеської затоки

До комплексу споруд водогосподарської системи зі з'єднання водних об'єктів – Одеської затоки Чорного моря та Куяльницького лиману (рис. 3.1) входять:

- водозабірна споруда морського розташування;
- існуючий залізобетонний трубопровід Ø1000 мм;
- з'єднувальний трубопровід Ø1000 мм між водозабірною спорудою та існуючим залізобетонним трубопроводом Ø1000 мм;
- футляр під Миколаївською дорогою Ø1420 мм;
- колодязі з запірною арматурою;
- водовипуск до лиману [22].

Морський водозабір представляє з себе водозабірну споруду шахтного типу з рибозагороджувальним пристроєм парасолькового типу на кам'яній ліжці з позначкою мінус 5,0 м БС (рис. 3.2).

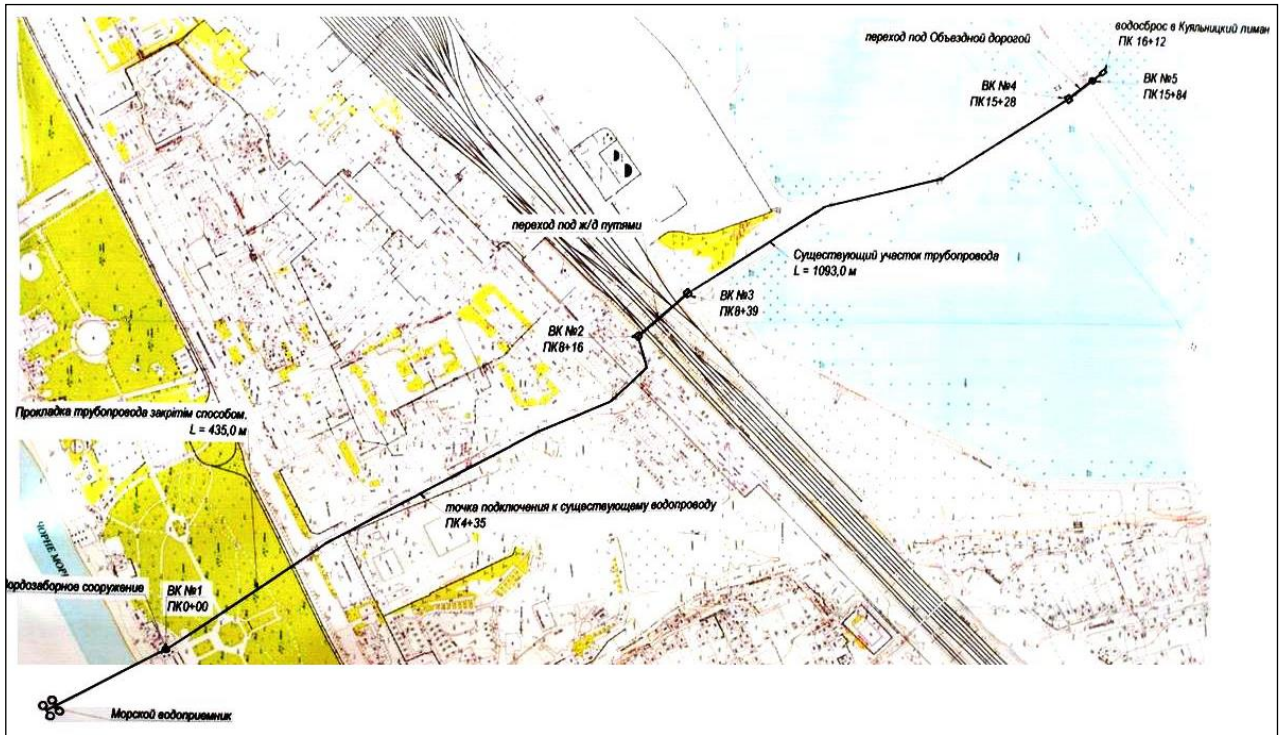


Рисунок 3.1 – Схема гідротехнічної споруди (трубопровід) «море-лиман» (з фотоархіву кафедри гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ)

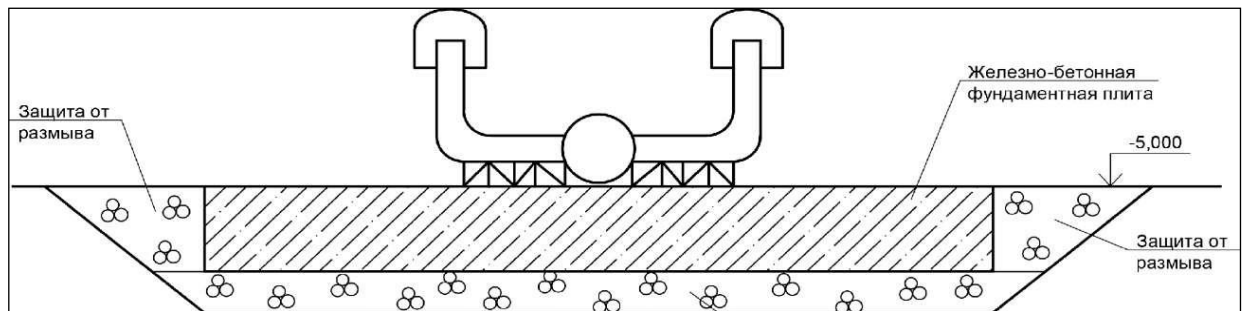


Рисунок 3.2 – Схема водозабірної споруди морського розташування [22]

Відвідна труба – сталеві $\text{Ø}1020 \times 10$ мм $L = 540$ м, відводить воду до водоприймального колодязю ВК № 1 ($\text{Ø}3000$ мм) водопровідної мережі, оснащеного двома щитовими затворами $\text{Ø}1000$ мм на ПК0+00. Конструкція водозбору парасолькового типу є блоком, що складається з чотирьох секцій, кожна з яких розрахована на витрату $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$. Загальна проектна витрата

водозабірної споруди становить $1,00 \text{ м}^3/\text{с}$. Пристрій змонтований на оголовок споруди. Внутрішній діаметр на вході в парасольку оголовка становить 1600 мм (труба 1620×10 мм). Вхідна частина зонтичного пристрою заглиблена під рівень води на 3,34 м. Верхні торці водоприймальних патрубків розташовані нижче розрахункового мінімального рівня води в морі.

Довжина з'єднувального трубопроводу «море-лиман» – 1696 м, траса має вигляд дещо ламаної лінії (рис. 3.1), яка проходить через такі ділянки сучасної території пересипу:

а) ділянка довжиною 238 м – парк «Лузанівка» (60-70 м західніше центральної алеї);

б) ділянка довжиною 56 м – під трамвайними шляхами та Миколаївською дорогою (50 м східніше вул. Красна);

в) ділянка довжиною 227 м – від Миколаївської дороги вздовж східної сторони вул. Красна до точки підключення до існуючого трубопроводу;

г) ділянка довжиною 283 м – на території КНС-10 (вздовж її західної межі) або вздовж східної сторони вул. Красна;

д) ділянка довжиною 99 м – на території гаражів, розташованих вздовж південної сторони насипу залізної дороги (район станції «Сортирувальна», напроти вул. Красна);

е) ділянка довжиною 83 м – під насипом залізної дороги (район станції «Сортирувальна», по лінії між вул. Красна і дамбою між ставками 1 та 2);

ж) ділянка довжиною 628 м – вздовж дамби між ставками 1 та 2 (з сторони ставка 1);

з) ділянка довжиною 56 м – під насипом Об'їзної дороги м. Одеса.

и) ділянка довжиною 26 м – від Об'їзної дороги до водовипуску [23].

Водоскид трубопроводу «море-лиман» розташований в підшві укусу автодороги «Об'їзд м. Одеси по дамбі Куяльницького лиману» та виконаний з збірного залізобетонного оголовка, встановленого на габіонний матрац [22].

3.2 Умови подачі морської води в лиман

Для управління режимами рівнів і мінералізації води в Куяльницькому лимані за умови, що його наповнення морською водою відбуватиметься трубопроводом «море-лиман», в *«Правилах експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки»* [22] рекомендується виконувати роботу трубопроводу за наступними варіантами, які враховують такі граничні умови подачі морської води з Одеської затоки до Куяльницького лиману.

Подача морської води до лиману починається, якщо:

а) середньодобова температура води в Одеській затоці є меншою або дорівнює 8°C (температура, при якій у морській воді ще відсутні мікроорганізми-токсиканти, що виділяють токсичні речовини, й потрапляння яких у лиман не бажане);

б) середньомісячна мінералізація води в лимані є більша за 40 г/дм^3 (нижня межа мінералізації води для існування так званої «бальнеологічної біоти» [1, 21]), а позначка рівня води в лимані є меншою від мінус $4,35 \text{ м БС}$ (рівень води, при якому після проходження водопілля або паводка забезпеченістю $P=1\%$, а також при їх накладанні, не відбудеться затоплення на узбережжі лиману та території пересипу між лиманом і морем населених пунктів, санаторно-курортних закладів, об'їзної дороги та інших господарських об'єктів [1, 18]).

Подача морської води до лиману припиняється, якщо:

а) значення рівня води в лимані перед початком водопілля є більше позначки мінус $4,35 \text{ м БС}$;

б) середньомісячна мінералізації води менша за 40 г/дм^3 ;

в) середньодобова температура води в Одеській затоці вища ніж 8°C .

Перелічені умови подачі морської води до Куяльницького лиману зазначені в *«Правилах експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки»* [22].

4 МОДЕЛЬ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ЛИМАНУ

Рівняння водно-сольового балансу Куяльницького лиману:

– модель водного балансу (рис. 4.1):

$$W_{K,j} = W_{K,j-1} + (W_{P,j} + W_{r,j} + W_{m,j} - W_{E,j}) \Delta t; \quad (4.1)$$

– модель балансу маси солей:

$$C_{K,j} = C_{K,j-1} + (W_{P,j}S_{P,j} + W_{r,j}S_{r,j} + W_{m,j}S_{m,j}) \Delta t \quad (4.2)$$

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

$W_{K,j-1}$ – об'єм води в лимані наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), млн. м³;

$W_{K,j}$ – об'єм води в лимані наприкінці розрахункового місяця (j), млн.м³;

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

$W_{r,j}$ – об'єм припливу води (поверхневого, схилового, підземного стоку) з водозбірного басейну до лиману за місяць (j), млн. м³;

$W_{m,j}$ – об'єм припливу води з моря трубопроводом «море-лимани» за місяць (j), млн. м³;

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

$C_{K,j-1} = 0,001 W_{K,j-1} S_{K,j-1}$ – маса солей в лимані наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), млн. т;

$C_{K,j} = 0,001 W_{K,j} S_{K,j}$ – маса солей в лимані наприкінці місяця (j), за який виконується розрахунок, млн. т;

$S_{K,j-1}$ – мінералізація води в лимані наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця ($j-1$), г/дм³;

$S_{K,j}$ – мінералізація води в лимані наприкінці місяця (j), який розраховується, г/дм³;

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

$S_{r,j}$ – середня за місяць (j) мінералізація припливних вод (поверхневих, схилових, підземних), що надійшли до лиману з його басейну, г/дм³;

$S_{m,j}$ – мінералізація води, що надходить до лиману трубопроводом «море-лимани» за місяць (j), г/дм³.

