УДК 504.4.054; 504.4.06
№ держреєстрації 0120U105459
Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет
(ОДЕКУ)
65016, Україна, м. Одеса, вул. Львівська, буд. 15;
тел.: (0482) 32 67 35, факс: (0482) 42 77 67, E-mail: info@odeku.edu.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи ОДЕКУ
д-р геогр. наук, проф.
_____ Ю. С. Тучковенко
(підпис)

17.12.2020 р. м. п.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
за договором від 07.12.2020 № 25

НАУКОВО-ДОСЛІДНІ РОБОТИ З ГІДРОЛОГІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ
(остаточний)

Науковий керівник НДР
д-р. геогр. наук, проф. _____ Н. С. Лобода
(підпис)

16.12.2020 р.

2020

Рукопис закінчено 16 грудня 2020 р.

Результати роботи розглянуті науково-технічною радою ОДЕКУ, протокол від 17 грудня 2020 р. № 5

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник НДР, провідний науковий співробітник, доктор географічних наук, професор	_____ 2020.12.16	Н. Лобода (вступ; розділи 1.1, 2, 3, 7.3; висновки; рекомендації)
Відповідальний виконавець, старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	_____ 2020.12.16	О. Гриб (зміст; розділи 1.2, 5, 6, 7.1; висновки; рекомендації; перелік джерел посилань)
Провідний науковий співробітник, доктор географічних наук, професор	_____ 2020.12.16	Ю. Тучковенко (розділи 2.1, 2.2, 2.9, 4.1, 7.6; висновки; рекомендації)
Старший науковий співробітник, кандидат географічних наук, доцент	_____ 2020.12.16	В. Бондаренко (реферат; перелік скорочень, умовних познак, одиниць і термінів, розділи 4.2, 4.3, 7.2, 7.4, 7.5)
Науковий співробітник	_____ 2020.12.16	Я. Яров (титульний аркуш; список авторів; розділи 1.4, 2.4, 2.8, 4.4, 4.7)
Науковий співробітник	_____ 2020.12.16	К. Гриб (розділи 2.3, 2.5, 2.7, 4.5, 4.6; додатки А, Б)
Молодший науковий співробітник	_____ 2020.12.16	Ю. Зоріна (розділ 1.3; реєстраційна, інформаційна та облікова картки; оформлення звіту згідно з ДСТУ 3008-2015)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 113 с., 7 табл., 63 рис., 2 дод., 42 джерела.

КУЯЛЬНИЦЬКИЙ ЛИМАН, ГІДРОЛОГІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, РІВЕНЬ, ОБ'ЄМ, МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ВОДИ, МОРСЬКА ВОДА.

Об'єкт дослідження – стан Куяльницькго лиману та Одеської затоки.

Предмет дослідження – гідрологічні та фізико-хімічні характеристики води, рівні мінералізація води, об'єм наповнення лиману, атмосферні опади, температура, вологість повітря, випаровування води та інші складові водного і сольового балансів лиману.

Мета роботи полягає у проведенні науково-дослідних робіт з гідрологічного 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 Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки та науково обґрунтоване визначення термінів подачі морської води до лиману.

Методи дослідження – натурні гідрологічні обстеження (вимірювання) згідно діючих нормативних документів щодо проведення гідрологічних спостережень і робіт; аналіз фізико-хімічних властивостей води; оцінка складових водного та сольового балансів (рівнів і мінералізації води, опадів та випаровування, поверхневого припливу води) і стану лиману в цілому.

У роботі наведені результати вимірювання на прибережних постах в лимані і в Одеській затоці (в створі трубопроводу) та в трубопроводі (зі сторони моря) рівня води, температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води); на виході з трубопроводу, в гирлових ділянках річок, балок і скидних лотків – рівня води, температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води), швидкості та напрямку течії, витрати води та завислих у воді наносів (речовин). Проведено оцінку складових водно-сольового балансу лиману. Здійснено порівняльний аналіз з даними попередніх років за період з 2010 по 2020 рр. Складені науково-обґрунтовані висновки щодо стану лиману та рекомендації відносно його поповнення морською водою з Одеської затоки.

ЗМІСТ

С.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ..... 6

ВСТУП 7

1 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ВИКОНАННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ У 2020 РОЦІ 10
1.1 Загальний опис пунктів та програми гідрологічних обстежень 10
1.2 Опис використаних методик вимірювань 12
1.3 Використані засоби вимірювальної техніки, випробувальне та допоміжне обладнання 13
1.4 Опис пунктів (постів) гідрологічних обстежень стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у грудні 2020 року 18

2 ОПИС РЕЗУЛЬТАТІВ ГІДРОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ, ОТРИМАНИХ У 2020 РОЦІ 27
2.1 Результати вимірювань рівнів води 27
2.2 Результати вимірювань температури води 29
2.3 Результати вимірювань кольору води 31
2.4 Результати вимірювань мутності та прозорості води 33
2.5 Результати вимірювань і аналізу питомої електропровідності, густини, мінералізації води (за прожареним залишками) та розчинених у воді органічних речовин 35
2.6 Результати визначення витрати води в трубопроводі «море-лиман» та оцінки сучасного стану ділянки між лиманом та водовипуском з трубопроводу 41
2.7 Зв’язок між питомою електропровідністю, густиною та мінералізацією води (за прожареним залишкам розчинених у воді речовин) 43
2.8 Результати вимірювань витрат води та завислих наносів на постах в гирлових ділянках річок, балок і скидних лотків лиману 46

3 УЗАГАЛЬНЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ГІДРОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ У ГРУДНІ 2020 РОКУ ТА ПОРІВНЯННЯ РІВНІВ І МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ З ДАНИМИ ПОПЕРЕДНІХ РОКІВ 47

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБСТЕЖЕНЬ ОТРИМАНИХ У ПОПЕРЕДНІ РОКИ 49
4.1 Характеристика температури води в поверхневому шарі 49
4.2 Характеристика прозорості води за білим диском 49
4.3 Характеристика прозорості води за стандартним шрифтом 56
4.4 Характеристика кольору води за шкалою кольорів 60
4.5 Характеристика мутності води за вмістом завислих речовин 60
4.6 Характеристика густини води, визначеної ареометричним методом 67
4.7 Характеристика запаху води, визначеного при температурі 20°С 67

5 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ПОПОВНЕННЯ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ (2015-2019 РР.) З ДАНИМИ ПОПЕРЕДНІХ РОКІВ (2010-2014 РР.) 75

6 ОЦІНКА МОЖЛИВИХ ЗНАЧЕНЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ТА РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА УМОВ ВІДСУТНОСТІ ШТУЧНОЇ ПОДАЧІ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ 80

7 ВОДНО-СОЛЬОВИЙ БАЛАНС КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ У 2020 РОЦІ 83
7.1 Структура математичної моделі водно-сольового балансу лиману 83
7.2 Визначення об’єму та мінералізації атмосферних опадів 86
7.3 Визначення об’єму та мінералізації припливних вод до лиману 91
7.4 Визначення випаровування з водної поверхні лиману 91
7.5 Визначення об’ємів припливу морських вод через трубопровід «море-лиман» та їх мінералізації 94
7.6 Загальний аналіз результатів визначення рівнів та мінералізації води в лимані у 2020 році та пропозиції до визначення можливих шляхів підвищення водності лиману 94

ВИСНОВКИ 97

РЕКОМЕНДАЦІЇ 100

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 101

Додаток А Картосхема маршруту гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки 105

Додаток Б Результати гідрологічних обстежень стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 році 109

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

GPS – Global position system (Система глобального позиціонування)
WGS – Word geodesic system (Світова геодезична система)
б. – балка
бб. – балки
БС – Балтійська система висот
В. Куяльник – Великий Куяльник
ВНС – водо-насосна станція
ВО – випробувальне обладнання
г – грам
ГМЦ ЧАМ – Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів
год. – година
ДО – допоміжне обладнання
дм – дециметр
ЗВТ – засіб вимірювальної техніки
кг – кілограм
км – кілометр
ЛЕП – лінія електропередачи
лим. – лиман
м – метр
МВ – методика вимірювання
м БС – позначка поверхні в метрах Балтійської системи висот
НД – нормативний документ
НДР – науково-дослідна робота
НЕЦ МНС – Науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища
НДЧ – науково-дослідна частина
ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет
ПЗ – прожарений залишок розчинених у воді речовин
ПЕП – питома електропровідність
р. – рік, річка
рр. – роки, річки
СЗ – сухий залишок розчинених у воді речовин
См – Сіменс
см ум. – позначка поверхні (в сантиметрах) в умовній (місцевій) системі
ТЗ – технічне завдання
тис. – тисяча
хв. – хвилина
ЦГО – Центральна геофізична обсерваторія

ВСТУП

Згідно з Договором про закупівлю послуг № 25 від 07.12.2020 року з Департаментом екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, Одеським державним екологічним університетом (ОДЕКУ) у грудні 2020 року виконувалась науково-дослідна робота (НДР) згідно коду **ДК 015-97 – І.1 03 Дослідження та розробки в галузі біологічних наук (код ДК 021:2015 – 73110000-6: Дослідницькі послуги), (Наукові дослідження гідроекологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки): Лот № 1 - Послуги з науково-дослідних робіт з гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки** [1].

Однією з головних підстав для виконання цих досліджень є рішення Одеської обласної ради від 25 жовтня 2019 року № 1095-VII «Про затвердження Регіональної програми збереження та відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2019-2023 роки», в якій у додатку 3 (пп. 3.1) передбачені щорічні «Наукові дослідження гідроекологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки (робота з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження)» у період з 2019 по 2023 рр. [2]. Нажаль у 2019 р. ці дослідження не були організовані та розпочаті (скоріш за все у зв'язку з відсутністю в обласному бюджеті коштів для їх фінансування). Крім того, з 06.03.2019 р. набрав чинності Закон України «Про оголошення природної території Куяльницького лиману Одеської області курортом державного значення» від 5 грудня 2018 року № 2637-VIII [3]. В зв'язку з цим, у відповідності до вимог статті 35 Закону України «Про курорти» [4] для «*забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан довкілля і природних лікувальних ресурсів, прогнозування їх змін під впливом господарської діяльності, а також розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень*» має здійснюватися моніторинг природних територій курорту, який повинен бути «*складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища і здійснюється в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України*», зокрема при здійсненні державного моніторингу вод [5].

У 2020 р. державна система моніторингу стану екосистеми лиману складалася лише з пунктів контролю його абіотичних показників (рівня і температури води) на двох гідрологічних постах: в акваторії лиману – «лиман Куяльницький-Одеса» (на ділянці санаторію ім. М. І. Пирогова) та в гирловій частині річки Великий Куяльник – на посту в с. Северинівка [6, 7]. Також на метеорологічному майданчику гідрологічного поста на лимані та метеорологічних станціях і постах, розташованих поблизу даної водойми (зокрема «Одеса-Обсерваторія» та «лиман Хаджибейський-Усатове») [7, 8], вимірювалися атмосферні опади, температура та вологість повітря, які необхідні для оцінки складових водного і сольового балансів лиману [9].

Державний моніторинг здійснюється підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій – Гідрометеорологічним центром Чорного та Азовського морів, а також Первомайською гідрологічною станцією Миколаївського гідрометеорологічного центру. Моніторингом стану вод південної частини лиману та мінеральних підземних вод також займаються фахівці гідрогеологічної служби клінічного санаторію ім. М. І. Пирогова.

Актуальність даного наукового дослідження обумовлена необхідністю оцінки змін стану гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного режиму Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки [1].

Відповідно до Технічного завдання (ТЗ) у 2020 р. (як і у 2016, 2017 та 2018 рр. [10-12]) загальна мета науково-дослідної роботи (НДР) полягала у проведенні 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 Куяльницького лиману в умовах штучного поповнення лиману морською водою з Одеської затоки та наукове визначення конкретних термінів подачі морської води до лиману.

Згідно з ТЗ у 2020 р. необхідно було виконати наступні завдання [1]:

● визначення на прибережних постах в лимані і в Одеській затоці (в створі трубопроводу) та в трубопроводі (з сторони моря) рівня води, температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води);

● визначення на виході з трубопроводу, в гирлових ділянках річок, балок і скидних лотків рівня води, температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води), швидкості та напрямку течії, витрати води та завислих у воді наносів (речовин);

● визначення в акваторії Одеської затоки температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води), швидкості та напрямку течії.

Слід зазначити, що в ТЗ до НДР з гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки [1] враховані положення програми моніторингу, яка затверджена наказом Департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації від 25.02.2015 р. № 17 [13], а також діючі вимоги щодо моніторингового та оперативного обслуговування, вказані у правилах експлуатації гідротехнічної споруди зі з’єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки [14].

За даними гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки підготовлений детальний опис результатів, отриманих при виконанні завдань роботи, включаючи порівняльний аналіз результатів обстеження в 2020 році з даними попередніх років, а також узагальнені науково-обґрунтовані висновки щодо сучасного стану лиману та рекомендацій відносно його подальшого поповнення морською водою у наступні роки.

Під час виконання НДР використані результати моніторингу стану Куяльницького лиману, який виконувався вченими ОДЕКУ за власні кошти починаючи з 22.12.2014 р. (дати початку подачі морської води в лиман) до кінця 2015 р., з січня по вересень 2016 р., з січня по серпень 2018 р. та епізодично у 2019-2020 рр. (до початку грудня 2020 р.) [15-18]. Крім того, використані дані гідрологічних обстежень стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки, які виконувалися ОДЕКУ з жовтня 2016 р. по грудень 2017 р. та з вересня по грудень 2018 р. за договорами з Департаментом екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації (№ 28/10-16 від 18.10.2016 р. та № 22 від 29.08.2018 р.) [10-12].

В результаті виконання даної НДР всі вимоги ТЗ повністю виконані (включно з оформленням звіту згідно з вимогами ДСТУ 3008-2015).

1 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ВИКОНАННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ У 2020 РОЦІ

Згідно з вимогами ТЗ у грудні 2020 р. проведено два гідрологічних обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки.

Вимірювання виконувалися на постах, показаних на картосхемах у Додатку А та описаних у даному розділі.

1.1 Загальний опис пунктів та програми гідрологічних обстежень

Гідрологічні обстеження здійснені 9 та 12 грудня 2020 р., відповідно, до та після початку подачі морської води в лиман.

Згідно Технічного завдання у 2020 р. виконані такі роботи.

1. На прибережних постах Куяльницького лиману (на ділянках санаторію ім. Пирогова, старого солепромислу та в районі ЛЕП поблизу с. Ковалівка) й Одеської затоки (Лузанівський парк) визначені значення рівня води, температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води) – 1 обстеження.

2. На виході з трубопроводу «море-лиман», в гирлових ділянках річок Великий Куяльник (нижче с. Северинівка), Кубанка (нижче с. Кубанка), Довбока (нижче с. Новокубанка), балок Корсунцівська та Гільдендорфська і скидних лотків (скидного лотка з ставків пересипу і зливової каналізації з вулиць Лиманна та Залізнодорожна і з скидного лотка з ВНС № 5) визначені значення рівня води, температури води, прозорості води, кольору води, глибини води, мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води), швидкості та напрямку течії води, витрати води та завислих у воді наносів (речовин) – 1 обстеження.

3. В акваторії Одеської затоки в районі виходу до затоки скидного трубопроводу з СБО «Північна», готелю «Дім Павлових», в створі трубопроводу «море-лиман», траверсу на ділянці с. Крижанівка, пірсу в районі с. Ліски визначені температура, прозорість, колір, глибина, мутність води (вміст завислих у воді речовин), питома електропровідність, густина води, сухий і прожарений залишок розчинених у воді речовин (мінералізація води), швидкість та напрямок течії води – 1 обстеження.

Всього під час гідрологічних обстежень у грудні 2020 р. для визначення прозорості води (за стандартним шрифтом), мутності води (вмісту завислих у воді речовин), питомої електропровідності води, густини води, сухого та прожареного залишку розчинених у воді речовин (мінералізації води) **відібрано 32 проби води**, у тому числі: 17 проб – для визначення виду та інтенсивності запаху води (додаток Б). З них: 12 проб – вода (ропа) з Куяльницького лиману; 12 проб – морська вода з Одеської затоки (у тому числі, 2 проби з трубопроводу «море-лиман»); 8 проб – вода з річок, балок і скидних лотків, які впадають до лиману.

В періоди експедиційних (польових) гідрологічних обстежень у грудні 2020 р. **виконано 150 натурних вимірювань** (Додаток Б). З них: рівень води (висота поверхні води) вимірювався 8 разів; температура – 17 разів; прозорість води (за диском білим Секкі) – 17 разів; колір води – 17 разів; глибина води (в місцях натурних вимірювань і при відборі проб) – 17 разів; ширина русла (річок, балок, скидних лотків, труб) – 10 разів; швидкість течії води – 16 разів; напрям течії води – 16 разів; витрата води та завислих наносів (речовин) – 10 разів; географічні координати (широта та довгота) пунктів відбору проб води та натурних вимірювань – 22 рази.

Під час камеральних досліджень відібраних проб води в грудні 2020 р. було **здійснено 187 лабораторних вимірювань**, у тому числі: мутність води (вміст завислих у воді речовин) визначалась 17 разів; прозорість води (за стандартним шрифтом) – 17 разів, питома електропровідність і загальна мінералізація води – 17 разів, густина води – 17 разів, сухий та прожарений залишок розчинених у воді речовин (мінералізація води) – 34 рази; об’єм води – 34 рази. Крім того, визначались вид та інтенсивність запаху води при температурах 20 та 60°С (34 разів) та pH води (17 разів).

Польові та камеральні дослідження виконувалися з використанням відповідних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), випробувального обладнання (ВО) та допоміжного обладнання (ДО) в Науково-експертному центрі моніторингу навколишнього середовища (НЕЦ МНС) у складі науково-дослідної частини (НДЧ) ОДЕКУ – Свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 04-0047/2019 від 09.12.2019 р. (https://www.facebook.com/Науково-експертний-центр-моніторингу-навколишнього-середовища-ОДЕКУ-346553949377404).

Під час гідрологічних обстежень 9 та 12 грудня 2020 року **усього здійснено 337 вимірювання** і **складено 41 протокол** (39 протоколів вимірювань та 2 протоколи відбору проб води). Оригінали всіх протоколів зберігаються в НЕЦ МНС у складі НДЧ ОДЕКУ.

1.2 Опис використаних методик вимірювань

Всі вимірювання виконувалися згідно наступних методик вимірювань (МВ) та нормативної документації (НД) [19-29]:

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 2. Часть II. Гидрологические наблюдения на постах (Гидрометеоиздат, 1975, 264 с.) [19].

2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках (Гидрометеоиздат, 1978, 384 с.) [20].