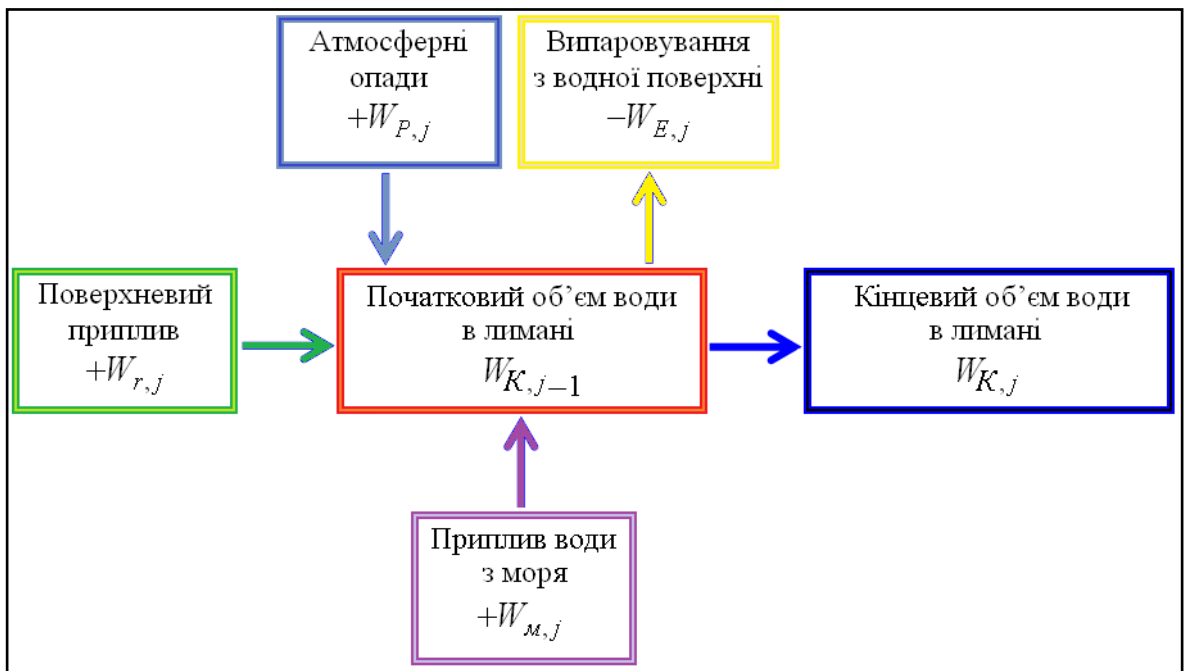


Рисунок 4.1 – Блок-схема водного балансу Куяльницького лиману при моделюванні наповнення лиману водами Чорного моря

Об'єм води в лимані наприкінці розрахункового місяця (j) визначається на кожному розрахунковому кроці: $W_{K,j} = W_{K,j-1} + \Delta W_{K,j}$.

Надалі, із застосуванням функціональних залежностей $\zeta_{K,j} = f(W_{K,j})$ та $F_{K,j} = f(\zeta_{K,j})$ (рис. 4.2 та 4.3), визначаються площа водної поверхні $F_{K,j}$ (млн. м²) і рівень води у лимані $\zeta_{K,j}$ (м БС) наприкінці місяця (j).

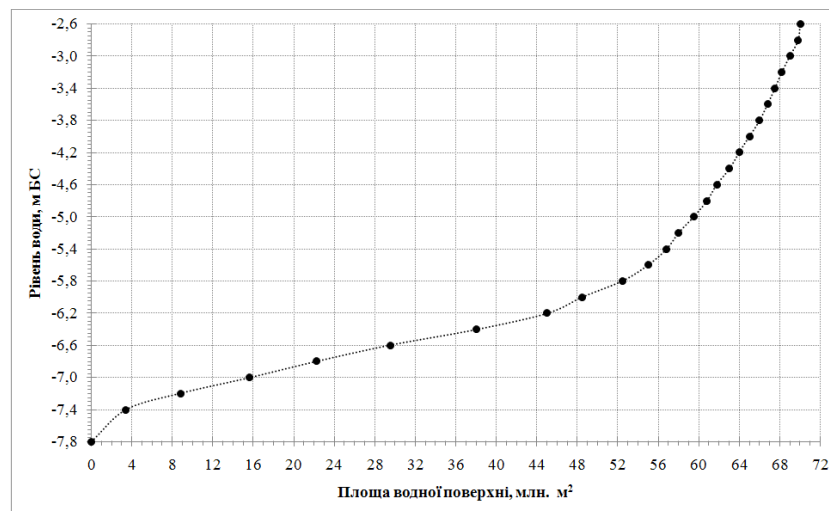


Рисунок 4.2 – Крива площ водної поверхні $F_{K,j} = f(\zeta_{K,j})$ Куяльницького лиману

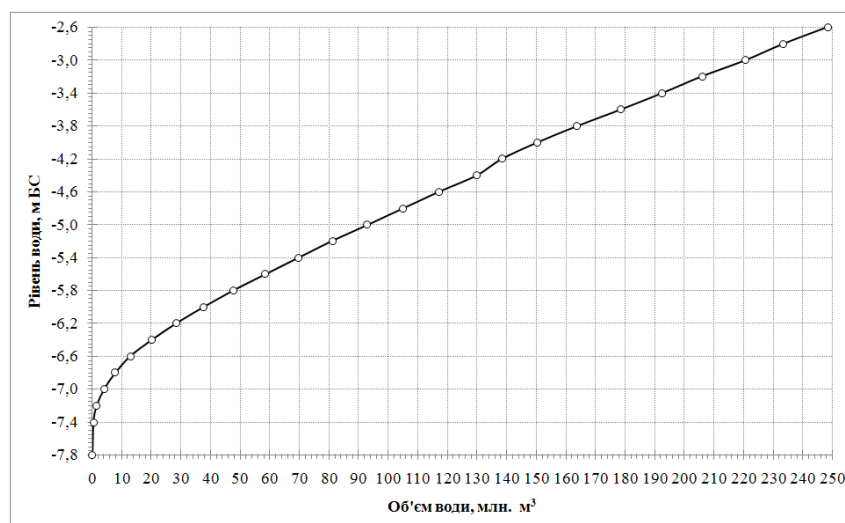


Рисунок 4.3 – Крива об'ємів води $\zeta_{K,j} = f(W_{K,j})$ Куяльницького лиману

Мінералізація води в лимані наприкінці місяця (j) розраховується так

$$S_{K,j} = \frac{C_{K,j}}{W_{K,j}} \cdot \quad (4.3)$$

Об'єм атмосферних опадів $W_{P,j}$, млн. м³, що випали на водну поверхню Куяльницького лиману за j -й місяць, визначався за формулою

$$W_{P,j} = P_j F_{j-1}, \quad (4)$$

де P_j – шар атмосферних опадів за розрахунковий місяць (j), м, визначений за даними метеорологічного поста «Одеса-Куяльник»;

F_{j-1} – площа водної поверхні лиману наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця, млн. м².

Мінералізація атмосферних опадів в районі лиману $S_{P,j}$ (г/дм³) визначається з використанням зв'язку з сумами опадів (рис. 4.3).

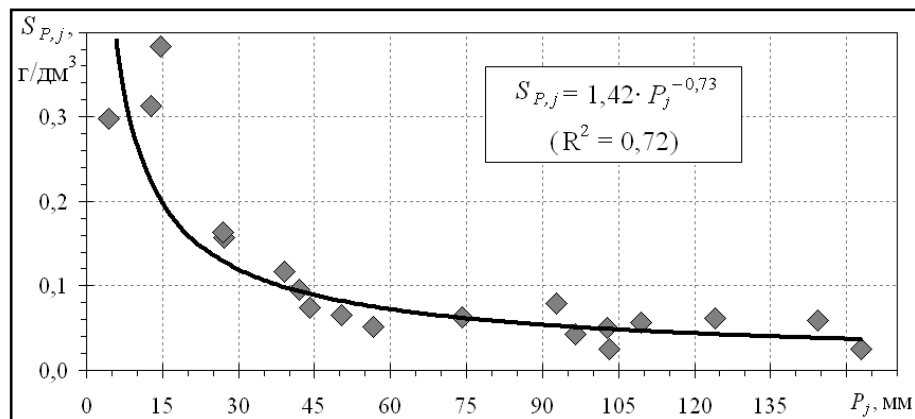


Рисунок 4.3 – Зв'язок середньомісячних значень мінералізації атмосферних опадів ($S_{P,j}$, мг/дм³) з щомісячними сумами опадів (P_j , мм)

Об'єм припливу вод з водозбірного басейну $W_{r,j}$ (поверхневих, схилових, підземних), млн. м³, до Куяльницького лиману за розрахунковий період визначається за формулою

$$W_{r,j} = W_{p.B.K.,j} + W_{p.Д.,j} + W_{p.K.,j} + W_{б.Г.,j} + W_{б.K.,j} + W_{c.л.ВНС5,j} + W_{c.л.с.п.,j}, \quad (4.5)$$

де $W_{p.B.K.,j}$, $W_{p.Д.,j}$, $W_{p.K.,j}$, $W_{б.Г.,j}$, $W_{б.K.,j}$, $W_{c.л.ВНС5,j}$, $W_{c.л.с.п.,j}$ – об'єми надходження вод до лиману за розрахункові місяці (j), відповідно, від річок Великий Куяльник, Довбока, Кубанка, балок Гільдендорфська, Корсунцівська, скидних лотків водо-насосної станції (ВНС) № 5 та ставків пересипу.

При наявності даних про середньомісячні витрати води водотоків, що впадають в лиман, як, наприклад, для р. В. Куяльник, об'єми припливу вод, що надійшли за місяць до лиману з водозбірного басейну річки або балки, $W_{r,j,i}$, млн. м³, розраховуються за формулою

$$W_{r,j,i} = 86400n_jQ_{r,j,i}10^{-6}, \quad (4.6)$$

де $Q_{r,j,i}$ – середня за j -й місяць витрата води i -го водотоку, м³/с;

n_j – кількість діб в j -му місяці року;

86400 – кількість секунд в одній добі, с;

10^{-6} – перехідний коефіцієнт з м³ до млн. м³.

Мінералізація води приток (річок Довбока, Кубанка, балок Гільдендорфська, Корсунцівська, скидних лотків ВНС № 5 та ставків пересипу) визначається за даними ОДЕКУ (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Середні значення мінералізації води (мг/дм³) в гирлах приток Куяльницького лиману (без р. В. Куяльник)

Річка, балка, скидний лоток	Мінералізація води, г/дм ³
р. Довбока	3,380
р. Кубанка	4,665
б. Гільдендорфська	5,028
б. Корсунцівська	2,268
скидний лоток з ВНС № 5	0,552
скидний лоток з ставків пересипу	1,885

Мінералізація води річки Великий Куяльник визначається з використанням її зв'язку з витратою води $\Sigma I=f(Q)$ (рис. 4.4).

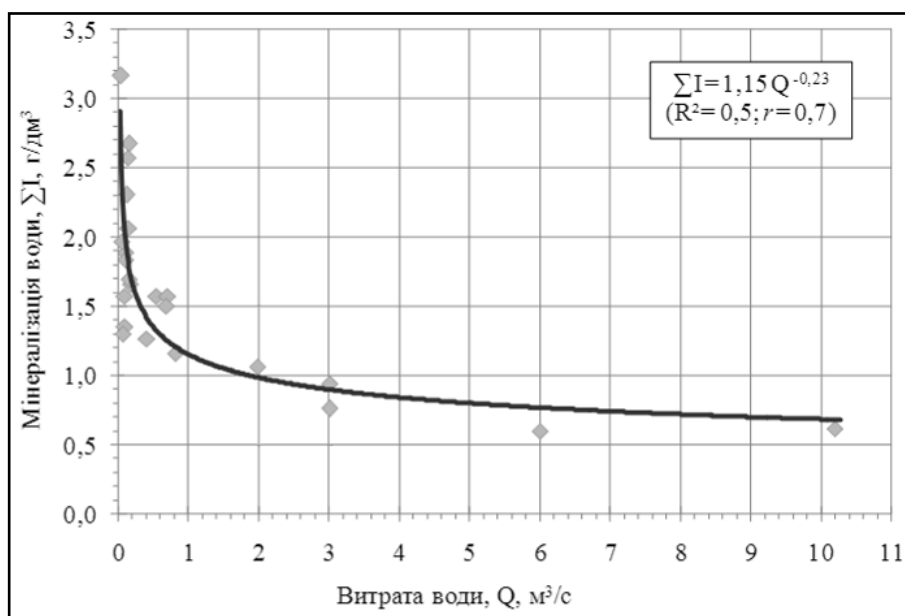


Рисунок 4.4 – Зв'язок мінералізації води (суми іонів) з витратою води $\Sigma I=f(Q)$ в гирловій частині р. В. Куяльник – с. Северинівка

Об'єм випаровування з водної поверхні $W_{E,j,i}$ лиману розраховували так:

$$W_{E,j} = E_{S,j} F_{j-1}, \quad (4.7)$$

$$E_{S,j} = k_{S,j} E_j, \quad (4.8)$$

$$k_{S,j} = 1 - 0,002 S_{j-1}, \quad (4.9)$$

де $E_{S,j}$ – шар випаровування з водної поверхні лиману за розрахунковий місяць (j), м;

E_j – розрахунковий шар води, який випарився за місяць (j) з водної поверхні прісної водойми в районі лиману, м;

$k_{S,j}$ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив мінералізації води на зменшення випаровування з водної поверхні лиману.

Шар води, який випарився за місяць (j) з водної поверхні прісної водойми E_j , знаходили за його зв'язком з середньомісячними температурами повітря T_j , °C, та значеннями відносної вологості повітря f_j , % (рис. 4.5).