3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть II. Гидрологические наблюдения и работы на малых реках (Гидрометеоиздат, 1972, 267 с.) [21].

4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 7. Часть I. Гидрологические наблюдения на озёрах и водохранилищах (Гидрометеоиздат, 1957, 240 с.) [22].

5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Часть I. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах (Гидрометеоиздат, 1984, 312 с.) [23].

6. Алёкин О.А., Семёнов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши (Гидрометеоиздат, 1973, 270 с.) [24].

7. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Под ред. А.Д. Семёнова (Гидрометеоиздат, 1977, 542 с.) [25].

8. Унифицированные методы анализа вод. Под. общ. ред. Ю.Ю. Лурье (Изд-во «Химия», 1971, 376 с.) [26].

9. Кондуктометр ЭКСПЕРТ-002. Руководство по эксплуатации и методика поверки. КТЖГ.414311.004 РЭ [27].

10. pH-метр pH-150M. Руководство по эксплуатации. Розділи 3, 4 [28].

11. Garmin. GPS 72. Руководство пользователя [29].

Всі методи широко застосовуються (актуалізовані) в Україні [30] та багатьох інших країнах для здійснення вимірювань показників (параметрів) поверхневих та морських вод, природних та штучних водних об’єктів, донних відкладів, тому були використані під час виконання даної науково-дослідної роботи. Детальний опис всіх МВ державною мовою представлений в роботі [12] (у додатку В).

1.3 Використані засоби вимірювальної техніки, випробувальне та допоміжне обладнання

Для виконання вимірювань ОДЕКУ використані належним чином підготовлені ЗВТ, ВО та ДО.

Інформація про основні характеристики ЗВТ, ВО та ДО, використаних під час виконання НДР у грудні 2020 р. представлена у табл. 1.1.

Слід зазначити, що калібрування млинка гідрометричного ГР-55 (зав. № 3238), який використовувався для вимірювання швидкостей течії та витрат води, було проведено відділом метрологічного забезпечення Головного центру технічного обслуговування засобів вимірювання Українського гідрометеорологічного центру Державної служби України з надзвичайних ситуацій (м. Київ). Повірку всіх інших ЗВТ та атестацію ВО проведено Державним підприємством «Одеський регіональний центр стандартизації, метрології та сертифікації» (м. Одеса).

Крім того, для вимірювання прозорості води за стандартним шрифтом № 1 (шрифтом Снеллена) використано зразок шрифту, надрукованого літерами висотою 3,5 мм та з товщиною ліній 0,35 мм, а для визначення кольору води – шкала кольорів води.

Всі вимірювання виконувалися атестованими фахівцями (науковими та старшими науковими співробітниками) НЕЦ МНС у складі НДЧ ОДЕКУ.

Обробка результатів вимірювань здійснювалась на персональних комп’ютерах з встановленим ліцензійним програмним забезпеченням.

Таблиця 1.1 – Інформація про основні характеристики ЗВТ, ВО та ДО використаних під час виконання НДР у грудні 2020 р.

Назва та умовне позначення	Заводський номер	Основні характеристики	Примітка
1	***2***	***3***	***4***
Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ)			
Апаратура супутникової навігації, GPS72	82335369	Похибка апаратури супутникової навігаційної: <14,8 м.	Є власністю ОДЕКУ
Барометр-анероїд метеорологічний, БАММ-1	1551	Згідно з МИ 1802-87 в діапазоні від 80 до 106 кПа похибка не перевищує допустимого значення ±0,2 кПа.	Те саме
Ваги лабораторні електронні, AS 220/C	314449	Діапазон вимірювань: від 0,01 до 220 г. Клас точності: спеціальний (I).	-//-
Гігрометр психрометричний, ВИТ-2	27	Діапазон вимірювань: від 16 до 40°С. Допустима похибка: ±0,2°С.	-//-
Кондуктометр з датчиком УЕП-Н-С, ЭКСПЕРТ-002	546	Діапазони вимірювань: від 0,01 мкСм/см до 199,9 мСм/см. $\gamma = \pm 2\%$. Діапазон вимірювання температури від 0 до 100ºС, $\Delta = \pm 0{,}5$°С	-//-
Млинок гідрометричний, ГР-55	3238	Діапазон вимірювання швидкостей: 0,08-4,28 м/с. Похибка не більше: 0,052%.	-//-
Набір ареометрів, АОН-1	86, 80, 20, 23, 122, 80, 50, 3	Діапазон вимірювань: 940-1420 кг/м^3; $\Delta = \pm 1{,}0$ кг/м^3.	-//-
Нівелір, Н-3	19674	Середня квадратична похибка перевищення на 1 км подвійного ходу не більше 3 мм. Середня квадратична похибка перевищення на станції при відстані від нівеліра до рейок 100 м не більше 2 мм.	-//-

Продовження табл. 1.1

1	*2*	*3*	*4*
pH-метр-мілівольтметр з електродом ЭСКЛ-08М.1, pH-150 М	0711	Діапазон вимірювань pH: від -1,00 до 14,00 од. pH, -56,5 мВ/pH. Діапазон вимірювань потенціалу: від -1400 до 1400. Границя абсолютної похибки: Δ_{pH} = ±0,05 од. pH; $\Delta_{мВ}$ = ±3 мВ.	Є власністю ОДЕКУ
Рейка водомірна переносна, L = 1000 мм, РВП-III-49	1972455	Діапазон вимірювань: від 0 до 1000 мм. Відхилення від номінального значення довжини шкали рейки і відстаней між будь-якою поділкою та початком (торцевою гранню): мінус 0,5 мм.	Те саме
Рейка нівелірна, РН-3-3000С	11305276	Діапазон вимірювань: від 0 до 3000 мм. Допустима похибка: ±0,5 мм/м.	-//-
Рулетка вимірювальна з фіберглаcовою стрічкою, Stanley 34-296	0126	Діапазон вимірювань: від 0 до 20 м. Допустима похибка: ±8,6 мм. Клас точності: 3.	-//-
Секундомір механічний, СОП пр-2а	9908	Границі вимірювань: від 0 до 30 хв. Клас: кл. 2.	-//-
Термометр скляний мінусовий, ТМ 10-3	9297	Границі вимірювань: від -6 до 41°С. Допустима похибка: від -5 до 0°С ±0,3°С; від 1 до 40°С ±0,2°С.	-//-
Термометр скляний ртутний, ТТ	122	Границі вимірювань: від 0 до 160°С. Допустима похибка: до 100°С ±1,0°С; більше 100°С ±2,0°С.	-//-
Термометр скляний ртутний, ТТ	14205	Границі вимірювань: від 0 до 200°С. Допустима похибка: до 100°С ±1,0°С; більше 100°С ±2,0°С.	-//-
Піпетки мірні градуйовані	б/н	Ємність 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0, 25,0 $см^3$	-//-

Продовження табл. 1.1

1	*2*	*3*	*4*
Піпетки мірні з однією позначкою	б/н	Ємність 5,0, 10,0, 50,0 $см^3$	Є власністю ОДЕКУ
Циліндри мірні	б/н	Ємність 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2000 $см^3$	Те саме
Колби мірні	б/н	Ємність 25, 50, 100, 500, 1000 $см^3$	-//-
Бюретка	б/н	2-ий клас точності	-//-
Випробувальне обладнання (ВО)			
Шафа сушильна, 2В-151	11305482 (інв.)	Робочі температури: 105 ±2°С	Є власністю ОДЕКУ
Електрична піч лабораторна (муфельна піч), СНОЛ-1,6.2,5.1/9-ИЗ	16213	Робочі температури: 450 ±25°С, 600 ±25°С	Те саме
Шафа сушильна, СП-50С	RS0041682	Робочі температури: 107 ±2°С	-//-
Допоміжне обладнання (ДО)			
Аквадистилятор електричний, ДЭ-10	710005	Продуктивність 10 $дм^3$/год	Є власністю ОДЕКУ
Мішалка магнітна, ММ-5	9488	Від 400 до 1200 об./хв	Те саме
Прилад фільтрувальний, ГР-60	12	Об’єм 1 $дм^3$	-//-
Диск білий (Секкі), ДБ	637	Діаметр 30 см	-//-
Циліндр Снеллена, ЦС	б/н	Діаметр 2 см, висота 50 см	-//-
Плитка електрична	б/н	220 В, 50 Гц, 1500 Вт, 6 А	-//-
Водяна баня	б/н	–	-//-
Штатив лабораторний, ШЛ	б/н	–	-//-
Щіпці тигельні	б/н	–	-//-
Щіпці муфельні	б/н	–	-//-
Пінцет	б/н	–	-//-
Батометр, ГР-16М	б/н	Об’єм 1 $дм^3$	-//-

Продовження табл. 1.1

1	*2*	*3*	*4*
Захисна оправа для термометра ТМ10-3	б/н	–	Є власністю ОДЕКУ
Штатив для нівеліра	б/н	–	Те саме
Колби конічні	б/н	Ємність 250, 500 $см^3$	-//-
Часове скло	б/н	–	-//-
Паперовий фільтр	б/н	«синя стрічка»	-//-
Водоструминний насос	–	–	-//-
Ексикатор	б/н	–	-//-
Аерометричний стакан	б/н	Діаметр 6 см	-//-
Фарфорові чашки	б/н	–	-//-
Холодильник	–	–	-//-

1.4 Опис пунктів (постів) гідрологічних обстежень стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у грудні 2020 року

У грудні 2020 р. гідрологічні обстеження проводилися на 22 постах, з них: 5 постів – в Одеській затоці, 2 – в трубопроводі «море-лиман», 6 – в Куяльницькому лимані, 7 – на основних штучних і природних притоках лиману (рис. 1.1.). Описи постів та їх розташування наведені нижче.

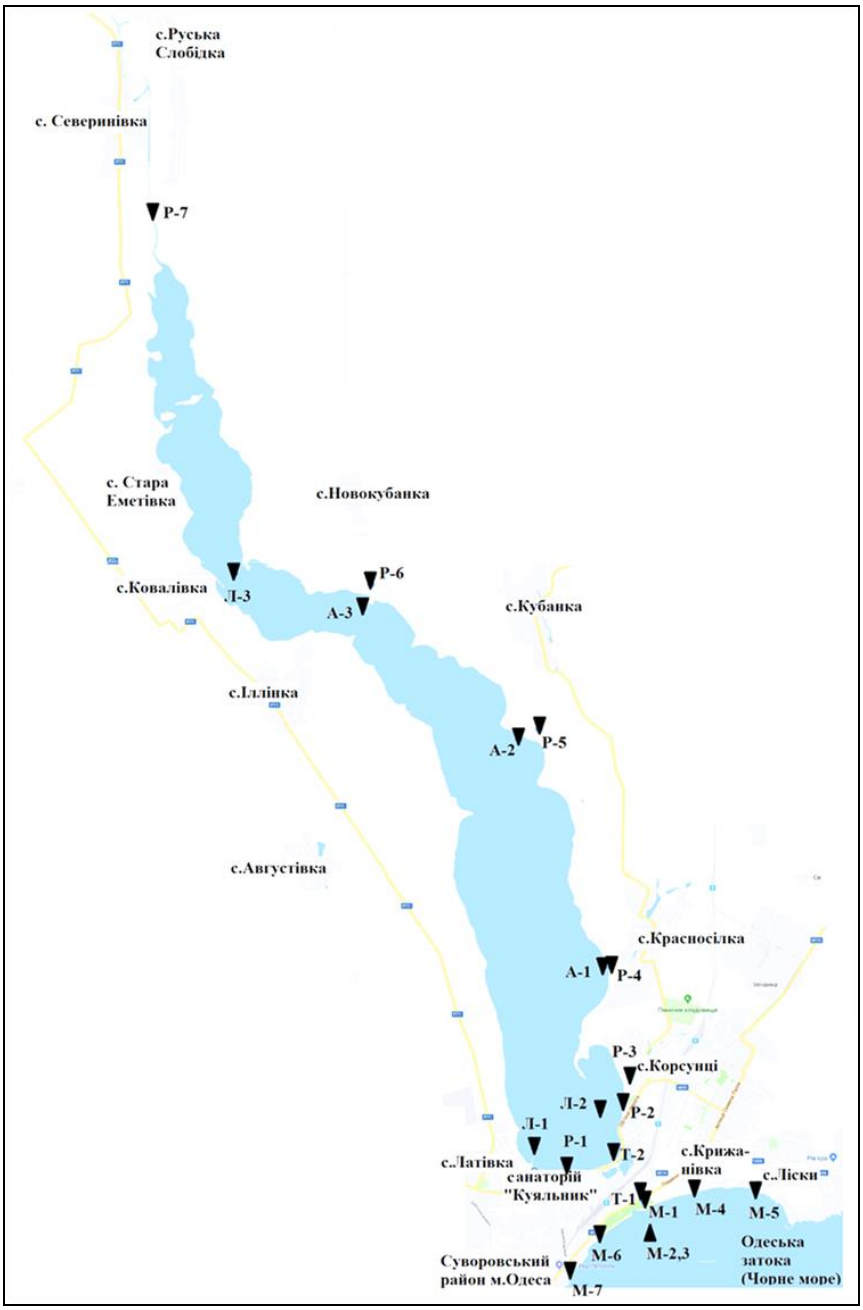

Рисунок 1.1 – Картосхема положення пунктів (постів) гідрологічних обстежень стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 р.

Пост **«Одеська затока – с. Лузанівка (М-1)»** розташований на березі Одеської затоки в районі парку «Лузанівка», на урізі води в створі трубопроводу «Чорне море – Куяльницький лиман».

Координати GPS (WGS-84): 46,55246 пн. ш.; 30,76798 сх. д.

Прилегла місцевість – рівнинна. Береги без схилів. Берегова лінія звивиста. Дно піщане.

При вітрах на посту спостерігається хвилювання.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі, біля берега. Проби води відбираються безпосередньо на станції спостережень, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Висота водомірних пристроїв 2,049 м БС.

Рівень Чорного моря вимірюється шляхом нівелювання відносно репера, закладеного у фундаменті капітального будинку рятувальної станції.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Одеська затока – с. Крижанівка (М-4)»** розташований в 2,8 км на схід від оздоровчого табору «Молода Гвардія» з лівої сторони захисної буни, що була влаштована з гранітних глиб для захисту берегу зони с. Крижанівка від руйнування за рахунок зсувних і абразивних явищ.

Координати GPS (WGS-84): 46.55636 пн. ш.; 30.78600 сх. д.

Прилегла місцевість являє собою зсувний схил. Береги круті, висотою до 50 м. Берегова лінія звивиста. Узбережжя нерівне. Дно піщане.

При вітрах на посту спостерігається хвилювання.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Одеська затока – с. Ліски (М-5)»** розташований в 0,5 км на південний захід від присадибного товариства «Ветеран ВМФ», на південній околиці с. Ліски, на захисній буні, яка була споруджена для захисту берега від руйнування за рахунок зсувних і абразивних явищ.

Координати GPS (WGS-84): 46.55690 пн. ш.; 30.80890 сх. д.

Прилегла місцевість являє собою зсувний схил. Береги круті, висотою до 50 м. Яскраво виражені зсуви і абразивні процеси. Берегова лінія звивиста. Узбережжя нерівне. Дно глинисто – піщане, є окремі каміння вапняку.

При вітрах на посту спостерігається хвилювання.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Висота рівня води Чорного моря визначається відносно поверхні буни.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Одеська затока – готель «Дім Павлових» (М-6)»** розташований в 185 м на південний захід від готелю «Дім Павлових».

Координати GPS (WGS-84): 46.54473 пн. ш.; 30.75142 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна. Береги без схилів. Берегова лінія звивиста. Дно піщане.

При вітрах на посту спостерігається хвилювання.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Одеська затока – СБО «Північна» (М-7)»** розташований в 35 м на південній схід від берегової смуги Одеської затоки в створі трубопроводу, який слугує для виведення в Одеську затоку Чорного моря очищених стічних вод від СБО «Північна».

Координати GPS (WGS-84): 46.53493 пн. ш.; 30.74115 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна. Береги без схилів. Берегова лінія звивиста. Дно піщане.

При вітрах на посту спостерігається хвилювання.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Трубопровід «море-лиман» – колодязь з сторони моря (Т-1)»** розташований на березі Одеської затоки в районі парку «Лузанівка», в 100 м на південь від центру парку, безпосередньо в приймальному колодязі трубопроводу «Чорне море – Куяльницький лиман», який в сезонному режимі використовується для наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря.

Координати GPS (WGS-84): 46.55292 пн. ш.; 30.76742 сх. д.

Прилегла місцевість – рівнинна. Береги без схилів. Берегова лінія звивиста. Дно піщане.

Температура води вимірюється в приймальному колодязі в поверхневому шарі води. Проби води відбираються безпосередньо на станції спостережень батометром пляшкою, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Висота водомірних пристроїв 0,38 м БС.

Рівень води в колодязі вимірюється переносною нівелірною рейкою відносно містка у приймальному колодязі.

Пост **«Трубопровід «море лиман» – гирло з сторони лиману (Т-2)»** розташований в 2 км на схід від санаторію ім. М. І. Пирогова і являє собою гідротехнічну споруду – водовипуск трубопроводу «Чорне море – Куяльницький лиман», який в сезонному режимі використовується для наповнення Куяльницького лиману водами Чорного моря.

Координати GPS (WGS-84): 46.56493 пн. ш.; 30.75679 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником.

Ширина лотка (в створі) 4,46 м. Довжина лотка 21,8 м.

Температура води вимірюється в створі поста, безпосередньо в лотку, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень батометром пляшкою, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрата води вимірюється за допомогою гідрометричного млинка.

Рівень води вимірюється переносною водомірною рейкою відносно поверхні оголовку скидної труби, яка безпосередньо виводить морську воду в залізобетонний лоток, через який вони скидаються в Куяльницький лиман.

Пост **«Куяльницький лиман – санаторій ім. І. І. Пирогова (Л-1)»** розташований в 0,1 км від с. Латівка, в південно-західній частині лиману, в місці видобування ропи для лікувальних потреб санаторію ім. М. І. Пирогова.

Координати GPS (WGS-84): 46.56621 пн. ш.; 30.72852 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна з бідною рослинністю. Береги лиману високі, висотою до 50 м, місцями обривисті, розсічені ярами і балками, складені глиною з окремими виходами вапняків. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником. Дно мулисте.

Уздовж берега є дамба, що оберігає від затоплення санаторій.

При вітрах північній чверті на посту спостерігається сильне хвилювання.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Водомірний пост – пальовий. Система висот – Балтійська. Висота водомірних пристроїв мінус 6,30 м БС.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Куяльницький лиман – ділянка старого солепромислу (Л-2)»** розташований в 0,7 км на захід від об’їзної дороги, в нижній частині лиману, в створі поста видобуваються грязі для потреб санаторію ім. М. І. Пирогова.

Координати GPS (WGS-84): 46.57558 пн. ш.; 30.75217 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна з бідною рослинністю. Береги лиману високі, місцями обривисті, розсічені ярами і балками, складені глиною з окремими виходами вапняків. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником. Дно черепашкове-мулисте.

Уздовж берега є залишки дамб, які в минулому були частиною солевидобувної системи.

При вітрах північної чверті на посту спостерігається сильне хвилювання.

Водомірний пост – пальовий. Система висот – Балтійська. Висота водомірних пристроїв мінус 6,20 м БС.

Температура води вимірюється в створі поста, біля берега, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Куяльницький лиман – в створі ЛЕП в с. Ковалівка (Л-3)»** розташований в 1,1 км на схід від центру с. Ковалівка.

Координати GPS (WGS-84): 46.71105 пн. ш.; 30.62111 сх. д.

Прилегла місцевість горбиста.

Схили круті, відкриті, сильно розсічені балками і ярами. Складені глинистими і суглинними ґрунтами, використовуються під сільськогосподарські угіддя.

Водпост знаходився в акваторії лиману і складався з водомірної рейки.

Висота водомірних пристроїв становила мінус 6,70 м БС.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Куяльницький лиман – в створі балки Гільдендорфська (А-1)»** розташований в 0,2 км на захід від околиці с. Красносілка, в південно-західній частині лиману, в створі гирла балки Гільдендорфська.

Координати GPS (WGS-84): 46.61173 пн. ш.; 30.75348 сх. д.

Прилегла місцевість горбиста з бідною рослинністю. Береги лиману високі, місцями обривисті, розсічені ярами і балками, складені глиною з окремими виходами вапняків. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником. Дно мулисте.

При вітрах північної чверті на посту спостерігається сильне хвилювання.

Водпост знаходився в акваторії лиману і складався з водомірної рейки.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Куяльницький лиман – в створі річки Кубанка (А-2)»** розташований в 3 км на південь від с. Кубанка, в західній частині лиману.

Координати GPS (WGS-84): 46.66918 пн. ш.; 30.72316 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна з бідною рослинністю. Береги лиману високі, місцями обривисті, розсічені ярами і балками, складені глиною з окремими виходами вапняків. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником. Дно мулисте.

При вітрах північної чверті на посту спостерігається сильне хвилювання.

Водпост знаходиться в акваторії лиману і складався з водомірної рейки.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Куяльницький лиман – в створі річки Довбока (А-3)»** розташований в 3,5 км на південь від с. Новакубанка, в західній частині лиману.

Координати GPS (WGS-84): 46.70215 пн. ш.; 30.66729 сх. д..

Прилегла місцевість рівнинна з бідною рослинністю. Береги лиману високі, місцями обривисті, розсічені ярами і балками, складені глиною з окремими виходами вапняків. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником. Дно мулисте.

При вітрах північної чверті на посту спостерігається сильне хвилювання.

Водпост знаходився в акваторії лиману і складався з водомірної рейки.

Температура води вимірюється в створі поста, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Швидкість і напрям течії визначаються поверхневими поплавцями.

Пост **«Скидний лоток з ставків пересипу – гирло (Р-1)»** розташований в 0,75 км на північний схід від санаторію ім. М. І. Пирогова в залізобетонному лотку, який призначений для відведення дренажно-зливових вод в Куяльницький лиман з прилеглої території та ставків пересипу.

Координати GPS (WGS-84): 46.56111 пн. ш.; 30.74038 сх. д.

Прилегла місцевість рівнинна з бідною рослинністю. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, складено піском і черепашником. Дно піщане.

Температура води вимірюється в створі поста, безпосередньо в лотку, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Рівні води визначаються відносно поверхні стінок лотка.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Пост **«Скидний лоток з ВНС № 5 – гирло (Р-2)»** розташований в 0,2 км на північний захід від об'їзної дороги, в нижній частині лиману, де розташована гідротехнічна споруда – лоток для скидання технічних вод з водогінної системи ВНС № 5 ОФ «Інфоксводоканал».

Координати GPS (WGS-84): 46.57792 пн. ш.; 30.76036 сх. д.

Прилегла місцевість – береги лиману, з бідною рослинністю. Береги лиману високі, до 50 м, місцями обривисті, розсічені ярами і балками, складені глиною з окремими виходами вапняків. Берегова лінія звивиста. Узбережжя низинне, мулисте.

Ширина лотка в створі – 1,5 м.

Температура води вимірюється в створі поста, безпосередньо в лотку, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Пост **«Балка Корсунцівська – гирло (Р-3)»** розташований в 0,4 км на південний захід від другої церкви в с. Корсунці.

Координати GPS (WGS-84): 46.58471 пн. ш.; 30.76291 сх. д.

Прилегла місцевість являє собою схили балки Корсунцівська. Береги круті, висотою до 15 м. Дно мулисте.

Водпост знаходиться в гирлі балки Корсунцівська, нижче від ставка № 4 в с. Корсунці.

Ширина в створі – 0,8 м.

Температура води вимірюється в створі поста, біля берега, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Пост **«Балка Гільдендорфська – гирло (Р-4)»** розташований на південно-західній околиці с. Красносілка в гирлі балки Гільдендорфська.

Координати GPS (WGS-84): 46.61168 пн. ш.; 30.75628 сх. д.

Прилегла місцевість являє собою схили балки. Дно мулисте.

Ширина в створі – 0.7 м.

Температура води вимірюється в створі поста, біля берега, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Пост **«Річка Кубанка – гирло (Р-5)»** розташований в 2,8 км на південь від с. Кубанка, в 180 м від гирла річки.

Координати GPS (WGS-84): 46.67184 пн. ш.; 30.73050 сх. д.

Прилегла місцевість горбиста.

Долина річки V-подібна, шириною до 1,0 км. Схили її круті, відкриті, сильно розсічені балками і ярами. Складені глинистими і суглинними ґрунтами, використовуються під сільськогосподарські угіддя. Дно долини широке, рівне.

Заплава двостороння, відкрита, суха, місцями в прируслової частини заболочена.

Русло річки помірно звивисте, місцями пряме, сильно заростає болотними травами і очеретом, замулене. Дно мулисте.

Температура води вимірюється в створі поста, біля берега, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Пост **«Річка Довбока – гирло (Р-6)»** розташований в 3 км на південь від с. Новокубанка.

Координати GPS (WGS-84): 46.70718 пн. ш.; 30.66999 сх. д.

Прилегла місцевість горбиста.

Долина річки V-подібна, шириною до 1,0 км. Схили її круті, відкриті, сильно розсічені балками і ярами. Складені глинистими і суглинними ґрунтами, використовуються під сільськогосподарські угіддя. Дно долини широке, рівне.

Заплава двостороння, відкрита, суха, місцями в прируслової частини заболочена.

Русло річки помірно звивисте, місцями пряме, сильно заростає болотними травами і очеретом, замулене. Дно мулисте.

Температура води вимірюється в створі поста, біля берега, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Пост **«Річка Великий Куяльник – гирло (Р-7)»** розташований в 2,8 км на південь від с. Северинівка.

Координати GPS (WGS-84): 46.80187 пн. ш.; 30.59222 сх. д.

Прилегла місцевість горбиста.

Долина річки V-подібна, шириною до 1,0 км. Схили її круті, відкриті, сильно розсічені балками і ярами. Складені глинистими і суглинними ґрунтами, використовуються під сільськогосподарські угіддя. Дно долини широке, рівне.

Заплава двостороння, відкрита, суха, місцями в прируслової частини заболочена.

Русло річки помірно звивисте, місцями пряме. Замість природного русла в районі поста проритий канал трапецієподібної, шириною до 20 м, сильно заростає болотними травами і очеретом. У посушливі роки повністю пересихає. Дно мулисте.

Температура води вимірюється в створі поста, біля берега, в поверхневому шарі води. Проби води відбираються на станції спостережень в поверхневому шарі, аналіз проб виконується в НЕЦ МНС ОДЕКУ.

Витрати води вимірюється поверхневими поплавцями та гідрометричними млинками.

Нажаль, слід зазначити, що **11 водомірних рейок (типу М-104), які були стаціонарно установлені вченими ОДЕКУ 06.10.2018 р.** для підвищення точності вимірювання рівнів води на 6 постах в акваторії лиману та 5 постах в гирлових ділянках річок і балок [12], **у грудні 2020 р. вже були відсутні або штучно пошкоджені невідомими особами**.

2 ОПИС РЕЗУЛЬТАТІВ ГІДРОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ, ОТРИМАНИХ У 2020 РОЦІ

2.1 Результати вимірювань рівнів води

Результати вимірювань рівнів води у 2020 р. представлені у Додатку Б (табл. Б.1 та Б.2) та на рис. 2.1- 2.3.

З рис. 2.1, побудованого за даними щоденних вимірювань рівнів води на водомірному посту «лим. Куяльницький-Одеса», видно, що у 2020 р. найвищий рівень води в лимані досяг позначки мінус 6,27 м БС (16.05.2020 р.), найнижчий рівень води дорівнював позначці мінус 6,73 м БС (27-30.09.2020 р.). Найвищі середньомісячні рівні води в лимані (рис. 2.2) були у березні та квітні (мінус 6,32 м БС), а найнижчі – у жовтні (мінус 6,67 м БС). Середній за період з січня по листопад 2020 р. рівень води в лимані дорівнює позначці мінус 6,47 м БС.

Встановлено, що рівень води в лимані з 30 листопада по 9 грудня 2020 р. підвищівся на 0,07 м – з позначки мінус 6,69 м БС до позначки мінус 6,62 м БС. Це пояснюється надходженням води за рахунок атмосферних опадів, які спостерігалися за цей період [8]. Крім того, визначено, що перепад між рівнями води в морі та лимані станом на 09.12.2020 р. склав 6,57 м.

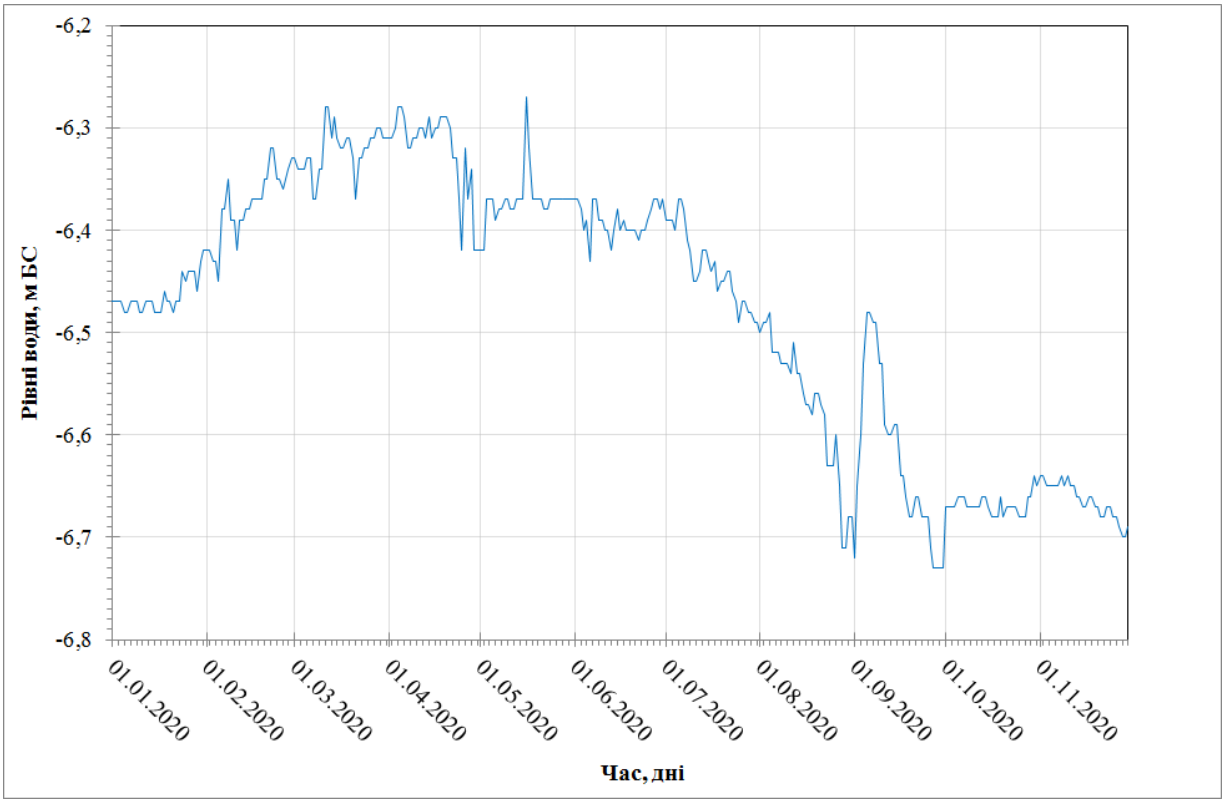

Рисунок 2.1 – Мінливість щоденних позначок рівня води в Куяльницькому лимані за період з 1 січня по 30 листопада 2020 р. (за даними ГМЦ ЧАМ [7])

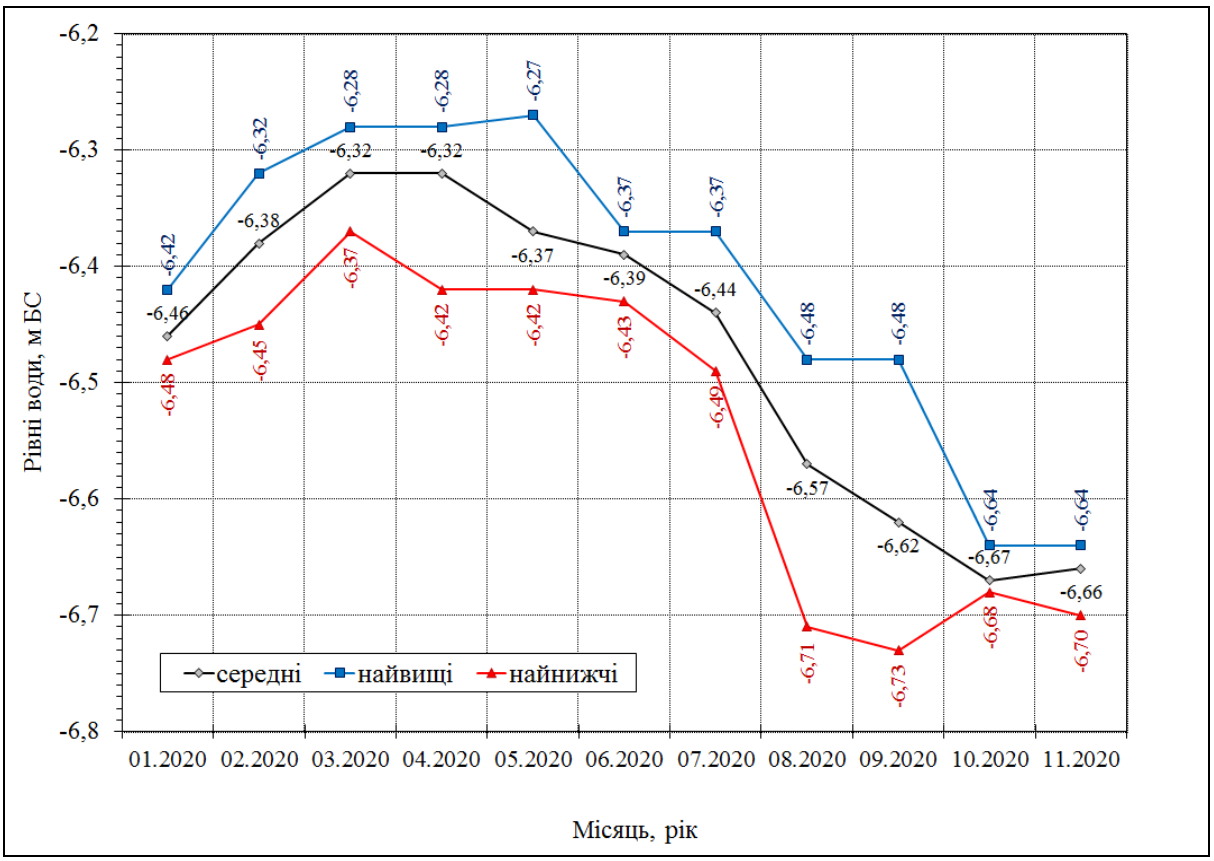

Рисунок 2.2 – Середньомісячні, найвищі та найнижчі за місяць рівні води в Куяльницькому лимані за період з січня по листопад 2020 р.

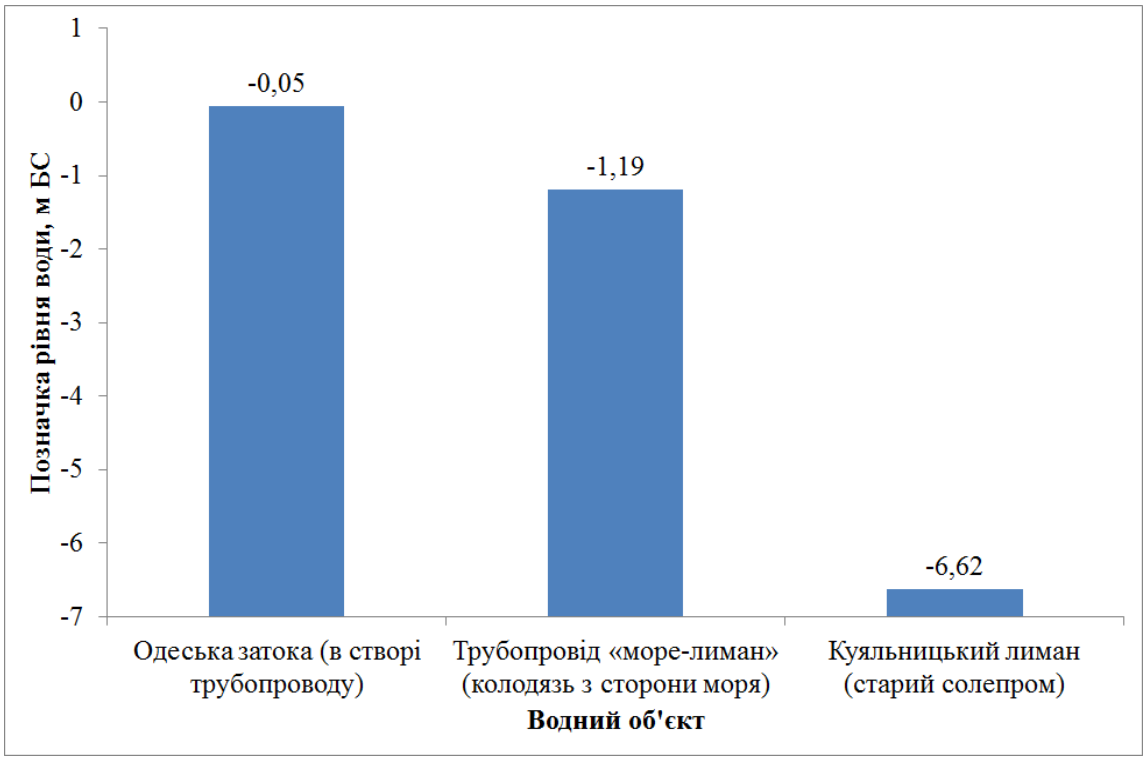

Рисунок 2.3 – Позначки рівнів води в Куяльницькому лимані та Одеській затоці (09.12.2020 р.) і трубопроводі «море-лиман» (12.12.2020 р.) за даними ОДЕКУ

2.2 Результати вимірювань температури води

Температура води вимірювалася в поверхневому шарі на всіх постах (за виключенням пересохлих русел річок і балок). Основні результати вимірювань температури води представлені у Додатку Б (табл. Б.1 та Б.2) та на рис. 2.4-2.6.