Об'єми припливу морських вод через трубопровід «море-лиман» $W_{m,j}$, млн. м³, за розрахунковий місяць (j) визначається за формулою

$$W_{m,j} = 86400 N_j Q_{m,j} 10^{-6}, \quad (4.10)$$

де N_j – кількість діб, коли надходила морська вода в j -ому місяці;

$Q_{m,j}$ – середні за місяць витрати води в трубопроводі, м³/с;

86400 – кількість секунд в одній добі, с;

10^{-6} – коефіцієнт, який переводить розраховані дані з м³ в млн. м³.

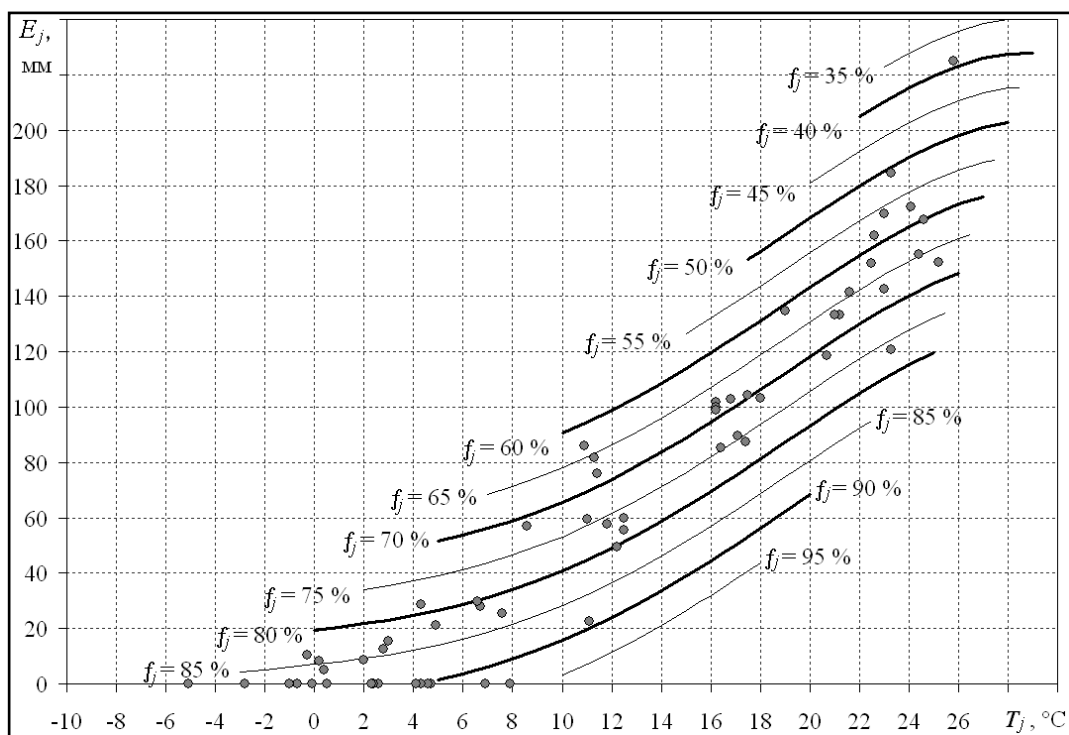


Рисунок 4.5 – Зв’язок шару води, який випарився за місяць (j) з водної поверхні прісної водойми E_j , мм, з середньомісячними температурами повітря T_j , °C, та значеннями відносної вологості повітря f_j , %

Середньомісячні значення мінералізації морської води $S_{m,j}$, г/дм³, визначаються за даними гідрологічного поста «Порт-Одеса» (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Середньомісячні значення мінералізації морської води

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$S_{m,j}$, г/дм ³	13,81	14,14	13,70	12,32	13,05	13,81	14,19	14,74	15,09	14,43	13,55	13,84

В розрахунках водно-сольового балансу лиману приймається, що приплив морської води через трубопровід «море-лимани» відбувається самопливом з витратою $Q_m = 1,10 \text{ м}^3/\text{с}$.

5 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ РІВНІВ ВОДИ ТА РОЗРАХУНКІВ ЗА МОДЕЛЛЮ ВОДНО-СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ ЛИМАНУ В МАЙБУТНЬОМУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Частково проблема забезпечення задовільного функціонування Куяльницького лиману як рекреаційного та бальнеологічного об'єкта була вирішена шляхом введення в дію трубопроводу «море-лимани», як одного із найшвидших, найдешевших і екологічно безпечних методів «порятунку» лиману в умовах екологічної кризи.

Вже за період з 2014 по 2018 рр. середньорічні значення рівнів води в Куяльницькому лимані підвищилися на 0,30 м, а рівні води в лимані виміряні у 2018 р. були найвищими серед виміряних строкових рівнів води за період з 2009 по 2017 рр. (рис. 5.1). Середня солоність води не перевищувала значення верхньої граничної межі 200 ‰.



Рисунок 5.1 – Мінливість виміряних значень рівнів води Куяльницького лиману (м БС) за період з січня 2014 р. по грудень 2018 р.

З метою відновлення природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) стоку річок, які впадають у Куяльницький лиман, Одеською облдержадміністрацією в продовж 2012-2018 рр. реалізовувалася регіональна програма [3].

Визначено, що повне або часткове відновлення річкового стоку до Куяльницького лиману потребує оптимізації водогосподарської діяльності на його водозборі, з урахуванням змін клімату, які відбуваються.

Установлено, що оптимізація розміщення штучних водойм на водозборі лиману має бути проведена за рахунок зменшення об'ємів заповнення штучних водойм. В залежності від масштабів розчищення річок від водойм буде відновлюватися їх стік, а, отже, збільшуватися приплив прісних вод до Куяльницького лиману.

Згідно вимог статті 82 Водного Кодексу України визначено, що об'єми регулювання стоку у басейні р. Кошкова (найдовшої притоки р. В. Куяльник) дорівнюють нулю, тобто жодної штучної водойми у басейні даної річки не повинно бути. Для цієї річки допустимий дуже незначний об'єм штучних водойм (менше 0,01 млн. м³), який не впливатиме на зменшення природного стоку в її гирлі.

Незначні обсяги регулювання стоку (об'єми штучних водойм) можливі у басейні р. Силівка (до 0,05 млн. м³).

Дещо більшим є загальний об'єм водойм на б. Каразея (0,20 млн. м³), яка є основною правою притокою р. В. Куяльній у її верхів'ях.

Серед приток р. В. Куяльник найбільші обсяги регулювання стоку допустимі на р. Суха Журівка (до 0,45 млн. м³).

Рекомендовані об'єми заповнення штучних водойм для періоду з 1990 по 2030 рр. дорівнюють 5,1; 4,08 та 2,04 млн. м³, відповідно. При таких граничних об'ємах заповнення штучних водойм середня багаторічна величина надходження прісного стоку з басейну р. В. Куяльник до Куяльницького лиману становитиме, відповідно, 14,5; 15,0; 17,0 млн. м³ [21].

За результатами імітаційного моделювання водно-сольового режиму Куяльницького лиману в майбутньому (за кліматичним сценарієм А1В, для періоду з 2021 по 2030 рр.) визначено, що мінливість середньомісячних значень рівнів і мінералізації води (рис. 5.2) у разі відновлення на 80% природного річного стоку річки Великий Куяльник буде близькою до сучасного варіанту, коли побутовий стік річки доповнюється перекидом морської води по трубопроводу з Одеської затоки у лиман.

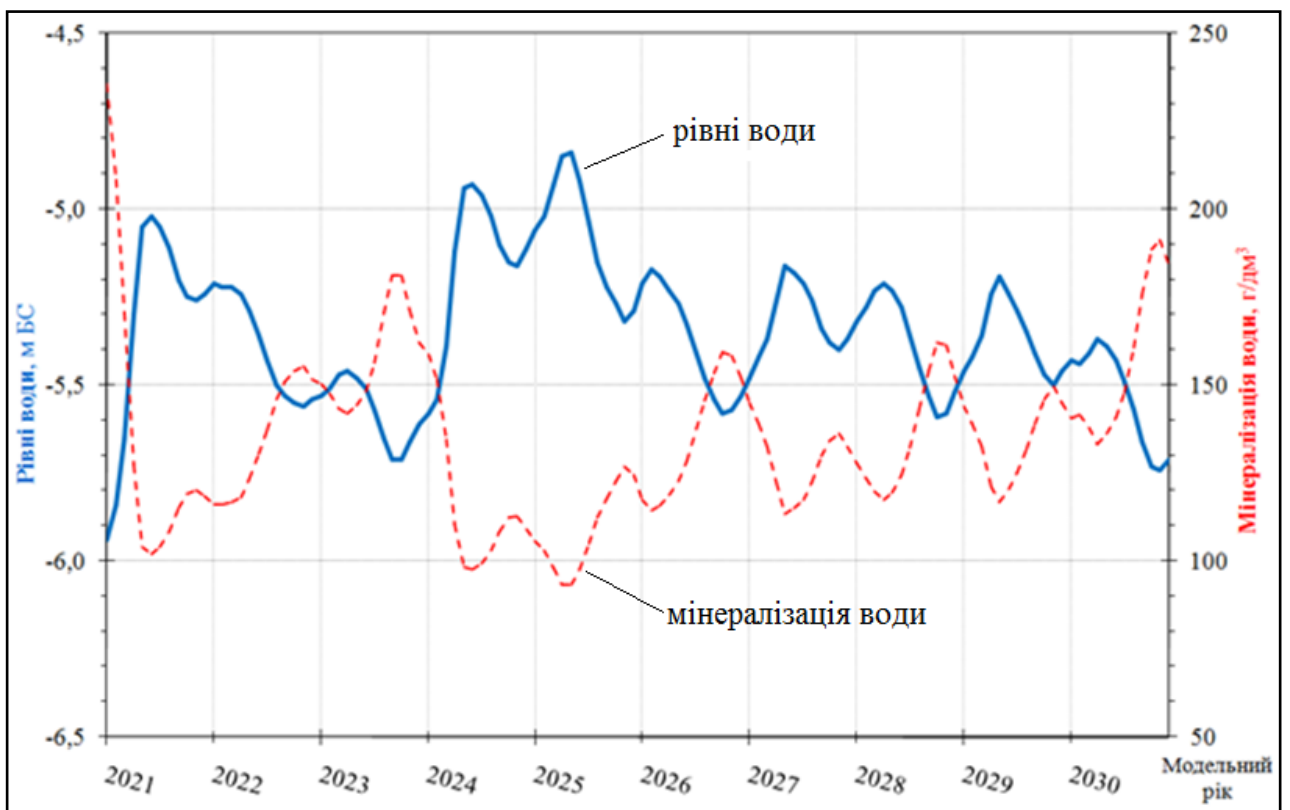


Рисунок 5.2 – Можлива мінливість середньомісячних значень рівнів і мінералізації води в Куяльницькому лимані в умовах відновленого на 80% природного стоку р. В. Куяльник у період 2021-2030 рр.

Крім того, відновлення природного стоку річки зменшить у разі щорічне прирощення кількості солей в Куяльницькому лимані (на сьогодні щорічне надходження морських солей становить 230-250 тис. тонн), яке спостерігається у сучасності за рахунок постачання морської води у лиман з Одеської затоки через трубопровід «море-лиман» (рис. 5.3).