З рис. 2.4 видно, що за період з січня по листопад 2020 р. температура води в лимані значно змінювалась від 0,0°С (04.01.2020 р.) до 28,2°С (07.07.2020 р.). Температурному режиму лиману властиві короткочасні (тривалістю 1-5 діб) стрибкоподібні (від 1,0 до 12,0°С) зміни температури води в бік її збільшення або зменшення. Однак, при аналізі середньомісячних температур води в лимані (рис. 2.5) чітко простежується період її нагрівання з січня по липень та період охолодження з липня по листопад, який продовжився у грудні (рис. 2.6, табл. Б.1). Мінливість щоденних температур морської води менша ніж у лимані. Найтеплішою морська вода була у серпні 07.08.2020 р. (рис. 2.5), коли вона досягла величини 25,6°С, а найхолоднішою – у лютому 14.02.2020 р., коли відбулося її зниження до 4,4°С. Під час подачі морської води в лиман у січні-квітні 2020 р. її температура була нижче 8,0°С лише до 06.04.2020 р., а після цієї дати вона була вище 8,0°С аж до 11.12.2020 р. (за виключенням 14.04.2020 р., коли температура склала 7,6°С). Станом на 12.12.2020 р. температура води, яка надходить в лиман крізь трубопровід «море-лиман» становить 5,4°С, температура поверхневого шару води в Одеській затоці (вздовж урізу води) в середньому дорівнює 3,6°С, а в гирлових ділянках приток лиману – 3,2°С (рис. 2.6).

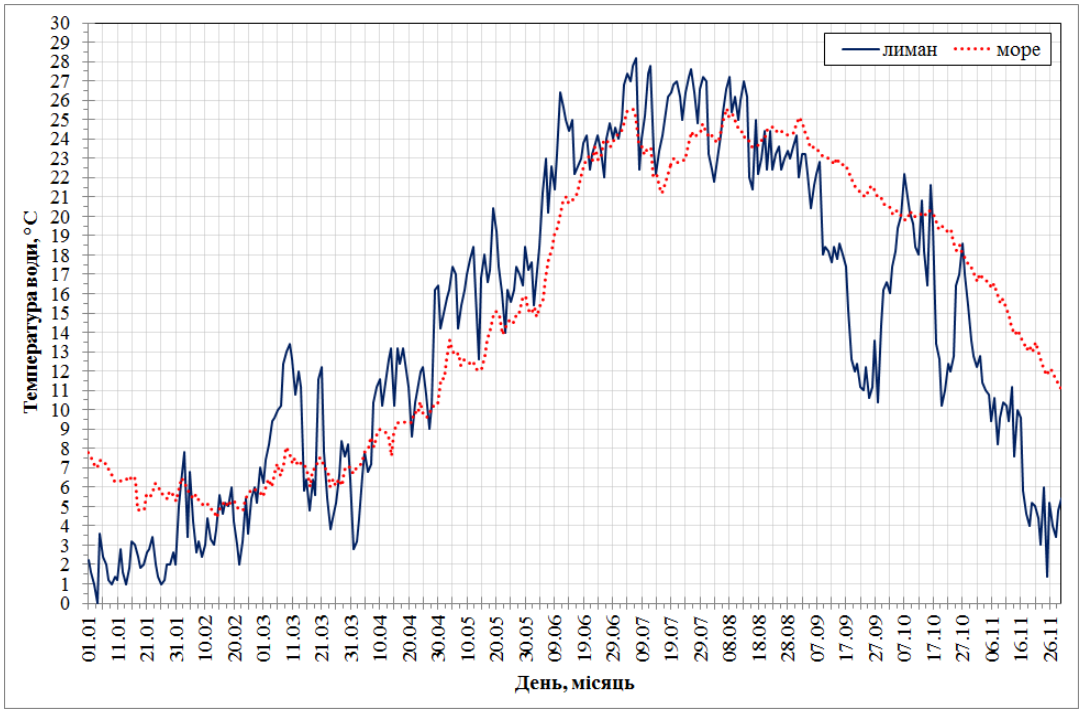

Рисунок 2.4 – Мінливість щоденних температур води в Куяльницькому лимані (за даними [7]) та Чорному морі (за даними [8]) за період 01.01-30.11.2020 р.

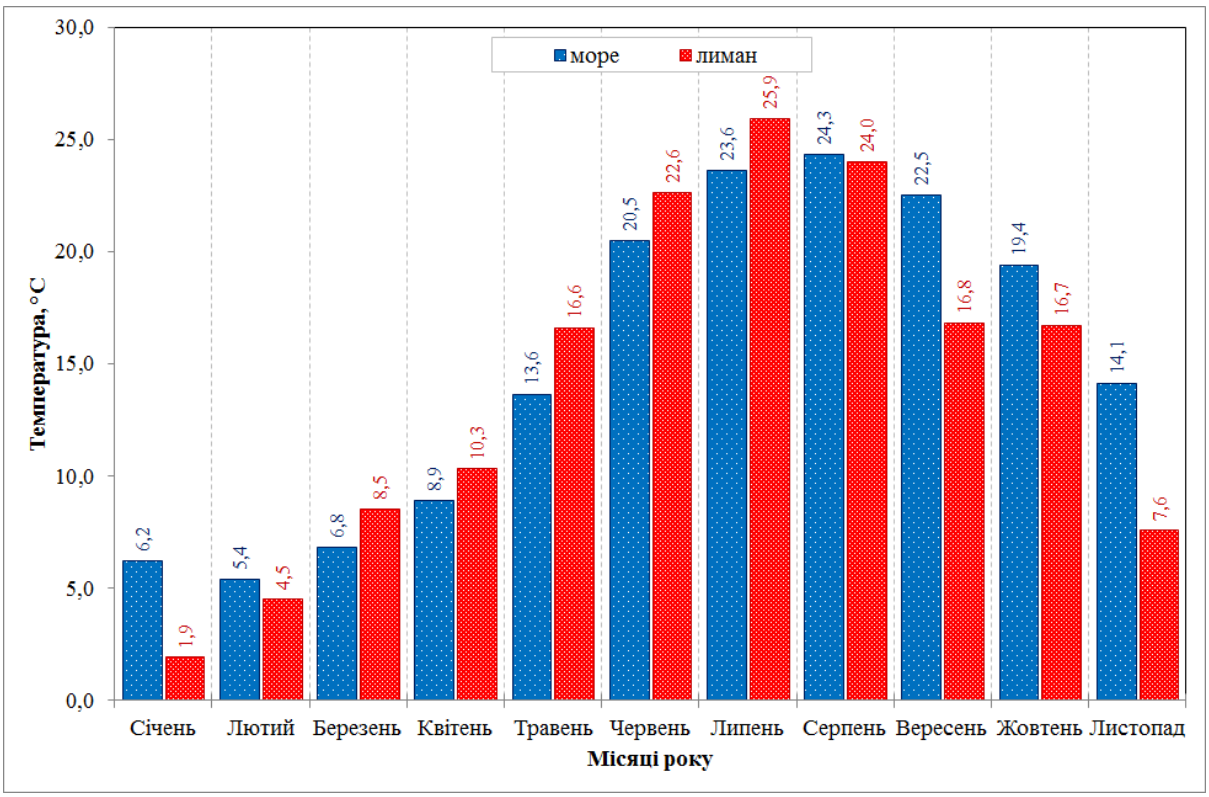

Рисунок 2.5 – Середньомісячні температури води в Куяльницькому лимані (за даними [7]) та Чорному морі (за даними [8]) за період січень-листопад 2020 р.

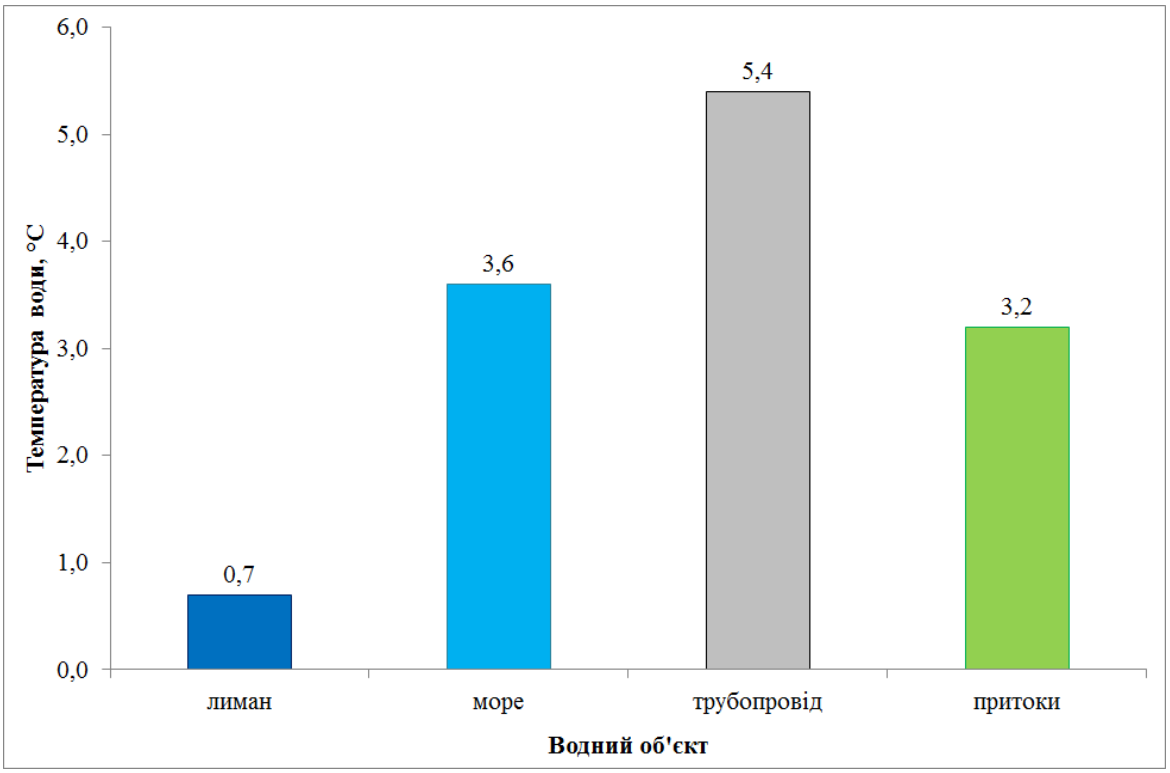

Рисунок 2.6 – Середня температура води в Куяльницькому лимані, притоках, Одеській затоці та трубопроводі «море-лиман» 09-12.12.2020 р. (дані ОДЕКУ)

2.3 Результати вимірювань кольору води

Колір води визначався за шкалою кольорів одночасно з вимірюванням прозорості води за білим диском Секкі під час гідрологічних обстежень на всіх постах (за виключенням пересохлих русел річок і балок) 9 та 12 грудня 2020 р. Результати визначення кольорів води представлені в табл. Б.1 та Б.2, а також узагальнені на рис. 2.7.

З рис. 2.7 видно, що морська вода в Одеській затоці та в трубопроводі «море-лиман», а також вода в лимані, були жовтувато-коричневого кольору (номера 19 та 20 за шкалою кольорів). В той же час в притоках лиману колір води був різний, змінюючись наступним чином: в скидному лотку з ВНС № 5 – жовтий колір (номер 16); в скидному лотку з пересипу та в гирлі р. Кубанка – коричнювато-жовтий колір (номер 18); в гирлі б. Корсунцівська – жовтувато-коричневий колір (номер 20). Відмінність у кольорі води в даних водних об’єктах опосередковано вказує на різні значення вмісту у воді розчинених речовин (у тому числі, органічних), колоїдних і завислих частинок, гумінових сполук і комплексних сполук заліза, інтенсивності та спрямованості продуційно-деструційних процесів. Слід зазначити, що найбільш можливою причиною жовтувато-коричневого кольору морської води 9 та 12 грудня 2020 р. (який зазвичай не характерний для Одеської затоки [10-12]) є надходження у воду глинистих і мулистих частинок, скаламучених з донних відкладів і вимитих з абразійних берегів затоки під час шторму на початку грудня та в період проведення натурних вимірювань. Крім того, особливістю кольору води в лимані в грудні 2020 р. є наявність рожевого відтінку, якого, до речі, в зразках стандартної шкали кольорів немає. Такий же відтінок має кірка солі, яка під час проведення обстеження ще була на дні лиману (рис. 2.8). Поява рожевого відтінку пояснюється надходженням у ропу лиману β-каротину в період масового розвитку влітку та восени 2020 р. фітопланктонної водорості *Dunaliella salina*. Рожевий відтінок ропи Куяльницького лиману був добре помітний на фоні білої солі на дні водойми у вересні 2020 р. (рис. 2.9).

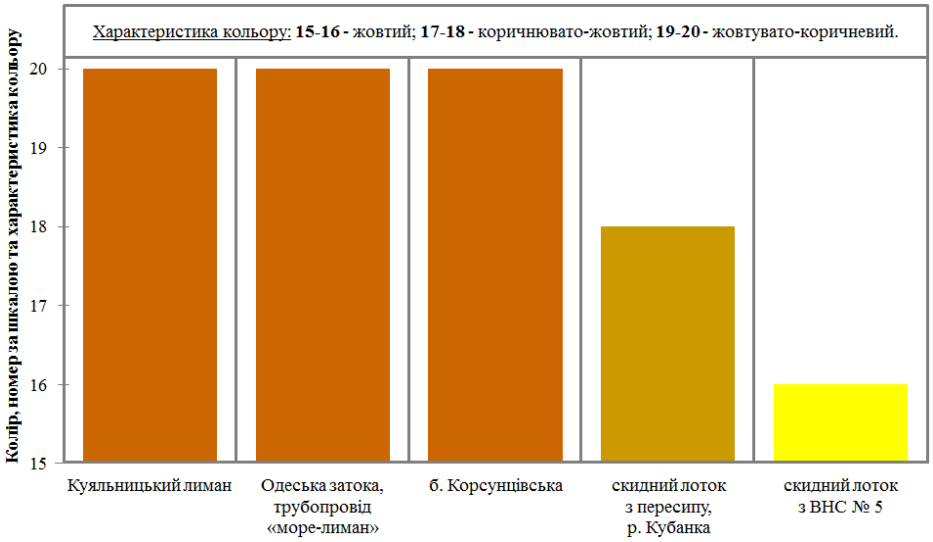

Рисунок 2.7 – Колір води лиману, його приток і моря у грудні 2020 р.

Рисунок 2.8 – Фото солі рожевого відтінку на дні лиману (09.12.2020 р.)

Рисунок 2.9 – Фото лиману з ропою рожевого відтінку (08.09.2020 р.)

2.4 Результати вимірювань мутності та прозорості води

Результати визначення мутності води (вмісту завислих у воді речовин) та прозорості води представлені у Додатку Б (табл. Б.1 та Б.2), на рис. 2.10 (мутність води), рис. 2.11 (прозорість за білим диском Секкі) та рис. 2.12 (прозорість води за стандартним шрифтом).

Станом на 09.12.2020 р. середня мутність морської води в поверхневому шарі Одеської затоки на ділянці обстежень дорівнювала 0,42 г/дм^3, змінюючись від 0,14 до 0,88 г/дм^3 (рис. 2.10). Однак, 12.12.2020 р. мутність морської води, яка надходила до лиману крізь трубопровід «море-лиман» з глибини 3,0-3,5 м, становила лише 0,066 г/дм^3, тобто була в 6,4 рази меншою ніж в поверхневому шарі води на прибережних постах в Одеській затоці. З вмістом завислих у воді речовин пов’язана величина прозорості морської води (рис. 2.11 та 2.12). Середня прозорість поверхневого шару води в морі, яка визначалась за білим диском Секкі, дорівнювала 0,15 м, змінюючись в межах ±0,05 м. Величина прозорості води за стандартним шрифтом в середньому дорівнювала 3,8 см, змінюючись в межах 2,5-5,8 см. Морська вода в трубопроводі «море-лиман» була більш прозора ніж в поверхневому шарі на постах затоки, дорівнюючи в середньому: 0,25 м – за білим диском; 7,6 см – за стандартним шрифтом.

Мутність води, яка 09.12.2020 р. надходила до лиману з скидних лотків з пересипу та ВНС № 5, дорівнювала 0,0 г/дм^3. Відповідно прозорість води за білим диском Секкі була до дна, а за стандартним шрифтом – більше 50 см.

Середня мутність води в лимані 09.12.2020 р. дорівнювала 0,65 г/дм^3. Найменша мутність води (0,087 г/дм^3) визначена в південній частині лиману (пост Л1), а найбільша (2,67 г/дм^3) – в північній частині лиману (пост Л3). Висока мутність води у верхній дуже мілководній частині лиману пов’язана з наявністю у воді у завислому стані великої кількості мертвих особин зяброногого рачка *Artemia salina* (або *Artemia partenogenetic*), які потрапили до верхів’я лиману під час вітрового нагону води. За довжиною лиману мутність води змінювалась наступним чином: у нижній (південній) частині – 0,15 г/дм^3; у середній (центральній) частині – 0,25 г/дм^3; у верхній (північній) частині – 1,55 г/дм^3. Найбільша прозорість води за білим диском Секкі була виміряна в середній частині лиману (0,50 м – до дна), а найменша – у верхній дуже мілководній частині лиману (0,10 м – до дна). В нижній частині лиману, як і в середньому по водоймі, прозорість води за диском Секкі дорівнювала 0,30 м. За стандартним шрифтом середня прозорість води дорівнює 18,0 см, найбільша – 26,8 см (в середній частині лиману на посту А1), найменша – 6,9 см (у верхній частині на посту Л3). В різних частинах лиману прозорість води за стандартним шрифтом змінювалась наступним чином: у нижній (південній) – 16,0 см; у середній (центральній) – 21,4 см; у верхній (північній) – 16,7 см.

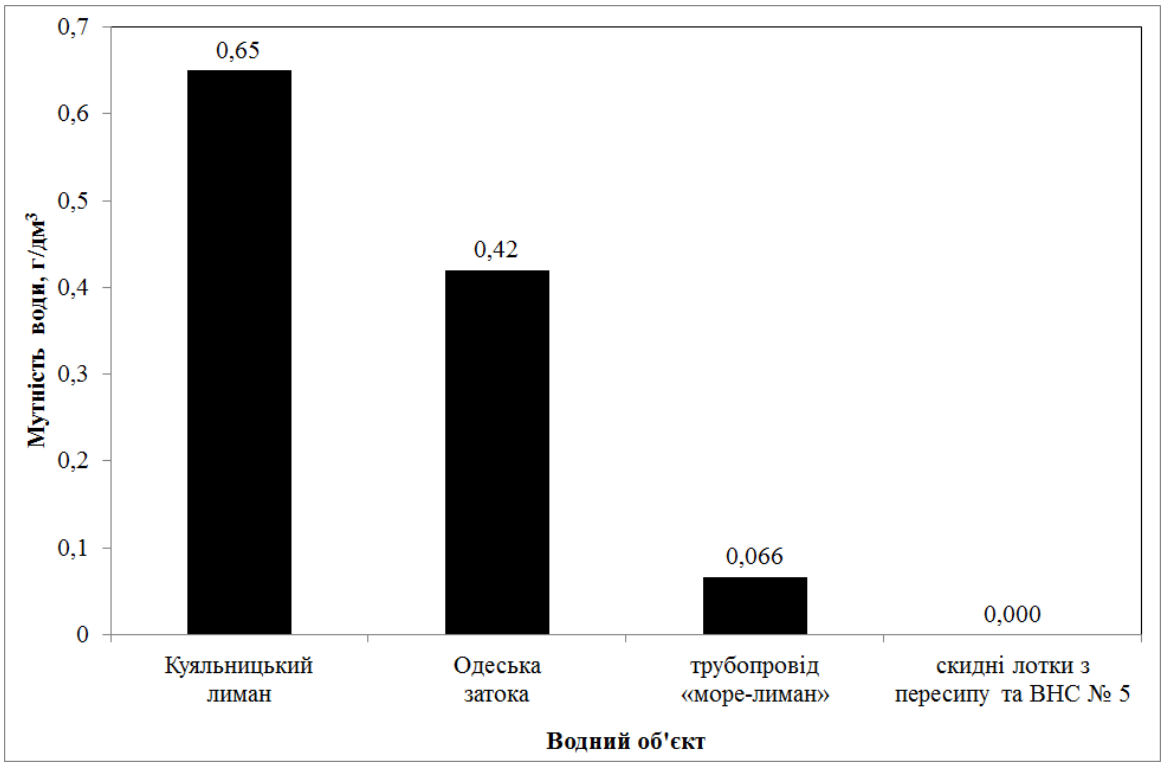

Рисунок 2.10 – Середні значення мутності води (вміст завислих у воді речовин) в Куяльницькому лимані, Одеській затоці, трубопроводі «море-лиман» та діючих притоках лиману в грудні 2020 р. (дані ОДЕКУ)

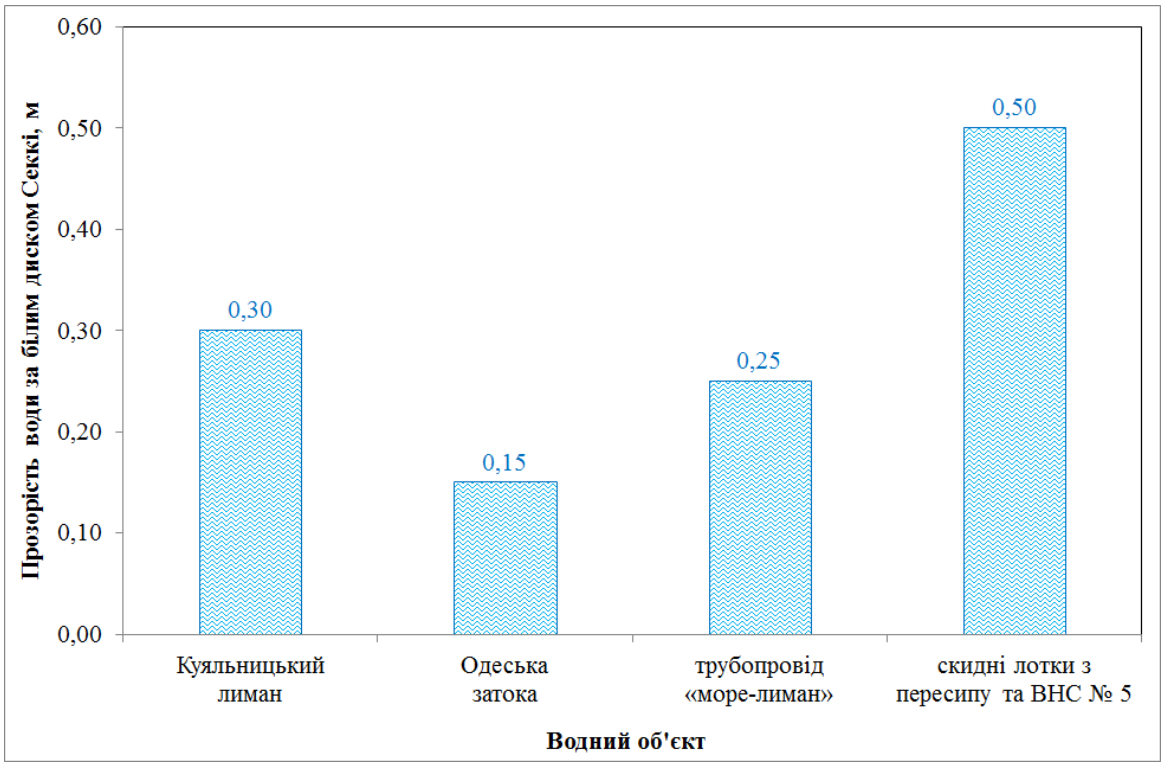

Рисунок 2.11 – Середні значення прозорості води за білим диском Секкі в Куяльницькому лимані, Одеській затоці, трубопроводі «море-лиман» та діючих притоках лиману в грудні 2020 р. (дані ОДЕКУ)

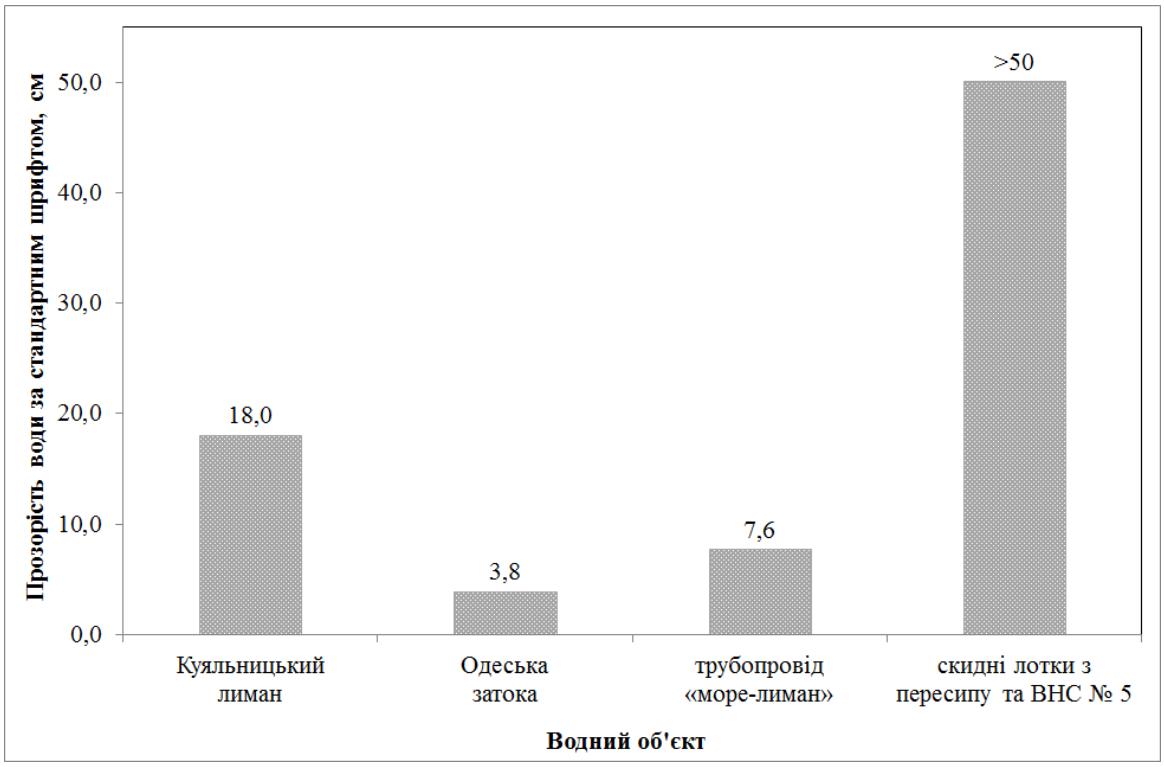

Рисунок 2.12 – Середні значення прозорості води за стандартним шрифтом в Куяльницькому лимані, Одеській затоці, трубопроводі «море-лиман» та діючих притоках лиману в грудні 2020 р. (дані ОДЕКУ)

2.5 Результати вимірювань і аналізу питомої електропровідності, густини, мінералізації води (за прожареним залишками) та розчинених у воді органічних речовин

Мінералізація води пов’язана з питомою електропровідність (ПЕП) та густиною води, які збільшуються при збільшені вмісту розчинених у воді речовин (мінералізації води). В зв’язку з цим, під час гідрологічних обстежень Куяльницького лиману, морської води з Одеської затоки (у тому числі в трубопроводі «море-лиман») і діючих притоках лиману (скидних лотках з пересипу та ВНС № 5) вимірювалися значення цих параметрів води. Крім того, за даними про сухий та прожарений залишки, як відсоток від сухого залишку, був визначений вміст розчинених у воді органічних речовин (РОР). Результати вимірювань ПЕП, густини, мінералізації води (за прожареним залишками) та вмісту РОР представлені у Додатку Б (табл. Б.1 та Б.2) і показані на наступних графіках: рис. 2.13 та 2.14 – графіки ПЕП води; рис. 2.15 та 2.16 – графіки густини води; рис. 2.17 та 2.18 – графіки мінералізації води; рис. 2.19 та 2.20 – графіки вмісту у воді РОР.

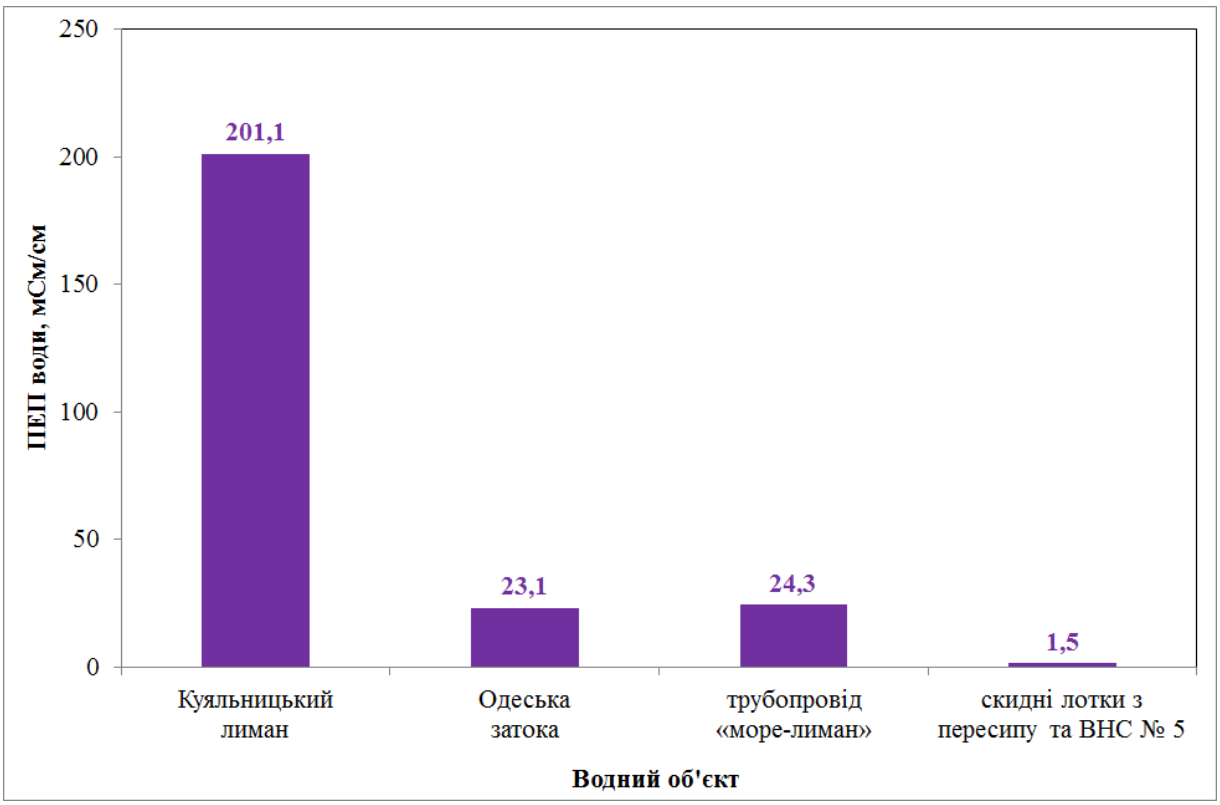

Рисунок 2.13 – Середні значення ПЕП води в Куяльницькому лимані, Одеській затоці, трубопроводі «море-лиман» і діючих притоках лиману у грудні 2020 р.

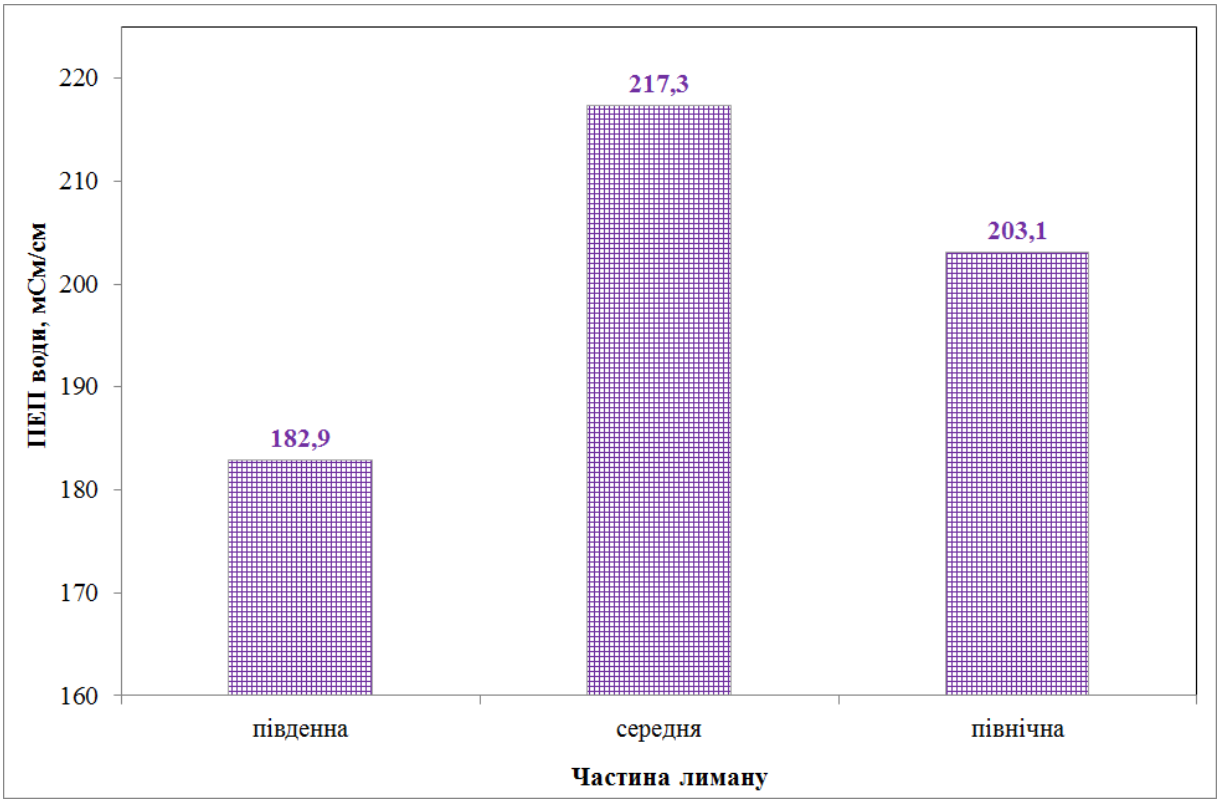

Рисунок 2.14 – Середні значення ПЕП води в різних частинах Куяльницького лиману станом на 9 грудня 2020 р.

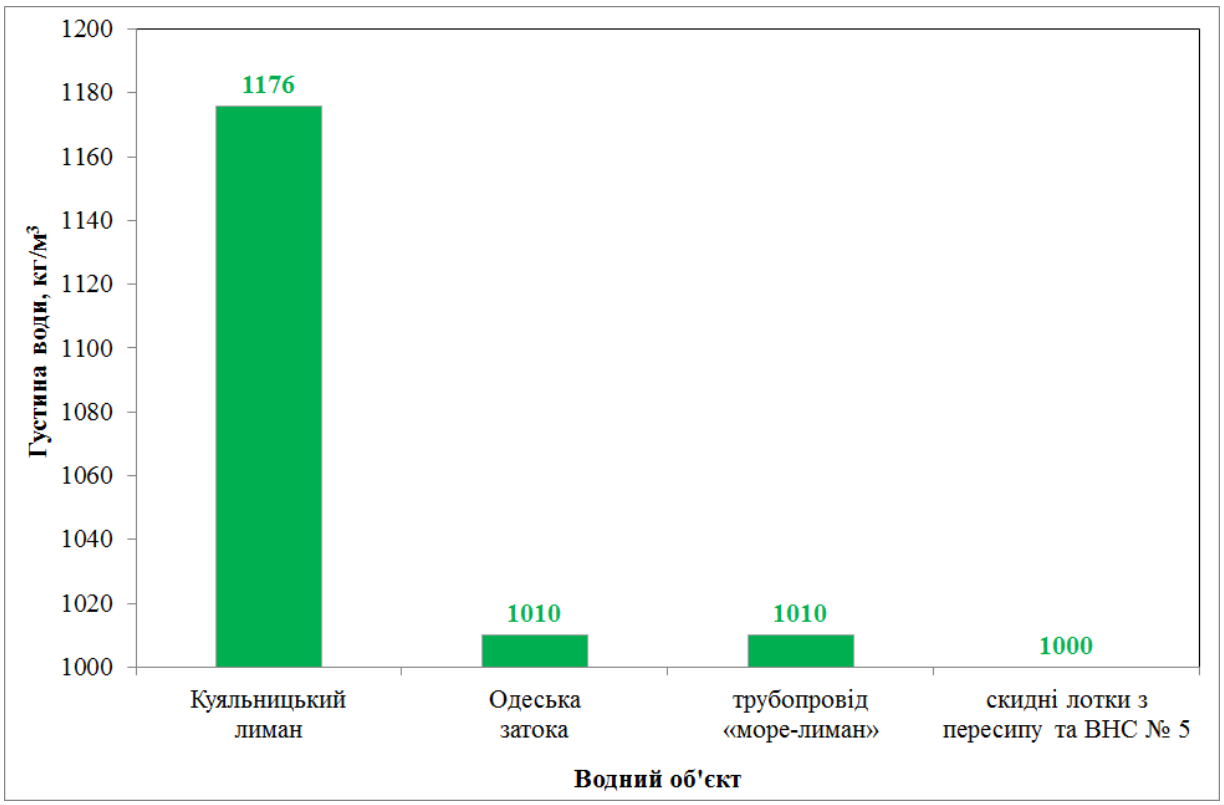

Рисунок 2.15 – Середні значення густини води в Куяльницькому лимані, Одеській затоці, трубопроводі «море-лиман» і діючих притоках лиману у грудні 2020 р.