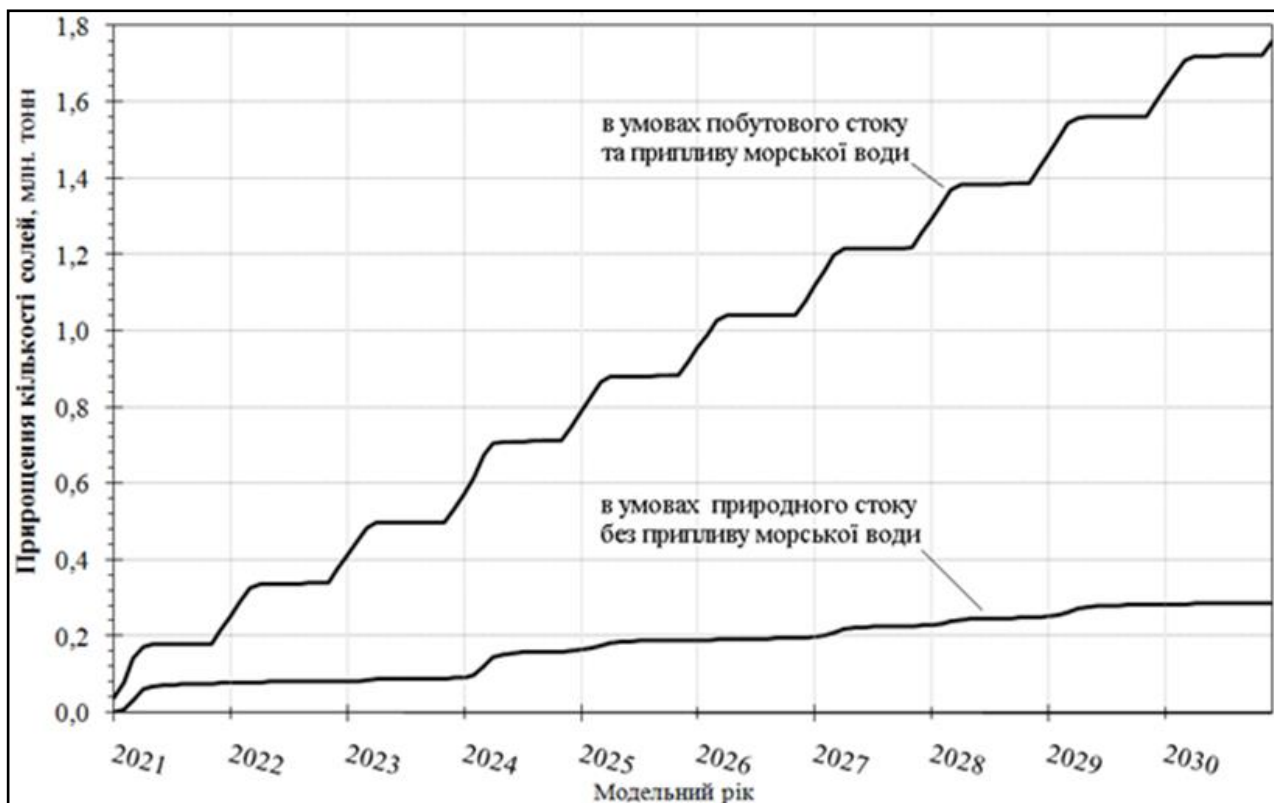


Рисунок 5.3 – Прирощення кількості солей в Куяльницькому лимані в умовах природного стоку р. В. Куяльник (без надходження морських вод) та в умовах побутового стоку річки (при надходженні морських вод) у період 2021-2030 рр.

6 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ПОПОВНЕННЯ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ (2015-2019 рр.) З ДАНИМИ ПОПЕРЕДНІХ РОКІВ (2010-2014 рр.)

У даному розділі представлено порівняльний аналіз змін рівнів води в Куяльницькому лимані в умовах його штучного поповнення морською водою з Одеської затоки Чорного моря (з кінця грудня 2014 р. по 2019 р.), яке періодично виконується у холодні періоди року (згідно з вимогами «Правилами експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки» [42]), з даними попередніх років (2010-2014 рр.).

Метою даного розділу було визначення мінливості рівнів води Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення морською водою (2015-2019 рр.) та їх порівняльний аналіз з даними попередніх років (2010-2014 рр.). Для роботи були використані матеріали звітів з науково-дослідних робіт ОДЕКУ за період з 2015 по 2018 рр. [18-21], дані вимірювань рівнів води Куяльницького лиману (**рис. 6.1**) фахівцями структурних підрозділів Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів і Первомайської гідрометеорологічної станції Державної служби України з надзвичайних ситуацій [40, 43], а також інші дані з різних джерел інформації – наукових монографій, статей, матеріалів наукових конференцій, довідників [1, 2, 44, 45, 46, 47, 48].

Для порівняльного аналізу були підготовлені таблиці з даними про середні, найвищі та найнижчі рівні води за різні періоди (дні, місяці, роки), які визначені за даними щоденних однострокових (о 08:00) вимірювань на водомірному посту «лимани Куяльницький – Одеса» (**табл. 6.1 та 6.2**).

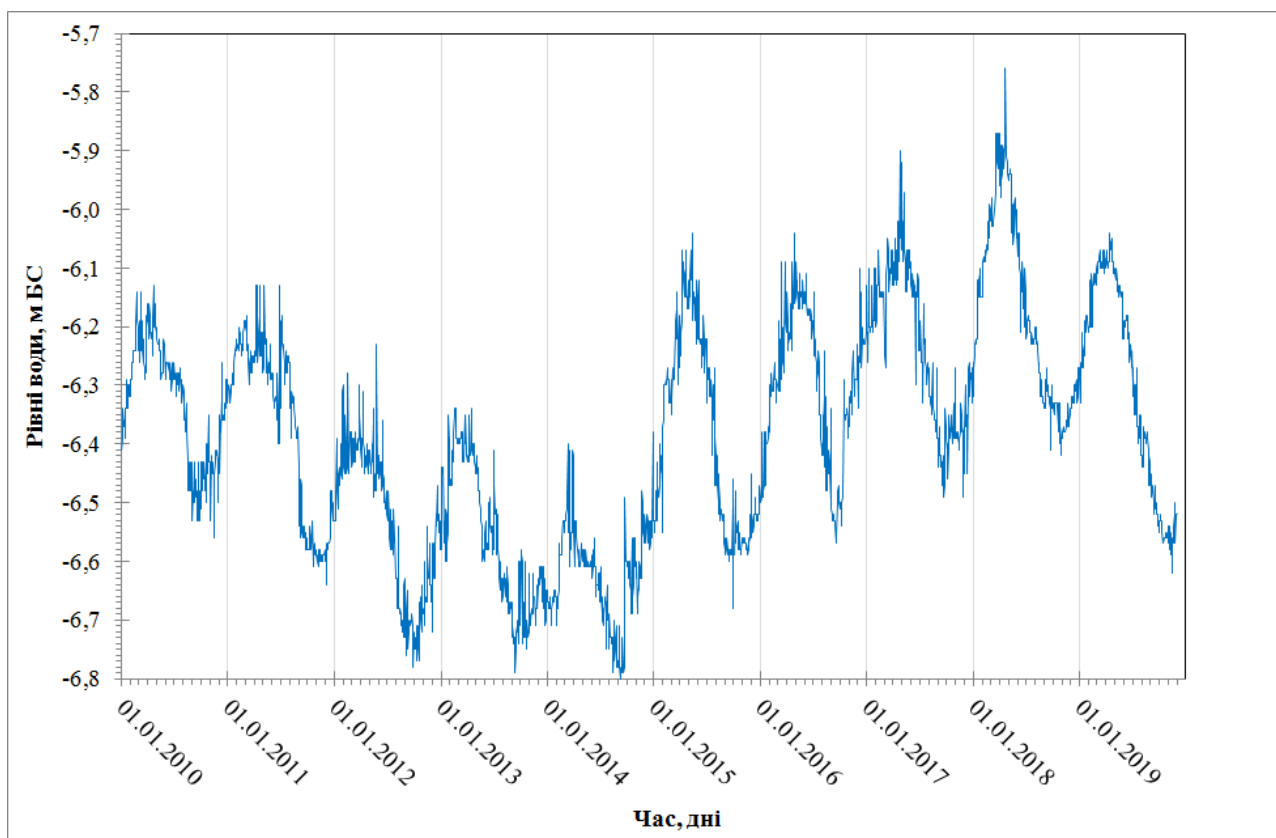


Рисунок 6.1 – Щоденні рівні води Куяльницького лиману (за даними поста “лиман Куяльницький – Одеса”) за період з 2010 по 2019 рр.

Таблиця 6.1 – Середні, найвищі та найнижчі за місяць позначки рівнів води Куяльницького лиману (пост «лиман Куяльницький – Одеса») за період з 2010 по 2019 рр.

Місяць, рік	Середній рівень за місяць		Найвищий рівень за місяць		Найнижчий рівень за місяць	
	см ум.	м БС	см ум.	м БС	см ум.	м БС
1	2	3	4	5	6	7
Січень 2010 р.	72	-6,34	77	-6,29	65	-6,41
Лютий 2010 р.	82	-6,24	92	-6,14	75	-6,31
Березень 2010 р.	84	-6,22	92	-6,14	77	-6,29
Квітень 2010 р.	87	-6,19	93	-6,13	81	-6,25
Травень 2010 р.	81	-6,25	86	-6,20	77	-6,29
Червень 2010 р.	78	-6,28	80	-6,26	75	-6,31
Липень 2010 р.	77	-6,29	80	-6,26	73	-6,33
Серпень 2010 р.	66	-6,40	76	-6,30	58	-6,48
Вересень 2010 р.	58	-6,48	63	-6,43	53	-6,53
Жовтень 2010 р.	63	-6,43	71	-6,35	56	-6,50
Листопад 2010 р.	62	-6,44	65	-6,41	50	-6,56
Грудень 2010 р.	72	-6,34	80	-6,26	61	-6,45
Січень 2011 р.	78	-6,28	84	-6,22	73	-6,33
Лютий 2011 р.	84	-6,22	87	-6,19	81	-6,25
Березень 2011 р.	82	-6,24	88	-6,18	76	-6,30
Квітень 2011 р.	84	-6,22	93	-6,13	80	-6,26
Травень 2011 р.	80	-6,26	93	-6,13	76	-6,30
Червень 2011 р.	75	-6,31	93	-6,13	66	-6,40
Липень 2011 р.	71	-6,35	88	-6,18	76	-6,30
Серпень 2011 р.	62	-6,44	75	-6,31	67	-6,39
Вересень 2011 р.	52	-6,54	62	-6,44	48	-6,58

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Жовтень 2011 р.	47	-6,59	53	-6,53	45	-6,61
Листопад 2011 р.	47	-6,59	48	-6,58	45	-6,61
Грудень 2011 р.	51	-6,55	58	-6,48	42	-6,64
Січень 2012 р.	61	-6,45	76	-6,30	53	-6,53
Лютий 2012 р.	66	-6,40	78	-6,28	61	-6,45
Березень 2012 р.	66	-6,40	76	-6,30	62	-6,44
Квітень 2012 р.	65	-6,41	75	-6,31	61	-6,45
Травень 2012 р.	64	-6,42	83	-6,23	57	-6,49
Червень 2012 р.	60	-6,46	70	-6,36	55	-6,51
Липень 2012 р.	50	-6,56	58	-6,48	43	-6,63
Серпень 2012 р.	38	-6,68	52	-6,54	33	-6,73
Вересень 2012 р.	35	-6,71	41	-6,65	28	-6,78
Жовтень 2012 р.	35	-6,71	42	-6,64	29	-6,77
Листопад 2012 р.	42	-6,64	52	-6,54	35	-6,71
Грудень 2012 р.	49	-6,57	59	-6,47	34	-6,72
Січень 2013 р.	56	-6,50	71	-6,35	46	-6,60
Лютий 2013 р.	66	-6,40	72	-6,34	59	-6,47
Березень 2013 р.	66	-6,40	71	-6,35	63	-6,43
Квітень 2013 р.	66	-6,40	72	-6,34	63	-6,43
Травень 2013 р.	54	-6,52	64	-6,42	46	-6,60
Червень 2013 р.	51	-6,55	57	-6,49	46	-6,60
Липень 2013 р.	49	-6,57	65	-6,41	39	-6,67
Серпень 2013 р.	41	-6,65	45	-6,61	37	-6,69
Вересень 2013 р.	34	-6,72	46	-6,60	27	-6,79
Жовтень 2013 р.	37	-6,69	48	-6,58	31	-6,75
Листопад 2013 р.	38	-6,68	44	-6,62	35	-6,71

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Грудень 2013 р.	41	-6,65	45	-6,61	35	-6,71
Січень 2014 р.	39	-6,67	41	-6,65	35	-6,71
Лютий 2014 р.	46	-6,60	53	-6,53	35	-6,71
Березень 2014 р.	54	-6,52	66	-6,40	45	-6,61
Квітень 2014 р.	49	-6,57	53	-6,53	45	-6,61
Травень 2014 р.	46	-6,60	48	-6,58	45	-6,61
Червень 2014 р.	44	-6,62	50	-6,56	39	-6,67
Липень 2014 р.	38	-6,68	45	-6,61	31	-6,75
Серпень 2014 р.	32	-6,74	37	-6,69	27	-6,79
Вересень 2014 р.	34	-6,72	57	-6,49	26	-6,80
Жовтень 2014 р.	44	-6,62	50	-6,56	37	-6,69
Листопад 2014 р.	46	-6,60	58	-6,48	37	-6,69
Грудень 2014 р.	53	-6,53	68	-6,38	48	-6,58
Січень 2015 р.	58	-6,48	66	-6,40	51	-6,55
Лютий 2015 р.	74	-6,32	79	-6,27	59	-6,47
Березень 2015 р.	80	-6,26	92	-6,14	71	-6,35
Квітень 2015 р.	92	-6,14	99	-6,07	81	-6,25
Травень 2015 р.	92	-6,14	102	-6,04	83	-6,23
Червень 2015 р.	84	-6,22	94	-6,12	78	-6,28
Липень 2015 р.	74	-6,32	79	-6,27	59	-6,47
Серпень 2015 р.	56	-6,50	64	-6,42	49	-6,57
Вересень 2015 р.	49	-6,57	60	-6,46	46	-6,60
Жовтень 2015 р.	49	-6,57	58	-6,48	38	-6,68
Листопад 2015 р.	50	-6,56	54	-6,52	47	-6,59
Грудень 2015 р.	53	-6,53	61	-6,45	50	-6,56
Січень 2016 р.	62	-6,44	69	-6,37	56	-6,50

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Лютий 2016 р.	75	-6,31	80	-6,26	68	-6,38
Березень 2016 р.	82	-6,24	97	-6,09	75	-6,31
Квітень 2016 р.	88	-6,18	102	-6,04	82	-6,24
Травень 2016 р.	92	-6,14	97	-6,09	89	-6,17
Червень 2016 р.	89	-6,17	95	-6,11	84	-6,22
Липень 2016 р.	78	-6,28	92	-6,14	65	-6,41
Серпень 2016 р.	65	-6,41	82	-6,24	56	-6,50
Вересень 2016 р.	54	-6,52	59	-6,47	49	-6,57
Жовтень 2016 р.	65	-6,41	77	-6,29	52	-6,54
Листопад 2016 р.	76	-6,30	83	-6,23	69	-6,37
Грудень 2016 р.	84	-6,22	96	-6,10	72	-6,34
Січень 2017 р.	88	-6,18	96	-6,10	80	-6,26
Лютий 2017 р.	92	-6,14	99	-6,07	86	-6,20
Березень 2017 р.	94	-6,12	101	-6,05	79	-6,27
Квітень 2017 р.	99	-6,07	116	-5,90	93	-6,13
Травень 2017 р.	99	-6,07	114	-5,92	92	-6,14
Червень 2017 р.	91	-6,15	95	-6,11	76	-6,30
Липень 2017 р.	81	-6,25	90	-6,16	73	-6,33
Серпень 2017 р.	73	-6,33	80	-6,26	67	-6,39
Вересень 2017 р.	64	-6,42	72	-6,34	57	-6,49
Жовтень 2017 р.	68	-6,38	79	-6,27	60	-6,46
Листопад 2017 р.	67	-6,39	73	-6,33	57	-6,49
Грудень 2017 р.	73	-6,33	80	-6,26	61	-6,45
Січень 2018 р.	87	-6,19	96	-6,10	74	-6,32
Лютий 2018 р.	99	-6,07	107	-5,99	91	-6,15
Березень 2018 р.	110	-5,96	119	-5,87	103	-6,03

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Квітень 2018 р.	115	-5,91	130	-5,76	108	-5,98
Травень 2018 р.	108	-5,98	113	-5,93	100	-6,06
Червень 2018 р.	95	-6,12	102	-6,04	85	-6,21
Липень 2018 р.	85	-6,21	88	-6,18	83	-6,23
Серпень 2018 р.	79	-6,27	86	-6,20	73	-6,33
Вересень 2018 р.	74	-6,32	79	-6,27	65	-6,41
Жовтень 2018 р.	71	-6,35	73	-6,33	64	-6,42
Листопад 2018 р.	69	-6,37	73	-6,33	67	-6,39
Грудень 2018 р.	75	-6,31	79	-6,27	72	-6,34
Січень 2019 р.	83	-6,23	88	-6,18	73	-6,33
Лютий 2019 р.	92	-6,14	95	-6,11	86	-6,20
Березень 2019 р.	97	-6,09	99	-6,07	95	-6,11
Квітень 2019 р.	98	-6,08	102	-6,04	95	-6,11
Травень 2019 р.	92	-6,14	96	-6,10	84	-6,22
Червень 2019 р.	85	-6,21	88	-6,18	79	-6,27
Липень 2019 р.	72	-6,34	79	-6,27	64	-6,42
Серпень 2019 р.	65	-6,41	69	-6,37	59	-6,47
Вересень 2019 р.	56	-6,50	61	-6,45	52	-6,54
Жовтень 2019 р.	51	-6,55	54	-6,52	49	-6,57
Листопад 2019 р.	50	-6,56	56	-6,50	44	-6,62

Таблиця 6.2 – Середньорічні, найвищі та найнижчі за рік позначки рівнів води Куяльницького лиману (пост «лиман Куяльницький – Одеса») за період з 2010 по 2019 рр.

Рік	Середньорічний		Найвищий за рік		Найнижчий за рік	
	см	м БС	см	м БС	см	м БС
2010	73	-6,33	93	-6,13	50	-6,56
2011	70	-6,37	93	-6,13	42	-6,64
2012	52	-6,53	83	-6,23	28	-6,78
2013	50	-6,56	72	-6,34	27	-6,79
2014	44	-6,62	68	-6,38	26	-6,80
2015	68	-6,38	102	-6,04	38	-6,68
2016	76	-6,30	102	-6,04	49	-6,57
2017	82	-6,24	116	-5,90	57	-6,49
2018	89	-6,17	130	-5,76	64	-6,42
2019	76	-6,30	102	-6,04	44	-6,62

Для зручності мінливість рівнів води була представлена у вигляді різних хронологічних графіків (рис. 6.2, 6.3 та 6.4). Крім того, для пояснення особливостей мінливості рівнів води за 2010-2019 рр. були використані дані про шари атмосферних опадів на найближчому до лиману метеорологічному посту «Одеса – лиман Куяльницький» (рис. 6.5).

З рис. 65.2 видно, що найбільші різниці між рівнями води лиману, осереднених (за відповідні дні) за періоди 2010-2014 рр. та 2015-2019 рр., становили 33-35 см (наприклад, 7-9 травня). Найменше значення різниці між осередненими рівнями води лиману припадає на 31 січня та дорівнює 9 см. Загалом, щоденні рівні води в лимані, осереднені за період з 2015 по 2019 рр. (в умовах періодичної подачі морської води), в середньому були на 20 см вищими ніж щоденні рівні води, осереднені за період з 2010 по 2014 рр. (до початку штучної подачі морської води в лиман).

Порівнюючи позначку середньорічного рівня води в лимані у 2015 р. (мінус 6,38 м БС) з даними 2010-2014 рр., визначено, що рівень води був на 24 см вищий ніж у 2014 р., на 18 см вищий ніж у 2013 р., на 16 см вищий ніж у 2012 р., на 2 см нижчий ніж у 2011 р. та на 5 см нижчий ніж у 2010 р. Найвищий рівень води в лимані в цей рік було виміряно 15 травня (мінус 6,04 м БС) і в порівнянні з 2010-2014 рр. він був найбільшим (рис. 6.3 та 6.4).

Порівнюючи позначку середньорічного рівня води в лимані у 2016 р. (мінус 6,30 м БС) з даними 2010-2014 рр., визначено, що рівень води був на 32 см вищий ніж у 2014 р., на 26 см вищий ніж у 2013 р., на 24 см вищий ніж у 2012 р., на 6 см вищий ніж у 2011 р. та на 3 см вищий ніж у 2010 р. Найвищий рівень води в лимані в цей рік було виміряно 27 квітня (мінус 6,04 м БС) і в порівнянні з 2010-2014 рр. він був найбільшим (рис. 6.3 та 6.4).

Порівнюючи позначку середньорічного рівня води в лимані у 2017 р. (мінус 6,24 м БС) з даними 2010-2014 рр., визначено, що рівень води був на 38 см вищий ніж у 2014 р., на 32 см вищий ніж у 2013 р., на 30 см вищий ніж у 2012 р., на 12 см вищий ніж у 2011 р. та на 9 см вищий ніж у 2010 р. Найвищий рівень води в лимані в цей рік було виміряно 24 квітня (мінус 5,90 м БС) і в порівнянні з 2010-2014 рр. він був найбільшим (рис. 6.3 та 6.4).

Порівнюючи позначку середньорічного рівня води в лимані у 2018 р. (мінус 6,17 м БС) з даними 2010-2014 рр., визначено, що рівень води був на 45 см вищий ніж у 2014 р., на 39 см вищий ніж у 2013 р., на 37 см вищий ніж у 2012 р., на 19 см вищий ніж у 2011 р. та на 16 см вищий ніж у 2010 р. Найвищий рівень води в лимані в цей рік було виміряно 21 квітня (мінус 5,76 м БС) і в порівнянні з 2010-2014 рр. він був найбільшим (рис. 6.3 та 6.4).

Порівнюючи позначку середньорічного рівня води в лимані у 2019 р. (мінус 6,30 м БС) з даними 2010-2014 рр., визначено, що рівень води був на 32 см вищий ніж у 2014 р., на 26 см вищий ніж у 2013 р., на 24 см вищий ніж у 2012 р., на 6 см вищий ніж у 2011 р. та на 3 см вищий ніж у 2010 р. Найвищий рівень води в лимані в цей рік було виміряно 13 квітня (мінус 6,04 м БС) і в порівнянні з 2010-2014 рр. він був найбільшим (рис. 6.3 та 6.4).

Певне зниження рівня води в лимані у 2019 р. (рис. 6.3 та 6.4) пояснюється найменшою за 2010-2019 рр. кількістю атмосферних опадів за рік (рис. 6.5), яка становила (за даними метеорологічного поста «Одеса – лиман Куяльницький») лише 223,4 мм, що майже в 2 рази менше ніж в середньому за 2010-2018 рр. (наприклад, в 2010 р. річний шар опадів був у 2,63 рази більшим ніж в 2019 р.).

В цілому, рівні води Куяльницького лиману за період 2015-2019 рр. (в умовах періодичної подачі морської води) були значно вищі ніж за період 2010-2014 рр. (до початку штучної подачі морської води в лиман), а саме: середні рівні – на 20 см, найвищі рівні – на 37 см, найнижчі рівні – на 12 см.

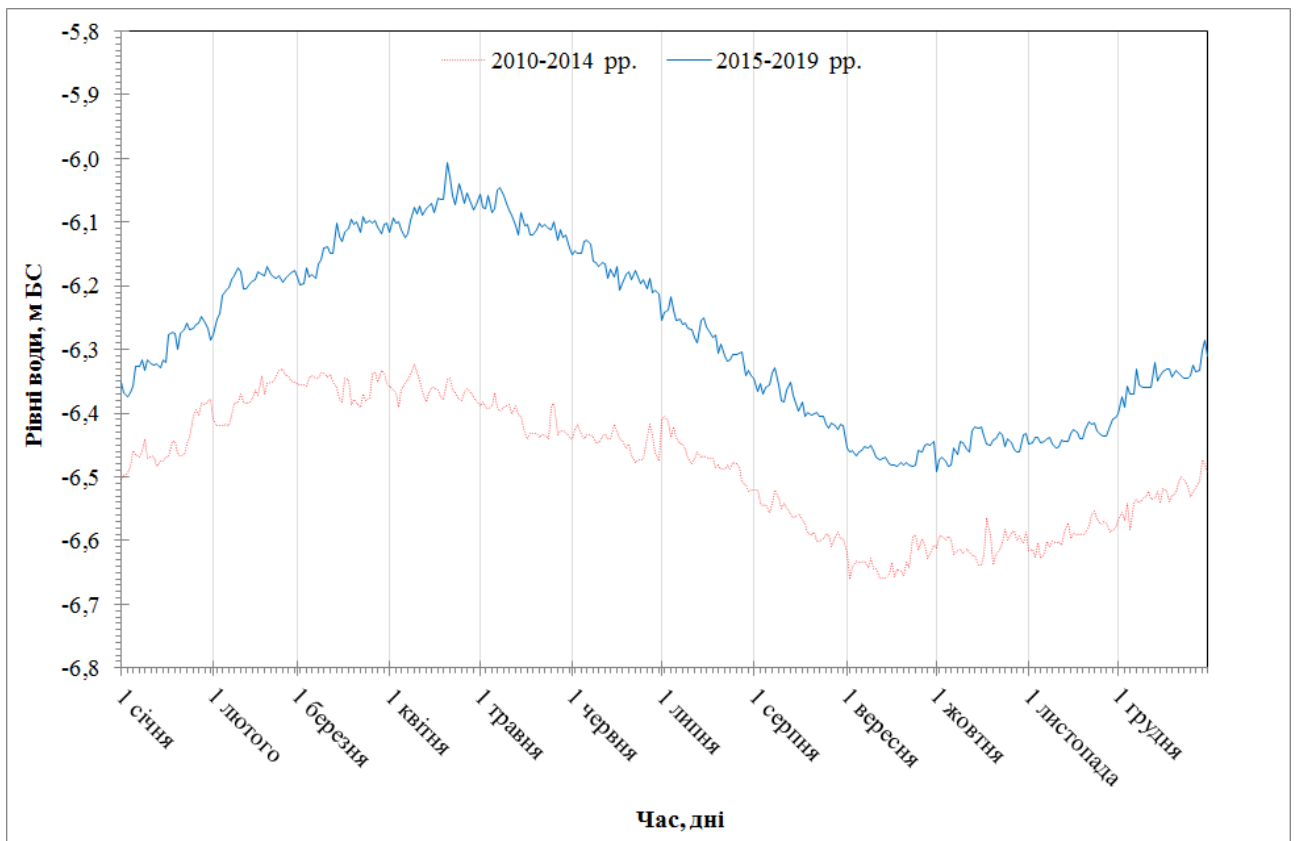


Рисунок 6.2 – Гідрографи щоденних рівнів води Куяльницького лиману (за даними поста «лиман Куяльницький – Одеса»), осереднених за періоди 2010-2014 рр. (до початку подачі морської води) і 2015-2019 рр. (в умовах подачі морської води)