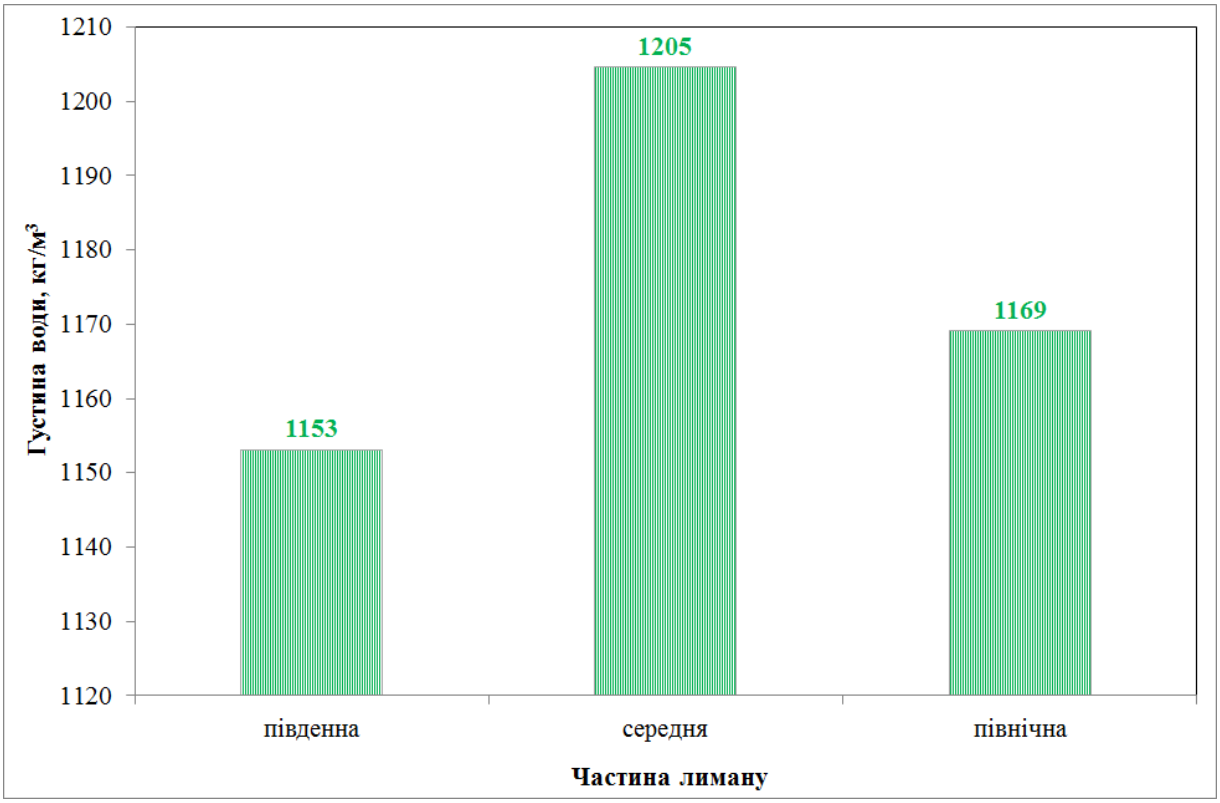

Рисунок 2.16 – Середні значення густини води в різних частинах Куяльницького лиману станом на 9 грудня 2020 р.

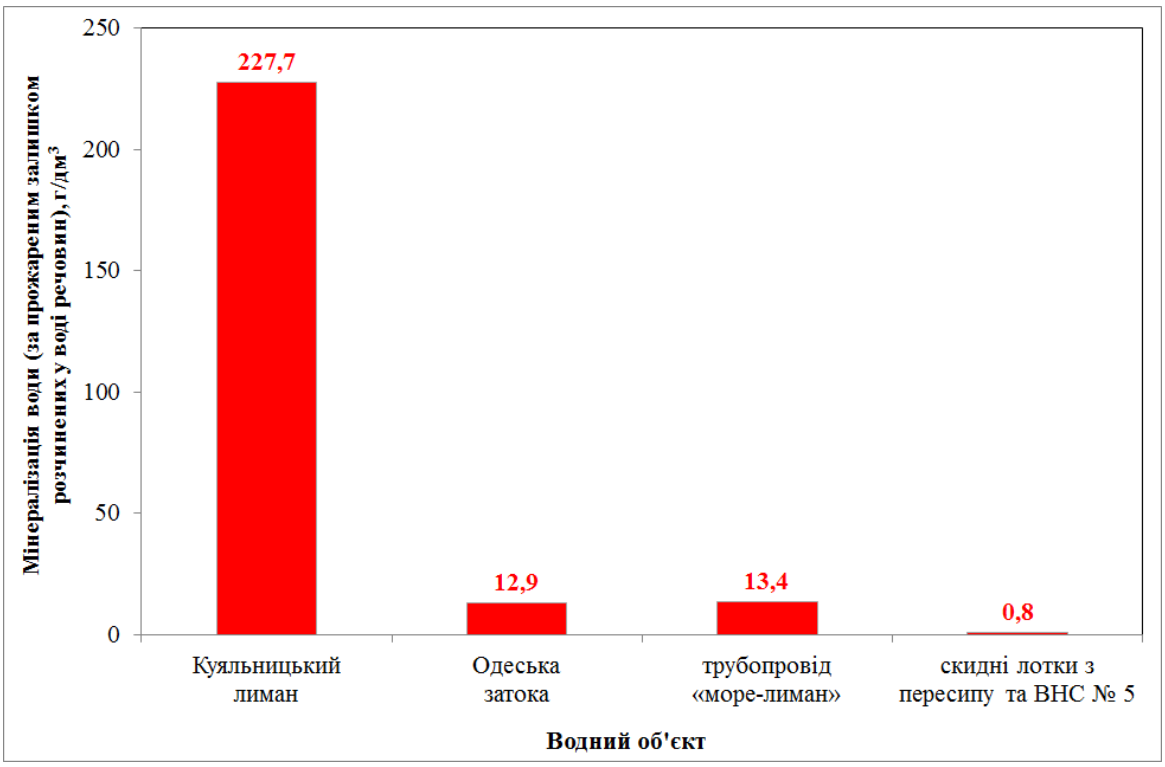

Рисунок 2.17 – Середні значення мінералізації води (за прожареним залишком) в Куяльницькому лимані, Одеській затоці, трубопроводі «море-лиман» і діючих притоках лиману у грудні 2020 р.

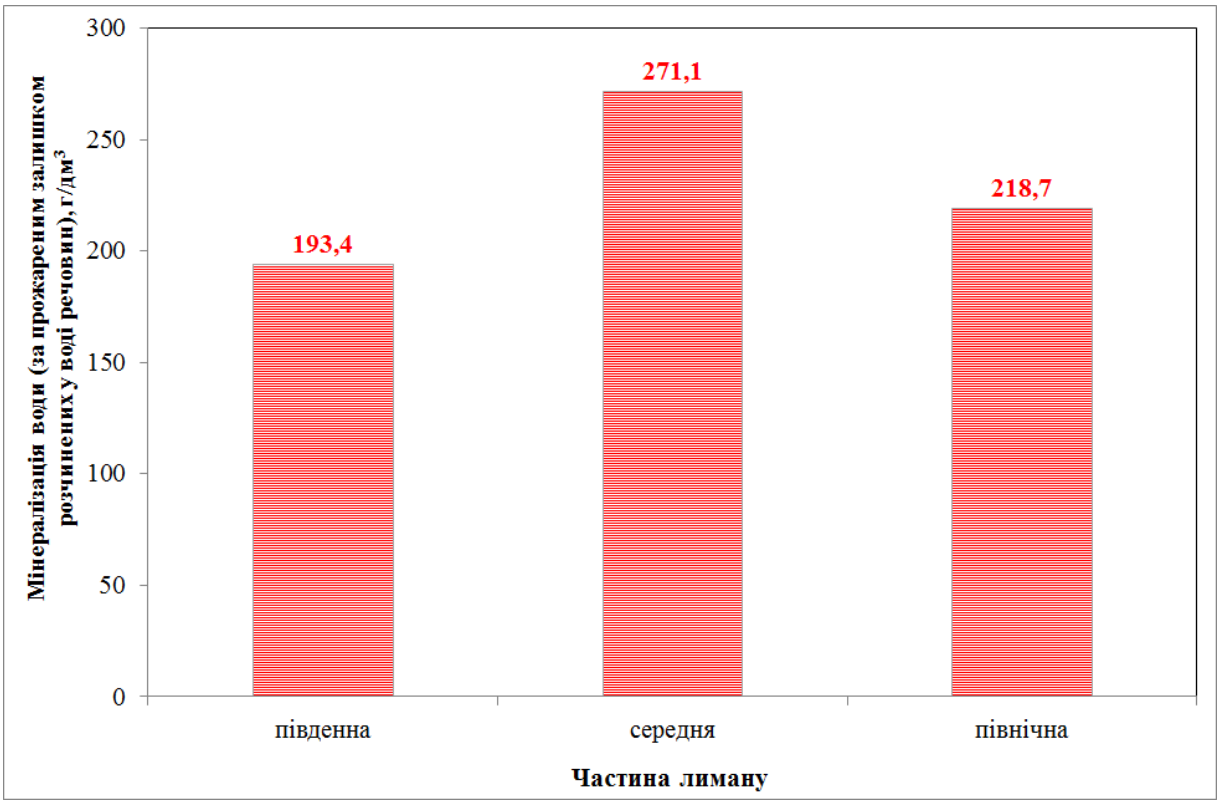

Рисунок 2.18 – Середні значення мінералізації води (за прожареним залишком) в різних частинах Куяльницького лиману станом на 9 грудня 2020 р.

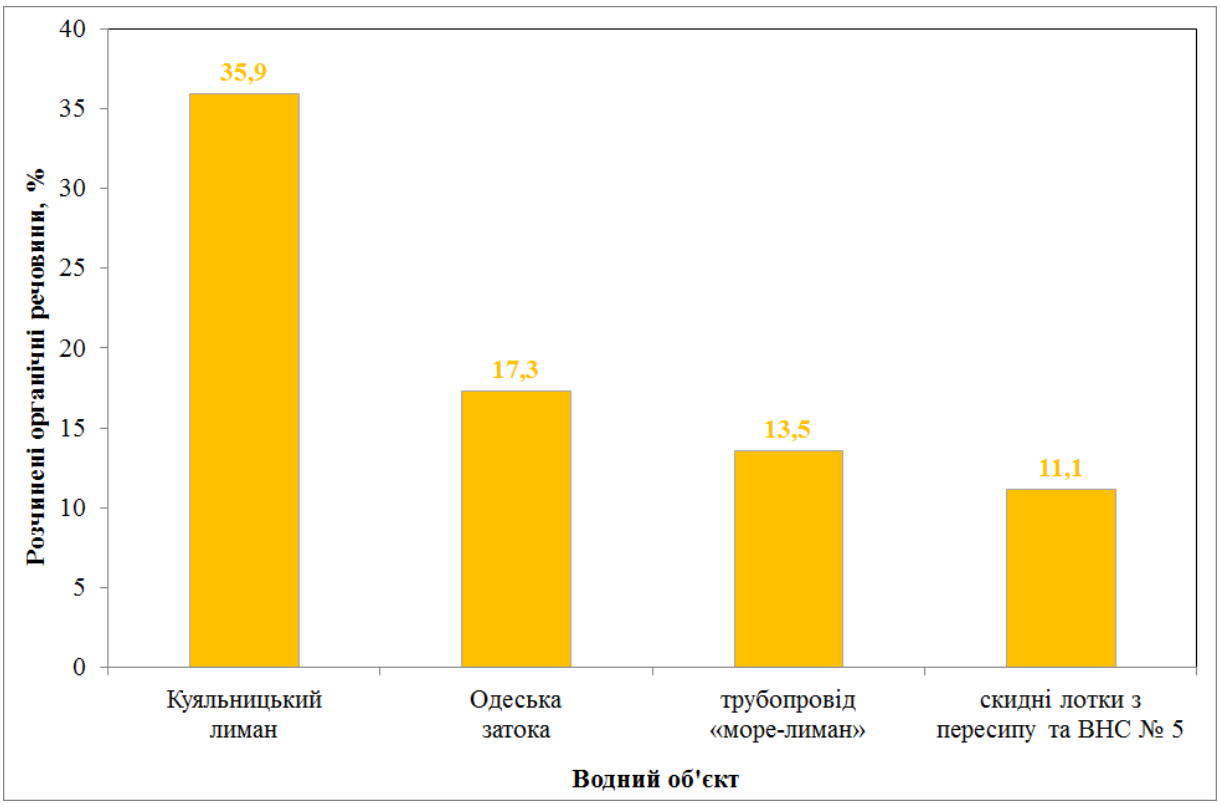

Рисунок 2.19 – Середній вміст РОР у воді Куяльницького лиману, Одеської затоки, трубопроводу «море-лиман» і діючих приток лиману у грудні 2020 р.

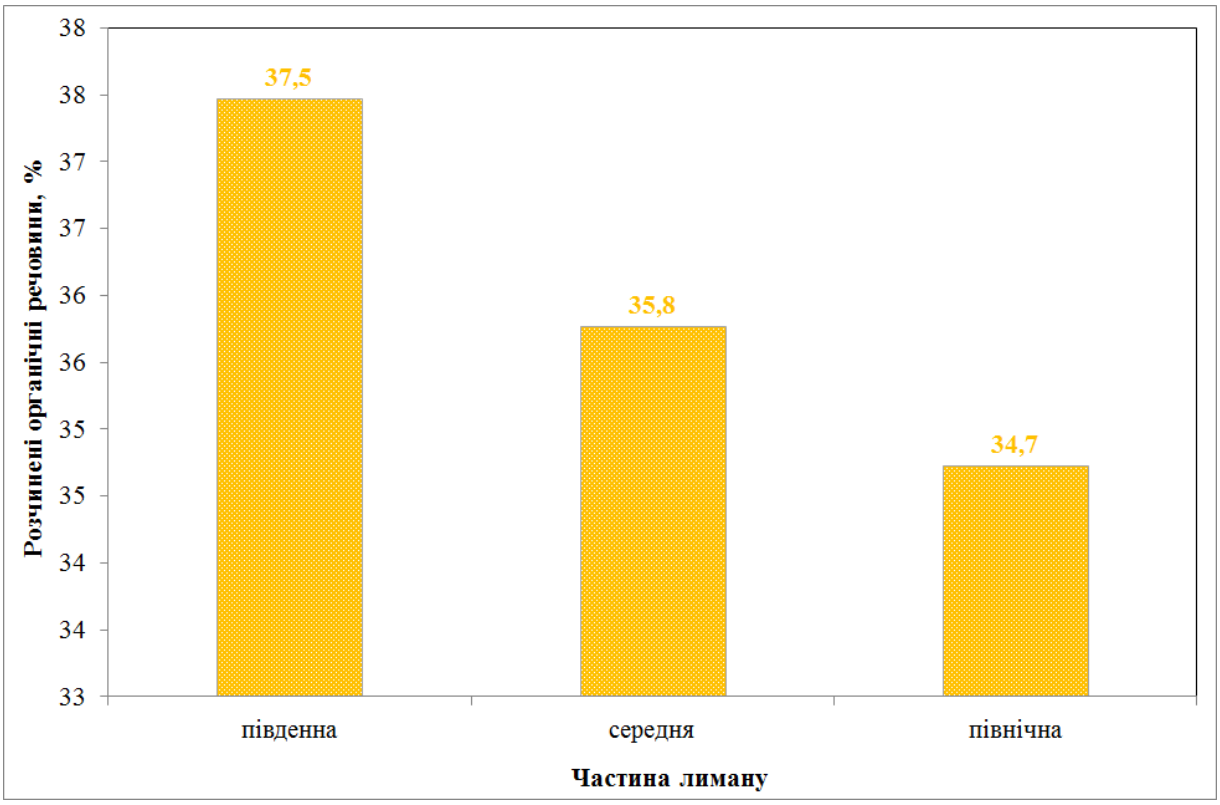

Рисунок 2.20 – Середній вміст РОР у воді різних частин Куяльницького лиману станом на 9 грудня 2020 р.

Найменше значення ПЕП визначене у прісних водах скидних лотків з пересипу та ВНС № 5 і дорівнює в середньому 1,5 мСм/см (рис. 2.13). Величина ПЕП морської води з Одеської затоки та трубопроводу «море-лиман» змінювалась в середньому від 21,3 до 24,3 мСм/см, відповідно. Найбільше значення ПЕП визначене у воді Куяльницького лиману (201,1 мСм/см – в середньому по водоймі). Слід зазначити, що в різних частинах лиману величина ПЕП помітно змінюється (рис. 2.14): у нижній (південній) – 182,9 мСм/см; у середній (центральній) – 217,3 мСм/см; у верхній (північній) – 203,1 мСм/см. Це пояснюється різною густиною та мінералізацією води в цих частинах лиману, аналіз яких представлений нижче.

Середнє значення густини води в досліджених водних об’єктах у грудні 2020 р. змінювалось наступним чином (рис. 2.15): 1000 г/дм^3 – в діючих притоках лиману; 1010 г/дм^3 – в морі та трубопроводі; 1176 г/дм^3 – в лимані. В різних частинах лиману (рис. 2.16) середні значення густини води дорівнювали: у нижній – 1153 г/дм^3; у середній – 1205 г/дм^3; у верхній – 1169 г/дм^3.

З графіку розподілу мінералізації води (рис. 2.17) видно, що найменшою вона була у скидних лотках з пересипу та ВНС № 5, в середньому дорівнюючи 0,8 г/дм^3. Середні значення мінералізації морської води в Одеській затоці та трубопроводі «море-лиман» дорівнювали, відповідно, 12,9 та 13,4 г/дм^3, що в 17,0-17,6 разів менше ніж середня мінералізація води в лимані (227,7 г/дм^3) до початку подачі води з моря. На графіку розподілу мінералізації води в різних частинах лиману (рис. 2.18) видно, що найменшою вона була в південній частині водойми (193,4 г/дм^3), найбільшою – в середній (271,1 г/дм^3), а в північній частині лиману вона майже дорівнювала середньому по водоймі значенню (218,7 г/дм^3).

Аналіз розподілу відносних значень вмісту РОР у воді досліджених водних об’єктів (рис. 2.19) дозволив виявити, що в Куяльницькому лимані цей показник є найбільшим та в середньому в 2-3 рази вищій ніж у воді Одеської затоки, трубопроводу «море-лиман» і діючих приток лиману. За довжиною лиману вміст РОР майже не змінюється (рис. 2.20), хоча і дещо зменшується у напрямку північної частини водойми.

Порівняння величин сухого і прожареного залишку розчинених у воді лиману речовин (Додаток Б, табл. Б.1) показало, що значення сухого залишку (сумарний вміст розчинених неорганічних та органічних речовин) в середньому на 35,2% вище ніж значення прожареного залишку (вміст лише неорганічних речовин). З цієї причини мінералізацію води в лимані слід визначати лише за величиною прожареного залишку.

2.6 Результати визначення витрати води в трубопроводі «море-лиман» та оцінки сучасного стану ділянки між лиманом та водовипуском з трубопроводу

Під час гідрологічного обстеження 09.12.2020 р. подача морської води в лиман ще не була розпочата, тому що температура води в Одеській затоці була вище 8°С. Тому в цей день витрата морської води становила 0,000 $м^3/с$. Подача морської води до лиману крізь трубопровід «море-лиман» розпочалася у другій половині дня 11.12.2020 р., коли температура морської води стала менше 8°С. Тому 12.12.2020 р. (з 13:00 по 13:30) фахівцями НЕЦ МНС ОДЕКУ проведено вимірювання витрати води, завислих наносів та інших параметрів морської води в трубопроводі «море-лиман».

Поточна витрата морської води, яка 12.12.2020 р. надходила з Одеської затоки до південно-східної частини Куяльницького лиману крізь трубопровід «море-лиман», вимірювалась за методом «швидкість-площа» [19, 20] з використанням гідрометричного млинка типу ГР-55 (згідно з рекомендаціями, вказаними у пп. 2.5 «Правил експлуатації гідротехнічної споруди зі з’єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки» [14]).

Встановлено, що витрата води дорівнює величині 1,00 $м^3/с$, яка відповідає проектному значенню витрати води [14]. Результати вимірювання витрати води на виході з трубопроводу «море-лиман» й інші дані вимірювань представлені у Додатку Б (табл. Б.1, Б.2).

Слід зазначити, що під час обстеження 9 грудня 2020 р. гирлової частини трубопроводу «море-лиман» виявлено витікання з труби невеликої кількості (приблизно 2 $см^3/с$) каламутно-білої рідини (рис. 2.21) з сірководневим запахом. Скоріш за все, це дренажна вода, яка надходить в трубопровід за рахунок фільтрації через тіло споруд та крізь негерметичні стики конструкцій трубопровідної системи або крізь негерметичні затвори.

Про можливість подібного явища вказано у пп. 4.2 чинних правил експлуатації [14], де також йдеться про необхідність проведення періодичних обстежень технічного стану споруд з метою забезпечення їх безперебійної і безаварійної експлуатації.

За результатами таких обстежень керівник експлуатуючої організації повинен «вживати необхідних та своєчасних заходів щодо ремонту окремих конструктивних елементів або системи чи споруд в цілому».

Про відсутність цих заходів у 2020 р. свідчить як виявлене витікання з труби невеликої кількості брудної дренажної води (рис. 2.21), так і захаращений камінням і ґрунтом (з пророслими вищими водяними рослинами) лоток водовипуску трубопроводу «море-лиман» та невикошені очеретяні зарості на ділянці між лотком і лиманом (рис. 2.22).

Рисунок 2.21 – Фотографії ділянки водовипуску трубопроводу «море-лиман» за два дня до початку подачі морської води до лиману (09.12.2020 р.)

Рисунок 2.22 – Фотографії ділянки водовипуску трубопроводу «море-лиман» на другий день після початку подачі морської води до лиману (12.12.2020 р.)

Це призвело до виникнення підпору води на ділянці лотка водовипуску та появи коловоротів в північно-східній частині лотка, яких раніше не було, і може спричинити пошкодження цієї ділянки водовипуску, у вигляді підмиву і просідання лотку, а також визвати розмив підошви дамби об’їзної дороги або інші негативні наслідки, тому потребує обов’язкового вирішення силами експлуатуючої організації. Крім того, підпір води та поява коловоротів в північно-східній частині лотка значно ускладнює процес вимірювання витрати води та впливає на збільшення похибки його визначення.

За наявності таких умов, для визначення величини витрати води і розрахунку об’єму припливу морських вод до Куяльницького лиману крізь трубопровід «море-лиман» пропонується застосовувати зв’язок $Q = f(\zeta)$ між витратами морської води (Q, м^3/с) на виході з трубопроводу та позначками рівнів води (ζ, м БС) в Одеські затоці (рис. 2.23).

Для побудови графіку зв’язку $Q = f(\zeta)$, представленого на рис. 2.23, були використані результати синхронних вимірювань витрат води на виході з трубопроводу «море-лиман» та рівнів води на прибережному посту в створі трубопроводу в Одеській затоці за період з 2015 по 2018 рр. [10-12, 15-18].

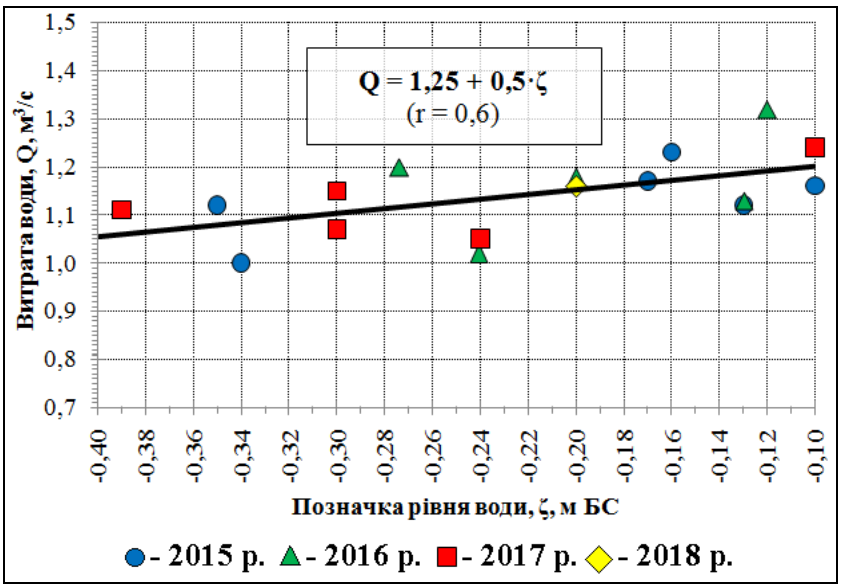

Рисунок 2.23 – Зв’язок між витратами морської води на виході з трубопроводу та рівнями води в Одеській затоці (за даними вимірювань у 2015-2018 рр. [12])

Для аналітичного визначення поточної витрати води, отриманий зв’язок (показаний на рис. 2.23) було апроксимовано у вигляді наступного лінійного рівняння: $Q = 1{,}25 + 0{,}5 \cdot \zeta$.

Відносна похибка визначення витрати води таким способом знаходиться в межах ±10%.

2.7 Зв’язок між питомою електропровідністю, густиною та мінералізацією води (за прожареним залишкам розчинених у воді речовин)

Встановлення зв’язків між питомою електропровідністю, густиною та мінералізацією води (за прожареним залишкам розчинених у воді речовин) здійснювались з використанням результатів вимірювань цих параметрів вод під час виконання в 2016-2020 рр. науково-дослідної роботи з гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки.

За результатами вимірювань в Одеській затоці, лимані та водотоках, що впадають до лиману, були визначені лінійні зв’язки між значеннями питомої електропровідності, густини та мінералізації води (за прожареним залишком розчинених у воді речовин), які показані нижче на рис. 2.24 (для Одеської затоки), рис. 2.25 (для Куяльницького лиману), рис. 2.26 (для річок, балок і скидних лотків лиману). Крім того, у табл. 2.1 представлені емпіричні рівняння зв’язків між значеннями питомої електропровідності та мінералізації води (за прожареним залишком) окремо для кожної річки, балки та скидного лотка.

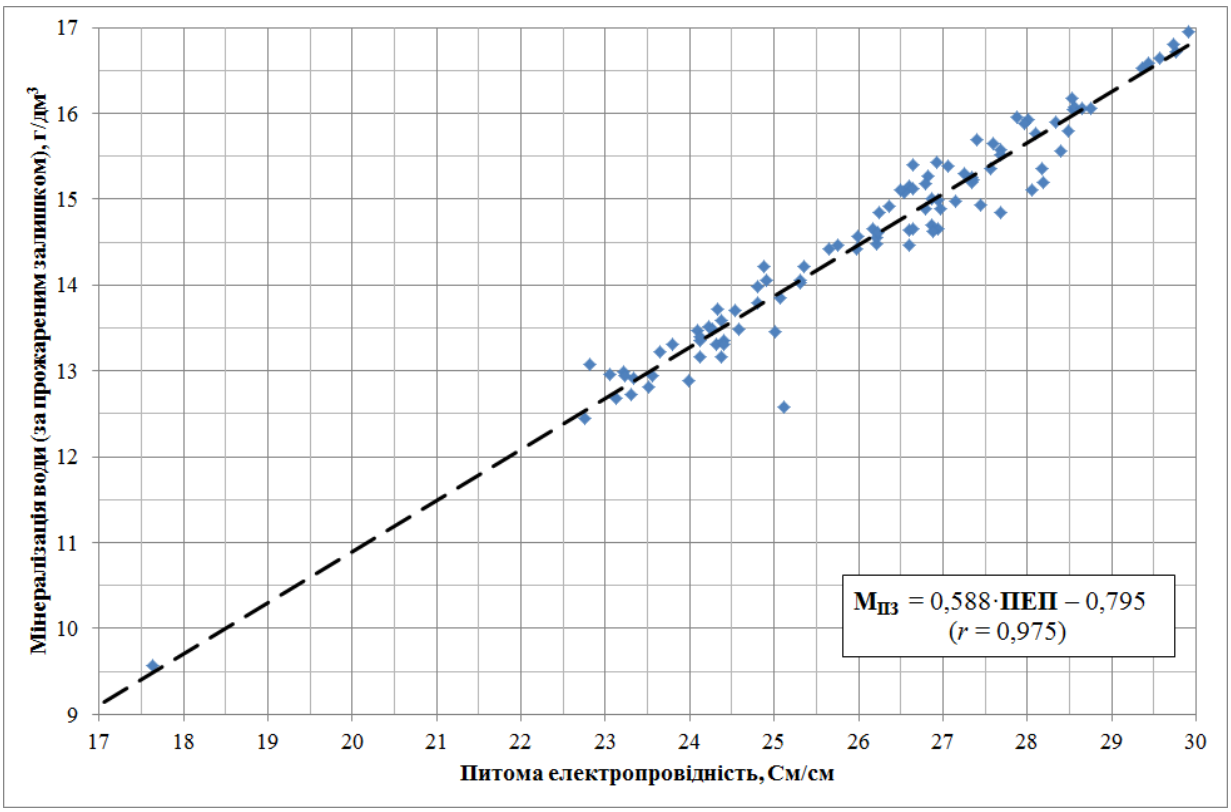

Рисунок 2.24 – Зв’язок між питомою електропровідністю та мінералізацією води (за прожареним залишком) в Одеській затоці за даними вимірювань у 2016-2020 рр.

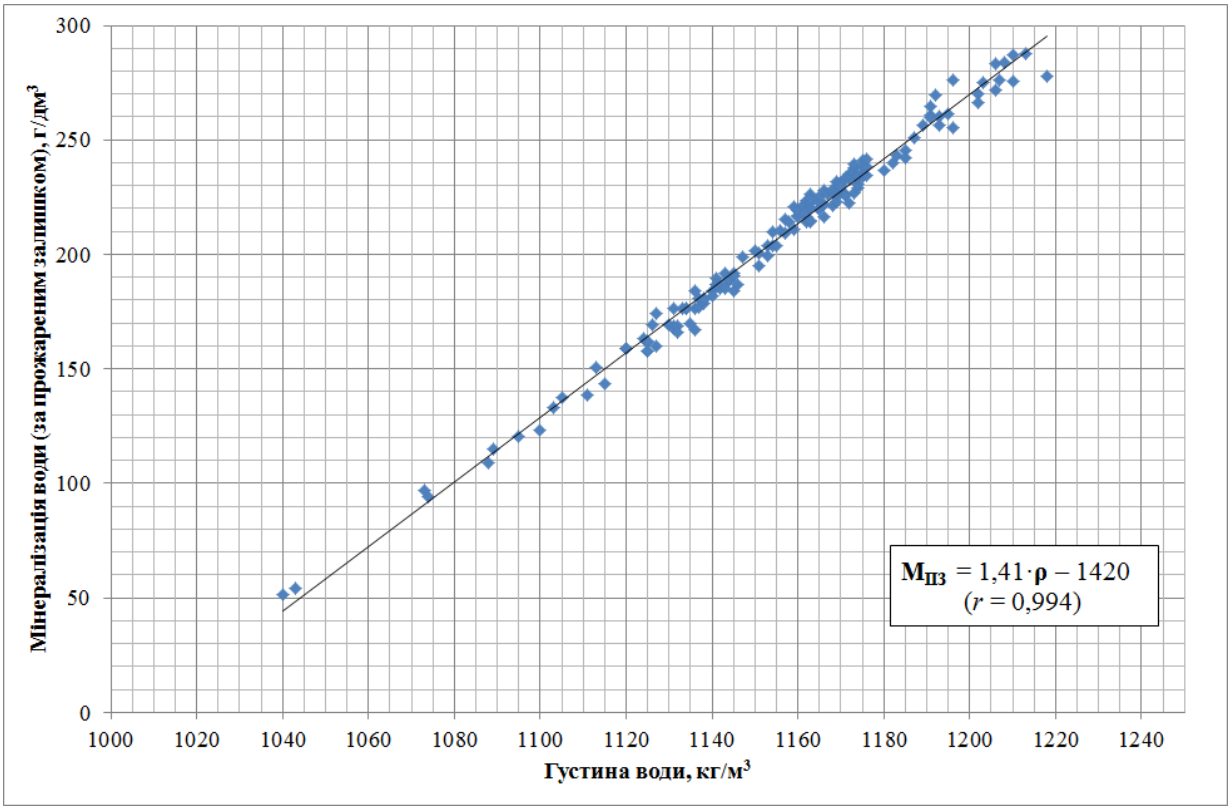

Рисунок 2.25 – Зв’язок між густиною та мінералізацією води (за прожареним залишком) в Куяльницькому лимані за даними вимірювань у 2016-2020 рр.

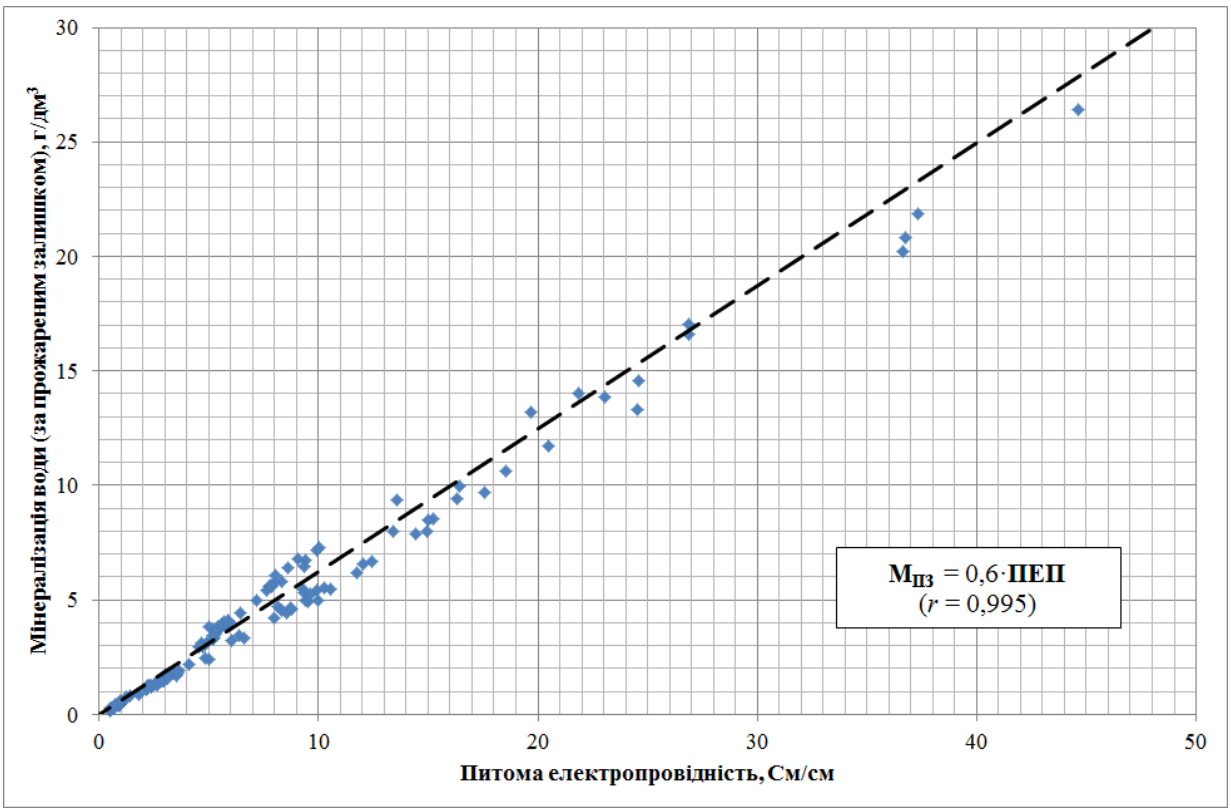

Рисунок 2.26 – Зв’язок між питомою електропровідністю та мінералізацією води (за прожареним залишком) в річках, балках і скидних лотках лиману за даними вимірювань у 2016-2020 рр.