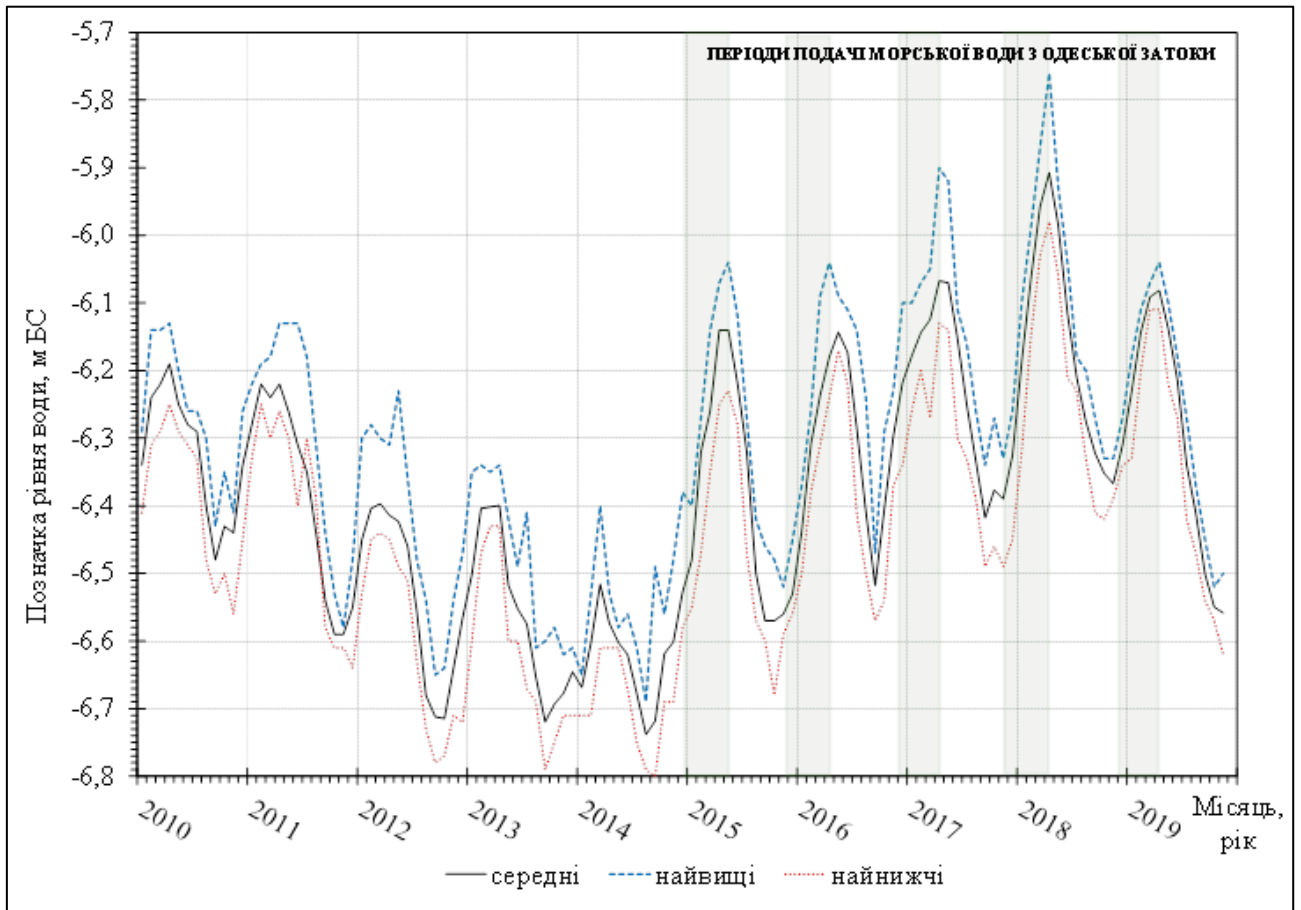


Рисунок 6.3 – Мінливість середніх, найвищих та найнижчих за місяць рівнів води Куяльницького лиману (за даними поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2019 рр.

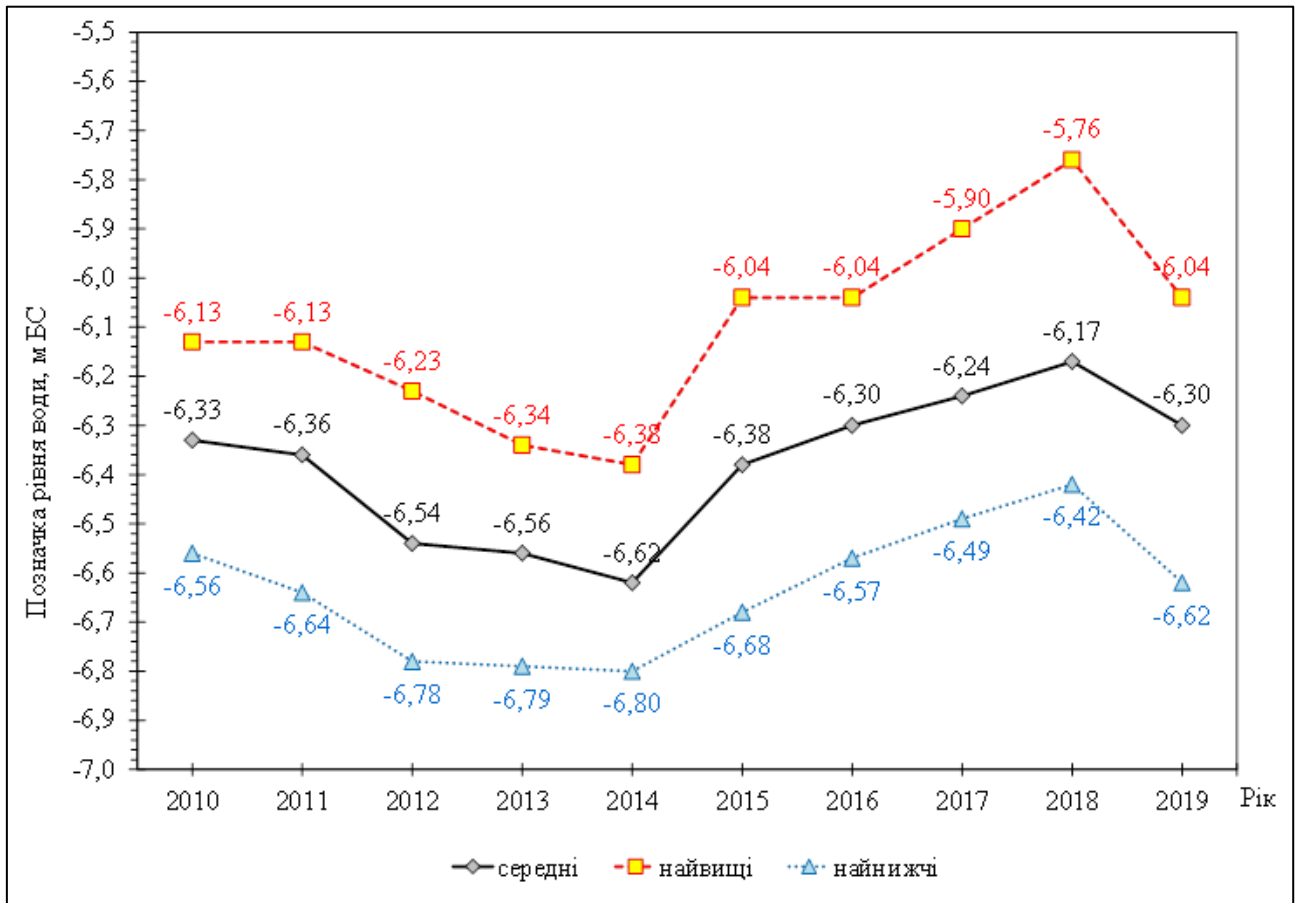


Рисунок 6.4 – Мінливість середньорічних, найвищих та найнижчих за рік рівнів води Куяльницького лиману (за даними поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2019 рр.

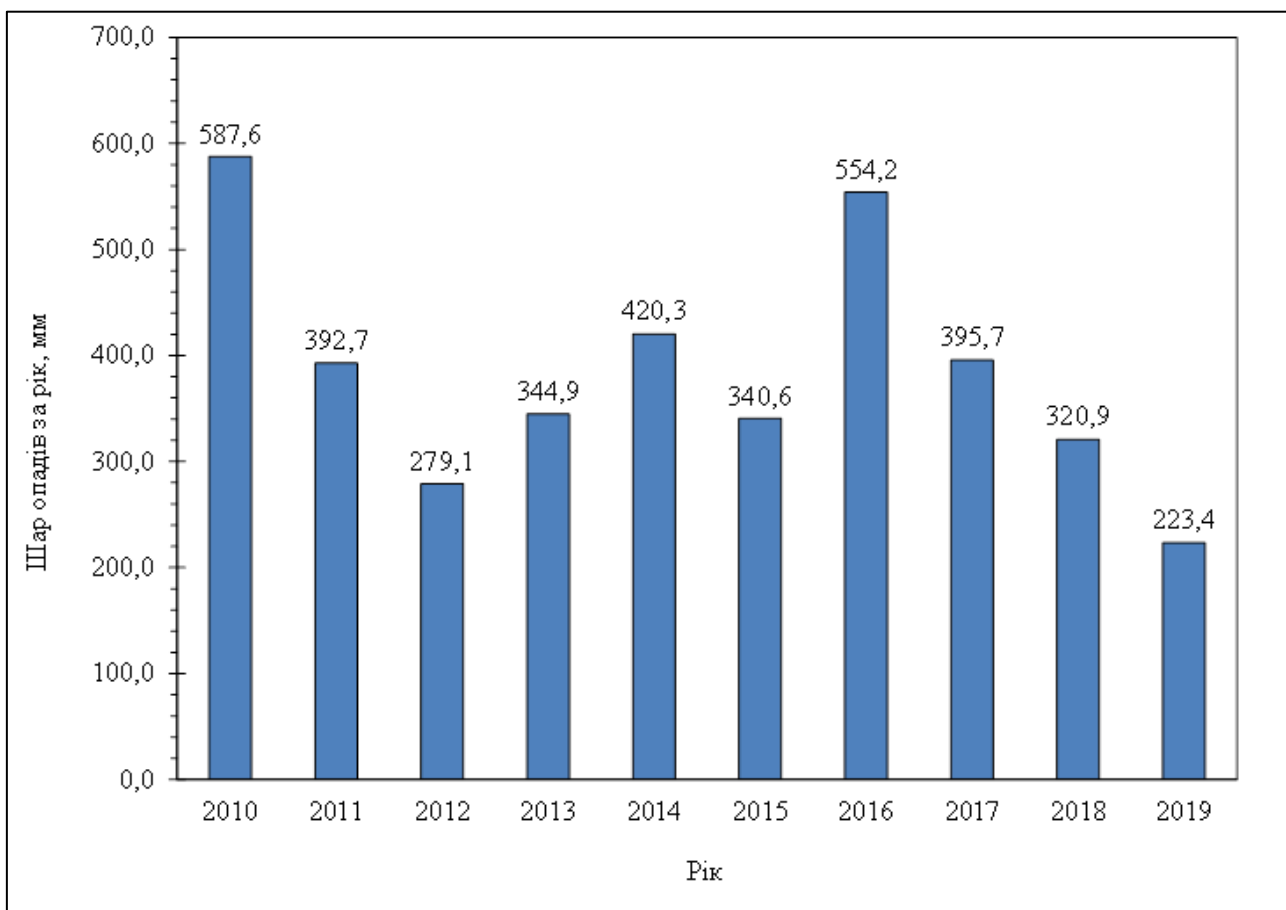


Рисунок 6.5 - Мінливість щорічних шарів атмосферних опадів в районі Куяльницького лиману (за даними метеорологічного поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2019 рр.

7 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СЕРЕДНЬОРІЧНИХ ЗНАЧЕНЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ В УМОВАХ ПОДАЧІ МОРСЬКОЇ ВОДИ В ЛИМАН ТА ЗА ЇЇ ВІДСУТНОСТІ

У даному розділі представлено порівняльний аналіз абіотичних показників (мінералізації води) гідроекологічного режиму Куяльницького лиману в умовах подачі морської води з Одеської затоки (2015-2019 рр.) та за її відсутності.

Визначення середньорічних значень мінералізації води в лимані в умовах відсутності подачі морської води виконується за формулою:

$$M = 0,65 \cdot e^{-0,92 \cdot H}, \quad (7.1)$$

де M – мінералізація води, г/дм³;

H – рівень води, м БС;

e – основа натурального логарифму ($e = 2,72$).

Таблиця 7.1 – Середньорічні значення мінералізації води в лимані в умовах відсутності подачі морської води

Рік	H , м БС	M , г/дм ³
2010	-6,33	219,8
2011	-6,36	226
2012	-6,54	266,7
2013	-6,56	271,6
2014	-6,62	287

Таблиця 7.2 – Середньорічні значення рівнів і мінералізації води в умовах подачі морської води в лиман та за її відсутності

Рік	В умовах подачі морської води		За відсутності подачі морської води	
	Н, м БС	М, г/дм ³	Н, м БС	М, г/дм ³
2015	-6,38	176,2	-6,64	292,4
2016	-6,30	180,8	-6,89	368
2017	-6,24	190,0	-7,13	458,9
2018	-6,17	224,8	-7,34	556,7
2019	-6,30	289,6	-7,77	826,8

Порівнюючи середньорічні значення мінералізації води в умовах подачі морської води в лиман та за її відсутності встановлено: фактичні значення в порівнянні з розрахунковими менші, тобто за умов подачі морської води в лиман мінералізація зменшується, а без подачі морської води в лиман, навпаки – збільшується.

Проаналізувавши розрахункові значення за 2017, 2018 та 2019 роки мінералізація більше ніж 420 г/дм³, тому розчинені у воді солі можуть впадати в осад. Також, можна помітити, що в цілому з кожним роком мінералізація води зростає. Аналіз результатів показав, що завдяки поповненню лиману морською водою рівень води зріс, мінералізація зменшилася, тому подальша подача води з Одеської затоки рекомендується.

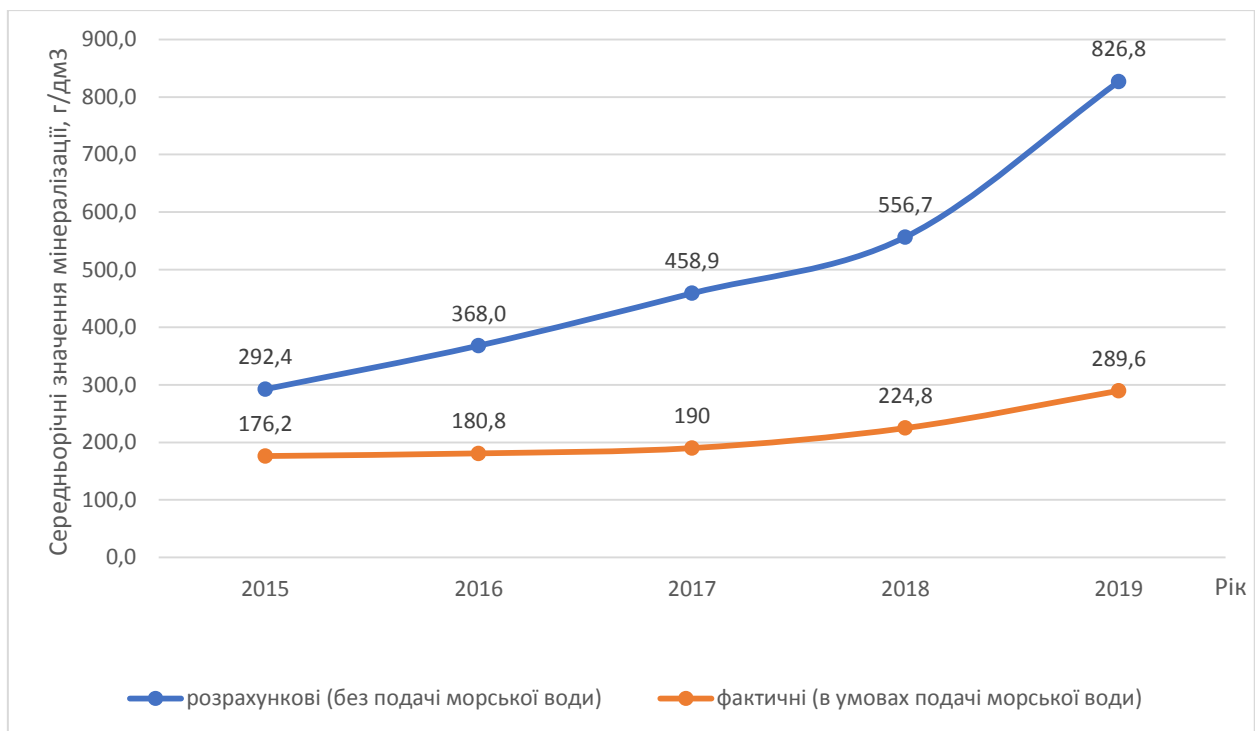


Рисунок 7.1 – Мінливість фактичних (в умовах подачі морської води) та розрахункових (без подачі морської води) середньорічних значень мінералізації Куяльницького лиману за період з 2015 по 2019 рр.

8 АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ПОКАЗНИКІВ РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА УМОВ ВІДСУТНОСТІ ШТУЧНОЇ ПОДАЧІ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ

За 1-й етап роботи трубопроводу «море-лиман» (грудень 2014 р. –квітень 2015 р.) до Куяльницького лиману з Одеської затоки надійшло близько 10,1 млн. м³ води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2015 р. дорівнювало 0,26 м (при середній площі водної поверхні 38,8 км²). Тобто при відсутності подачі морської води у 2015 р. середній рівень води лиману в 2015 р. склав би не мінус 6,38 м БС, а лише мінус 6,64 м БС.

За 2-й етап роботи трубопроводу «море-лиман» (грудень 2015 р. –квітень 2016 р.) до Куяльницького лиману з Одеської затоки надійшло близько 13,7 млн. м³ води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2016 р. дорівнювало 0,33 м (при середній площі водної поверхні 41,6 км²), а за період 2015-2016 рр. – склало 0,59 м. Тобто при відсутності подачі морської води у 2015-2016 рр. середній рівень води лиману в 2016 р. склав би не мінус 6,30 м БС, а лише мінус 6,89 м БС.

За 3-й етап роботи трубопроводу «море-лиман» (грудень 2016 р. –квітень 2017 р.) до Куяльницького лиману з Одеської затоки надійшло близько 13,0 млн. м³ води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2017 р. дорівнювало 0,30 м (при середній площі водної поверхні 43,8 км²), а за період 2015-2017 рр. – склало 0,89 м. Тобто при відсутності подачі морської води у 2015-2017 рр. середній рівень води лиману в 2017 р. склав би не мінус 6,24 м БС, а лише мінус 7,13 м БС.

За 4-й етап роботи трубопроводу «море-лиман» (грудень 2017 р. –квітень 2018 р.) до Куяльницького лиману з Одеської затоки надійшло близько 13,0 млн. м³ води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2018 р. дорівнювало 0,28 м (при середній площі водної поверхні 45,7 км²), а за період 2015-2018 рр. – склало 1,17 м. Тобто при відсутності подачі морської води у

2015-2018 рр. середній рівень води лиману в 2018 р. склав би не мінус 6,17 м БС, а лише мінус 7,34 м БС.

За 5-й етап роботи трубопроводу «море-лиман» (грудень 2018 р. –квітень 2019 р.) до Куяльницького лиману з Одеської затоки надійшло близько 12,5 млн. м³ води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2019 р. дорівнювало 0,30 м (при середній площі водної поверхні 41,6 км²), а за період 2015-2019 рр. – склало 1,47 м. Тобто при відсутності подачі морської води у 2015-2019 рр. середній рівень води лиману в 2019 р. склав би не мінус 6,30 м БС, а лише мінус 7,77 м БС.

Отже, за період з 2015 по 2019 рр. за рахунок подачі морської води лиман додатково поповнився на 62,3 млн. м³, а прирощення рівня води в лимані склало майже 1,5 м (рис. 8.1). Таким чином, лиман було врятовано від майже повного висихання.

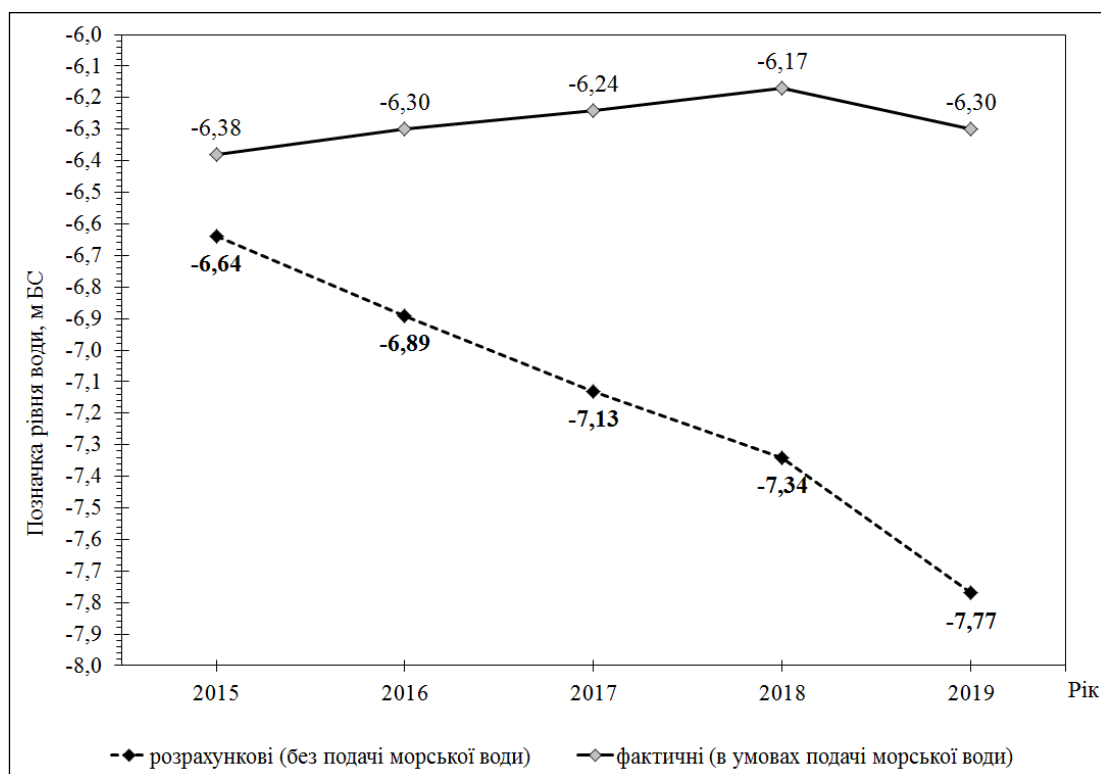


Рисунок 8.1 – Мінливість фактичних (в умовах подачі морської води) та розрахованих (без подачі морської води) середньорічних рівнів води Куяльницького лиману за період з 2015 по 2019 рр.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що поповнення Куяльницького лиману морською водою має більш ніж столітню історію та невід'ємно пов'язано з розвитком соляного промислу. Для стабільного функціонування промислової добичі солі в період з 1859 по 1878 рр. Куяльницький лиман було перегороджено в трьох місцях дамбами (залишки яких існують до сьогодні) на дві основні частини: північну – для затримки прісних річкових вод, та південну – солесадкову для промислової добичі солі, де рівень ропи регулювався впуском води з моря. За офіційними даними, в ХХ ст. лиман також ще двічі поповнювали морською водою – в 1907 та 1926 рр., через канал прокладений в 1890-1901 рр. для забезпечення потреб солепромислів в південній частині водойми.

2. У 1941-1942 рр. Куяльницький лиман на приблизно 70 % об'єму поповнився водою з Хаджибейського лиману-водосховища після руйнування в ніч з 15 на 16 жовтня 1941 р. його захисної дамби. Вода затопила пересип і потрапила в Куяльницький лиман. За даними водомірних спостережень рівень води в лимані перевищив в червні 1944 р. відмітку мінус 2,0 м БС.

3. Починаючи з 1859 р. і по сьогоднішній природний водно-сольовий режим Куяльницького лиману було трансформовано інтенсивною господарською діяльністю як в акваторії, так і на басейні водойми, тому мінливість рівнів та солоності води в лимані на протязі останніх 150 років не є природними.

4. Для досягнення у найближчому майбутньому «доброго» екологічного стану Куяльницького лиману та сприятливих умов на його водозборі, рекомендується відновлення стоку річки Великий Куяльник та інших річок у басейні лиману. Разом з тим, залишиться потреба у забезпеченні періодичного короткочасного функціонування трубопроводу «море-лимани» згідно з вимогами діючих на сьогодні «Правил експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки».

5. Щоденні рівні води в лимані, осереднені за період з 2015 по 2019 рр. (в умовах періодичної подачі морської води), були на 9-35 см (в середньому на 20 см) вищими ніж щоденні рівні води, осереднені за період з 2010 по 2014 рр. (до початку штучної подачі морської води в Куяльницький лиман).

6. Середньорічні рівні води, які виміряні в Куяльницькому лимані у 2015-2019 рр. (під час подачі морської води) в цілому є значно вищими ніж середньорічні рівні води за період з 2010 по 2014 рр. (до початку поповнення лиману морською водою) – в середньому на 20 см.

7. Найвищий рівень води в лимані за період поповнення морською водою (2015-2019 рр.) виміряний 15.04.2018 р. і дорівнював мінус 5,75 м БС. Він був на 16-45 см більше ніж найвищий рівень води (мінус 6,33-6,62 м БС), який був виміряний за період 2010-2014 рр. (до початку подачі морської води в Куяльницький лиман).

8. Певне зниження рівня води Куяльницького лиману в 2019 р. пояснюється найменшою за 2010-2019 рр. кількістю річних опадів, яка склала (за даними метеорологічного поста «Одеса – лиман Куяльницький») лише 223,4 мм, що майже в 2 рази менше ніж в середньому за 2010-2018 рр.

9. Встановлено, що за період з 2015 по 2019 рр. за рахунок подачі морської води Куяльницький лиман додатково поповнився на 62,3 млн. м³, а прирощення рівня води в лимані склало майже 1,5 м. Таким чином, морська вода з Одеської затоки врятувала Куяльницький лиман від майже повного висихання, тому що при відсутності подачі морської води в 2015-2019 рр. рівень води в лимані у 2019 р. дорівнював би позначці мінус 7,77 м БС.

10. Порівнюючи середньорічні значення мінералізації води в умовах подачі морської води в лиман та за її відсутності встановлено: фактичні значення в порівнянні з розрахунковими менші, тобто за умов подачі морської води в лиман мінералізація зменшується, а без подачі морської води в лиман, навпаки – збільшується.

11. Проаналізувавши розрахункові значення за 2017, 2018 та 2019 роки мінералізація більше ніж 420 г/дм³, тому розчинені у воді солі можуть впадати в

осад. Також, можна помітити, що в цілому з кожним роком мінералізація води зростає. Аналіз результатів показав, що завдяки поповненню лиману морською водою рівень води зріс, мінералізація зменшилася.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія / За ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Одес. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
2. Степаненко С. Н. Причини обмеления Куяльницького лимана и пути его спасения. Одесса. Экология, 2013. 35 с.
3. Регіональна програма збереження та відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2012-2018 роки, затверджена рішенням Одеської обласної ради № 270-VI від 28.10.2011 р. (з усіма змінами).
4. Журнал записи ежедневной информации ГП-25 (лиман Куяльницький – Одесса, лиман Хаджибейский – Усатово, 01.01.1989-01.12.2018 гг.). Одесса: ГМЦ ЧАМ, 1989-2018.
5. Таблиці метеорологічних даних (середньодобова температура повітря, добова сума атмосферних опадів, середньодобова пружність водяної пари, середньодобові напрямки і швидкість вітру) по метеостанціям «Южне», «Сербка» та «Одеса» за період з січня 1976 по грудень 2011 рр. К.: ЦГО, 2013.
6. Архів погоди в Одесі (01.02.2005-01.12.2018). Метеостанція № 33837 (WMO ID) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://rp5.ua>.
7. Архів погоди в Одесі (аеропорт), METAR (26.09.2012-01.12.2018). Аеропорт (ICAO) UKOO [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://rp5.ua>.
8. Архів погоди в Сербці (26.10.2005-01.12.2018). Метеостанція № 33833 (WMO ID) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://rp5.ua>.
9. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 1936-2018 гг. Ч. 1 и 2. Том 2. Вып. 1. 1938-2018.
10. Державний водний кадастр. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. 2009-2018 рр. Частина 1. Річки. Частина 2. Озера, водосховища, лиман. Україна. Випуск 1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу. К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2010-2018.

11. Отчёты о работе гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции за 1953, 1959-1972, 1974, 1975, 1977-1984, 1986-1988, 1991-1996 годы. Одесса, 1954, 1960-1973, 1975, 1976, 1978-1985, 1987-1989, 1992-1997.

12. Програма державного моніторингу довкілля в частині здійснення Держводгоспом України контролю якості поверхневих вод, затверджена головою Державного комітету України по водному господарству, наказ № 111 від 14.06.2010 р.

13. Щоквартальні звіти по гідрохімічним спостереженням р. В. Куяльник (електронна форма) за період з 2000 по 2012 рр. Одеса: ОГГМЕ, 2000-2012.

14. Програма робіт по гідрологічним спостереженням на Куяльницькому лимані на 2015 рік, затверджена заступником голови Правління – начальником управління організації медичного забезпечення ПрАТ «Укрпрофоздоровниця» у 2015 р. 12 с.

15. Регіональна програма розвитку водного господарства Одеської обл. на період до 2021 року, рішення Одеської обласної ради № 882-VI від 18.09.2013 р.

16. Комплексна програма охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки в Одеській області на 2014-2019 роки, рішення Одеської обласної ради № 1021-VI від 21.02.2014 р.

17. Програма моніторингу стану Куяльницького лиману у 2015 році, затверджена наказом директора Департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації № 17 від 25.02.2015 р.

18. Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін: звіт про НДР (заключний) / Одес. держ. екол. ун-т; керівник роботи Н. С. Лобода. Одеса, 2016. ДР № 0115U000631. 352 с.

19. Науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки: частина (лот) 1 – гідрологічне обстеження. Звіт з НДР заключний (наук. кер. Н. С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0116U007903, 2016. 214 с.

20. Науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки: частина (лот) 1 – гідрологічне обстеження на 2017 рік. Звіт з НДР заключний (наук. кер. Н. С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0116U007903, 2017. 149 с.

21. Науково-дослідні роботи з гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2018 році: звіт про НДР (остаточний) / Од. держ. екол. ун-т; науков. керівн.: О. М. Гриб; № держ. реєстр. 0118U000999. Одеса, 2018. 262 с.

22. Правила експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки. Одеса: Укрпівдендипроводгосп, 2015. 36 с.

23. Оцінка можливого альтернативного наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря, річки Дністер й інших лиманів і водних об'єктів: Звіт з НДР (науковий керівник: Ю.С. Тучковенко). Од. держ. екол. ун-т. Одеса, 2012. 238 с.

24. Муха Б.Б. О причинах обмеления рек и некоторых природных явлений на юге Украины по оценкам исследователей XIX-XX веков. Известия Музейного Фонда им. А.А. Браунера. 2011. Т. VIII. № 1. С. 19-26.

25. Шмаков Г. Одесские лиманы // Тр. Од. стат. ком. Вып. II. С. 61.

26. Одесские лиманы: соляные промыслы [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://odessa.club.com.ua>.

27. Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана: Отчёт о НИР (научный руководитель: Г.И. Швевс). Од. гос. ун-т им. И.И. Мечникова. Одесса, 1995. 190 с.

28. Рудской М.П. О происхождении лиманов Херсонской губернии // Зап. Новорос. общ. естествоисп. 1896. Т. XX. Вып. 1 (Тр. Комиссии по исследованию лиманов). 48 с.

29. Вельможко А. Куяльник: Мертвое море Одессы может превратиться в соляную пустыню [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://realityinua.com>.
30. История одной плотины – как Куяльницкий лиман разделили на две части [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kaiser-w.livejournal.com>.
31. Куяльницкая плотина: скрытое стало явным [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://davauroedem.blogspot.com>.
32. Бицилли М.В. Годовой сток бассейна Куяльницкого лимана // Тр. Од. гидромет. ин-та. 1958. Т. XII. С. 235-243.
33. Бурксер Є.С. Солоні озера та лимани України (гідрохімічний нарис) = Le lacs et les liman sales de l'Ukraine (un apescu hidrochimique) // Тр. фіз.-мат. відділу Всеукр. Акад. наук. 1928. Т. 8. Вип. 1. 341 с.
34. Васильев А.С. Исследования Куяльницкого лимана // Зап. Новорос. общ. естествоисп. 1898. Т. XXII. Вып. 2.
35. Оцінка багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів: Звіт з НДР (науковий керівник: Є.Д. Гопченко). Од. держ. екол. ун-т. Одеса, 2009. 90 с.
36. Осмолівський-Ярошенко А.Р. Історія наших лиманів за теорією і спостереженнями // Зап. Од. наук. при ВУАН Тар. 1929. Ч. 3. С. 39-74.
37. Супутникові знімки та карти поверхні Землі [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://maps.google.com>.
38. Санаторий Куяльник – история возникновения курорта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kuyalnik.com.ua>.
39. Грязелечебница санатория Куяльник история создания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kuyalnik.com.ua>.
40. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 1936-2011 гг. Ч. 1 и 2. Том 2. Вып. 1. 1938-2012.
41. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. К.: Наук. думка, 1974. 225 с.

42. Правила експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки. Одеса: Укрпівдендипроводгосп, 2015. 36 с.

43. Щорічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші (за період з 2012 по 2019 рр.). Ч. 1 та 2. Том 2. Вип. 1. 2013-2020.

44. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: коллективная монография / Под ред. Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко. Од. гос. экол. ун-т / Одесса: ТЭС, 2012. 224 с.

45. Гопченко Є. Д., Гриб О. М. Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2010. Вип. 51. С. 200-215.

46. N. S. Loboda, O. M. Gryb. Hydroecological Problems of the Kuyalnyk Liman and Ways of Their Solution / Hydrobiological Journal. 2017. Volume 53. Issue 6. Pages 87-95.

47. Лобода Н. С., Тучковенко Ю. С., Гриб О. М. Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін / Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Соціум і науки про Землю», 21-23 вересня 2017 року, м. Запоріжжя. 2017. С.124-125.

48. Швєбс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.

49. Компанієць Ю.А., маг. гр. МEG-19 (науковий керівник: Гриб О.М., канд. геогр. наук, доц.) Порівняльний аналіз мінливості рівнів води Куяльницького лиману в умовах поповнення морською водою (2015-2019 рр.) з даними попередніх років (2010-2014 рр.) // Збірник тез за матеріалами студентської наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (25-29 травня 2020 р.). Одеса, 2020. С. 101-102.

50. Гриб О. М., Компанієць Ю. А. Оцінка ефекту від поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки шляхом порівняння позначок рівнів води в лимані у 2015-2019 та 2010-2014 роках // Еко Форум –

2020 : збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 15 – 17 жовтня 2020 р. / Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. Запоріжжя: Запорізька торговопромислова палата, 2020. С. 213-214. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/7507/>.