Таблиця 2.1 – Уточнені емпіричні рівняння зв’язків між значеннями питомої електропровідності та мінералізації води (за прожареним залишком розчинених у воді речовин) в річках, балках і скидних лотках Куяльницького лиману, отримані за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2020 рр.

Річка, балка, скидний лоток	**Рівняння зв’язку**	**Коефіцієнт кореляції, *r***
скидний лоток з пересипу	$М_{ПЗ}$ = 0,527·ПЕП	0,959
скидний лоток з ВНС № 5	$М_{ПЗ}$ = 0,6·ПЕП – 0,084	0,990
балка Корсунцівська	$М_{ПЗ}$ = 0,814·ПЕП – 0,722	0,916
балка Гільдендорфська	$М_{ПЗ}$ = 0,745·ПЕП – 0,212	0,971
річка Кубанка	$М_{ПЗ}$ = 0,585·ПЕП – 0,319	0,997
річка Довбока	$М_{ПЗ}$ = 0,545·ПЕП – 0,131	0,999
річка Великий Куяльник	$М_{ПЗ}$ = 0,694·ПЕП – 1,551	0,995

Для отримання зв’язків використані результати вимірювань за період з 2016 по 2020 рр. Дані зв’язки апроксимовані лінійними рівняннями та мають високі коефіцієнти кореляції (*r*), які приймають значення вище 0,9, тому можуть бути використані для експрес-визначення (не більш ніж за 5 хв.) мінералізації води цих водних об’єктів у майбутньому.

У 2020 р. рівняння лінійної регресії, отримані раніше (у 2016-2018 рр.), були успішно перевірені на незалежних даних та уточнені шляхом подовження рядів з результатами вимірювань ПЕП, густини та мінералізації води (за прожареним залишком розчинених у воді речовин) на досліджених водних об’єктах.

2.8 Результати вимірювань витрат води та завислих наносів на постах в гирлових ділянках річок, балок і скидних лотків лиману

У грудні 2020 р. під час виконання гідрологічних обстежень водотоків, що впадають в лиман, обов’язково вимірювалися витрати води та завислих наносів (речовин). Ці дані необхідні для визначення об’ємів припливу до лиману прісних вод з його водозбірного басейну.

Результати вимірювань витрат води та завислих наносів в гирлових ділянках річок, балок та скидних лотків представлені в Додатку Б (табл. Б.1).

Слід зазначити, що у дату гідрологічних обстежень (09.12.2020 р.) русла трьох обстежених водотоків (р. В. Куяльник, р. Довбока, б. Гільдендорфська) були без води (пересохлими), а в двох водотоках (р. Кубанка, б. Корсунцівська) вода була, але її стік був відсутній (витрата води дорівнює 0,000 м^3/с). Лише в двох штучних водотоках (скидних лотках з пересипу і ВНС № 5) був стік води з наступними витратами: 0,028 м^3/с – в скидному лотку з пересипу; 0,001 м^3/с – в скидному лотку з ВНС № 5.

Крім того, в обох цих штучних водотоках завислі у воді речовини були відсутні (мутність води дорівнювала 0,000 г/дм^3), а витрата завислих наносів дорівнювала 0,000 г/с.

Таким чином, станом на 9 грудня 2020 р. дуже незначний приплив прісної води відбувався лише в південну частину лиману (сумарний добовий об’єм – до 2,5 тис. м^3), а стік річок і балок у середню та північну частини лиману під час обстежень дорівнював нулю. Надходження в лиман завислих та інших наносів також було відсутнє.

3 УЗАГАЛЬНЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ГІДРОЛОГІЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СТАНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ У ГРУДНІ 2020 РОКУ ТА ПОРІВНЯННЯ РІВНІВ І МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ З ДАНИМИ ПОПЕРЕДНІХ РОКІВ

За результатами вимірювань об’ємів припливу морських вод установлено, що 9 грудня 2020 р. витрата води на виході з трубопроводу «море-лиман» дорівнювала 1,00 м^3/с. Подачу води з Одеської затоки в Куяльницький лиман розпочато 11 грудня 2020 р. (приблизно з 15:00-15:30). Отже, до кінця 2020 р. лиман додатково поповниться морською водою на 1,77 млн. м^3, а за період з 11.12.2020 р. по 30.04.2021 р. – на 12,14 млн. м^3.

Морська вода, яка надходила в лиман 12 грудня 2020 р., на виході з трубопроводу мала температуру 5,4°С, була жовтувато-коричневого кольору, без запаху при 20°С та з дуже слабким землистим запахом при 60°С, мала густину 1009 кг/м^3, була з прозорістю 7,1 см за стандартним шрифтом та 0,30 м за білим диском Секкі, і характеризувалася дуже невеликим вмістом завислих речовин (значення мутності води дорівнювало 0,075 г/дм^3), належала до слабколужних вод (значення pH води становило 8,26), а за ступенем мінералізації була солона (мінералізація води дорівнювала 13,40 г/дм^3).

Вода скидного лотка з пересипу, яка надходила в південно-західну частину лиману з витратою 0,028 м^3/с, була коричнювато-жовтого кольору, слабкосолоною (мінералізація – 1,25 г/дм^3, густина – 1001 кг/м^3), дуже прозора (прозорість за білим диском Секкі була до дна – 0,33 м, а за стандартним шрифтом – більше 50 см), без завислих речовин (мутність води дорівнювала 0,000 г /дм^3) та належала до слабколужних вод (pH = 7,50). Під час проведення гідрологічних обстежень установлено, що приплив води з річок і балок у центральну та північну частину лиману дорівнює нулю.

Вода лиману була жовтувато-коричневого кольору, без запаху та з дуже слабким ароматним (малиновим!) запахом при 20°С і з рибним запахом інтенсивністю 1-2 бали при 60°С, належала до слабколужних вод (середнє значення pH складає 7,55). Середній вміст завислих у воді речовин становить 0,65 г/дм^3, а середня прозорість води (за стандартним шрифтом) – 18,0 см. Густина води в середньому дорівнювала 1176 г/дм^3. Її значення повьязано мінералізацією води, середнє значення якої склало 228 г/дм^3. Крім того, за даними вимірювань ОДЕКУ у вересні-грудні 2020 р. встановлено, що величина мінералізації поверхневого шару води в південній частині лиману спочатку зменшилася з 290 г/дм^3 (08.09.2020 р.) до 109 г/дм^3 (30.09.2020 р.), а потім знову збільшилася до 278 г/дм^3 (09.12.2020 р.).

Це пояснюється періодичним розбавленням ропи лиману прісною водою атмосферних опадів [7, 8]. В цілому ж за ступенем мінералізації вода в лимані належала до розсолів.

При порівнянні середньої мінералізації води в лимані у грудні 2020 р. (228 г/дм^3) з середніми значеннями мінералізації води у грудні минулих років (включно з першим роком поповнення лиману морською водою та останнім роком до його початку) встановлено, що вона є більша: на 73 г/дм^3 ніж у грудні 2018 р., на 26 г/дм^3 ніж у 2017 р., на 54 г/дм^3 ніж у 2016 р., на 83 г/дм^3 ніж у 2016 р. та на 36 г/дм^3 ніж у 2014 р.

Встановлено, що середній рівень води в Куяльницькому лимані за січень-листопад 2020 р. дорівнює позначці мінус 6,47 м БС. При порівнянні середнього рівня води в лимані, визначеного за період з січня по листопад 2020 р., з середніми рівнями води за аналогічні періоди минулих років (включно з першим роком поповнення лиману морською водою) встановлено, що він є нижчим: на 0,17 м в порівнянні з 2019 р., на 0,31 м в порівнянні з 2018 р., на 0,24 м в порівнянні з 2017 р., на 0,16 м в порівнянні з 2016 р., на 0,10 м в порівнянні з 2015 р. Тільки при порівнянні з середнім рівнем води за січень-листопад 2014 р. (останнім роком до початку поповнення лиману морською водою) можна побачити те, що рівень води у січні-листопаді 2020 р. є вищим на 0,16 м.

Крім того, під час гідрологічних обстежень у верхній частині лиману на траверзі р. Довбока на дні водойми виявлена кірка білої досі не розчиненої солі з рожевим відтінком (товщиною до 10 мм) та чисельні фрагменти твердої сольової кірки сірого кольору (товщиною 4-5 мм). Це вказує на те, що вода до цієї частини лиману надходить лише при сильних вітрових нагонах з його центральної частини.

Слід також зазначити, що під час проведення гідрологічних обстежень сміття, наявності нафтових або маслянистих плівок на поверхні води лиману та інших водних об’єктів не виявлено. Однак вже «традиційно» на окремих ділянках прибережної захисної смуги лиману продовжують існувати стихійні несанкціоновані звалища побутового сміття, у тому числі, між об’їзною дорогою та офіційною ділянкою добичі лікувальних грязей (район старого солепромислу) та у інших місцях. Одним з можливих шляхів вирішення цієї проблеми є встановлення спеціальних інформаційних знаків у місцях входу та/або в’їзду людей і транспорту на територію прибережної захисної смуги лиману та річок і балок на його басейні, в місцях перетину меж водних об’єктів дорогами, стежками та ін. [31]. Впровадження цих екологічних заходів дозволить у майбутньому мінімізувати вірогідність появи нових стихійних несанкціонованих звалищ побутового сміття поблизу лиману.

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБСТЕЖЕНЬ ОТРИМАНИХ У ПОПЕРЕДНІ РОКИ

У розділі представлена узагальнена характеристика фізико-хімічних властивостей води (температури води в поверхневому шарі, прозорості води за білим диском та за стандартним шрифтом, кольору води за шкалою кольорів, мутності води за вмістом завислих речовин, густини води, визначеної ареометричним методом, запаху води, визначеного при температурі 20°С) Куяльницького лиману в умовах подачі морської води з Одеської затоки за період з 2015 по 2018 рр., виконана за даними вимірювань ОДЕКУ [10-12].

4.1 Характеристика температури води в поверхневому шарі

Узагальнені дані про температуру води (в поверхневому шарі) в Куяльницькому лимані представлені на рис. 4.1-4.3.

Виміряні в поверхневому шарі лиману температури води (рис. 4.1) мають чітку сезонну динаміку.

Найменші температури характерні для зимових місяців, навесні йде їх зростання, найвищі значення виміряні в літні місяці, а в осінній період відбувається зниження температур. Максимальна температури води виміряна 25.06.2016 р. у верхній частині лиману (на станції Л3) та дорівнює 36,2°С. Мінімальна температура води була виміряна 01.12.2018 р. в нижній частині лиману (на станції Л2) та дорівнює мінус 4°С.

Середні за рік температури води в лимані, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр., змінюються незначно в межах 12,6-15,0°С (рис. 4.2).

При порівнянні середніх за рік температури води, визначених для нижньої та верхньої частин лиману (рис. 4.3), встановлено, що в нижній більш глибокій частині лиману середня за рік температура води щорічно була на 3-5°С нижча ніж у верхній мілководній частині водойми.

4.2 Характеристика прозорості води за білим диском

Узагальнені дані про прозорість води (за білим диском) в лимані представлені на рис. 4.4-4.6.

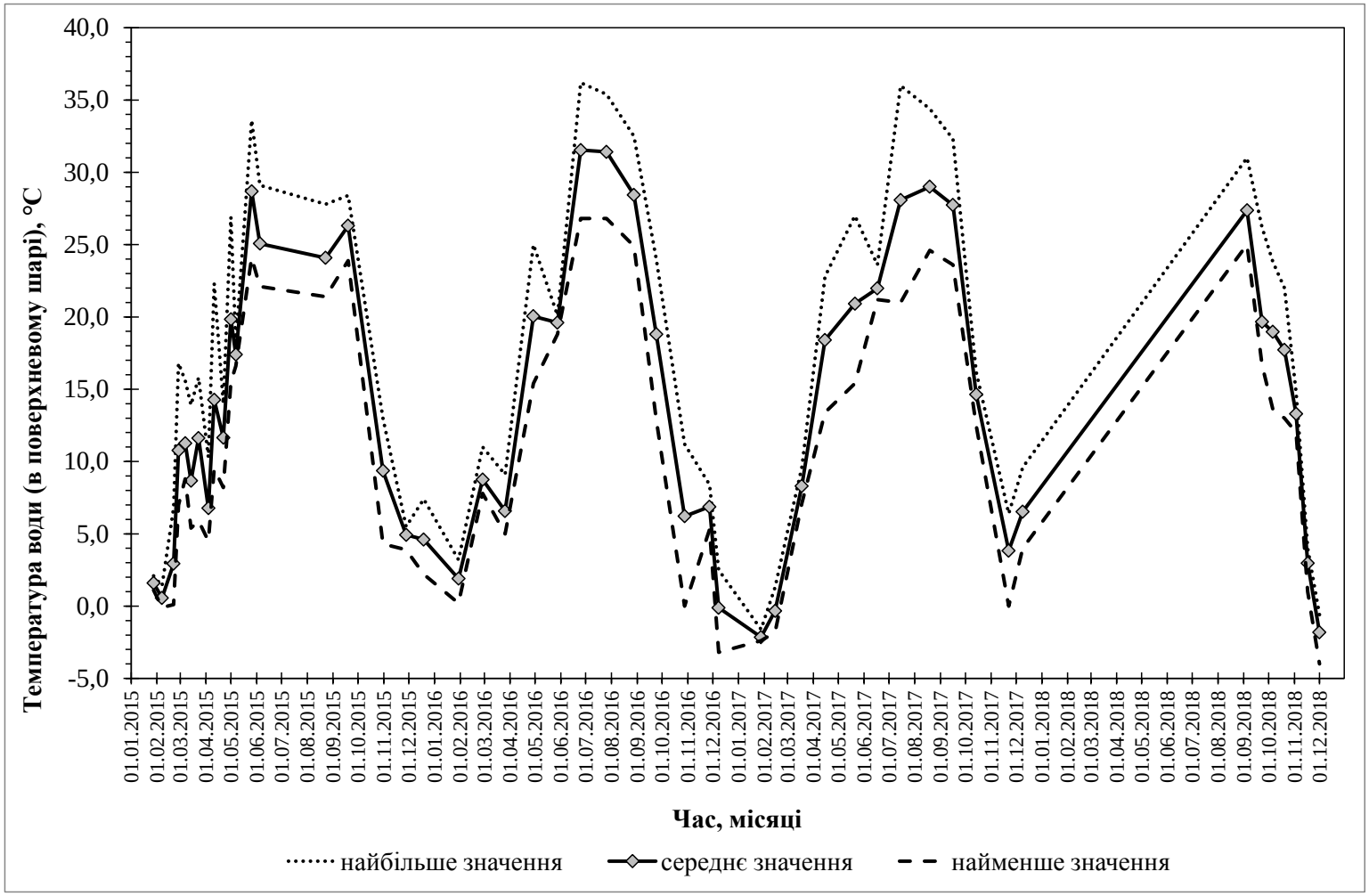

Рисунок 4.1 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень температур води (в поверхневому шарі) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

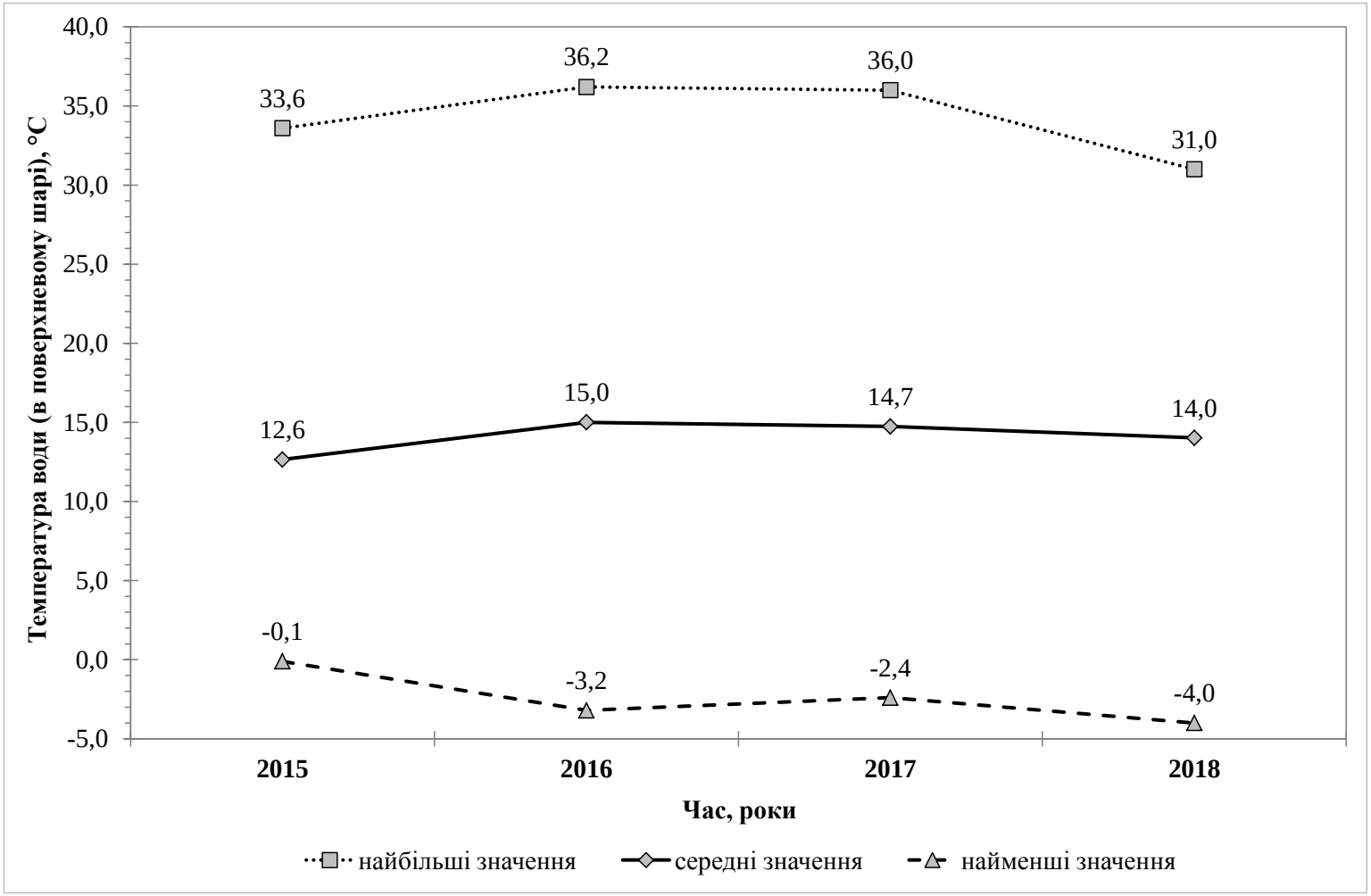

Рисунок 4.2 – Мінливість найбільших, середніх та найменших за рік значень температур води (в поверхневому шарі) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

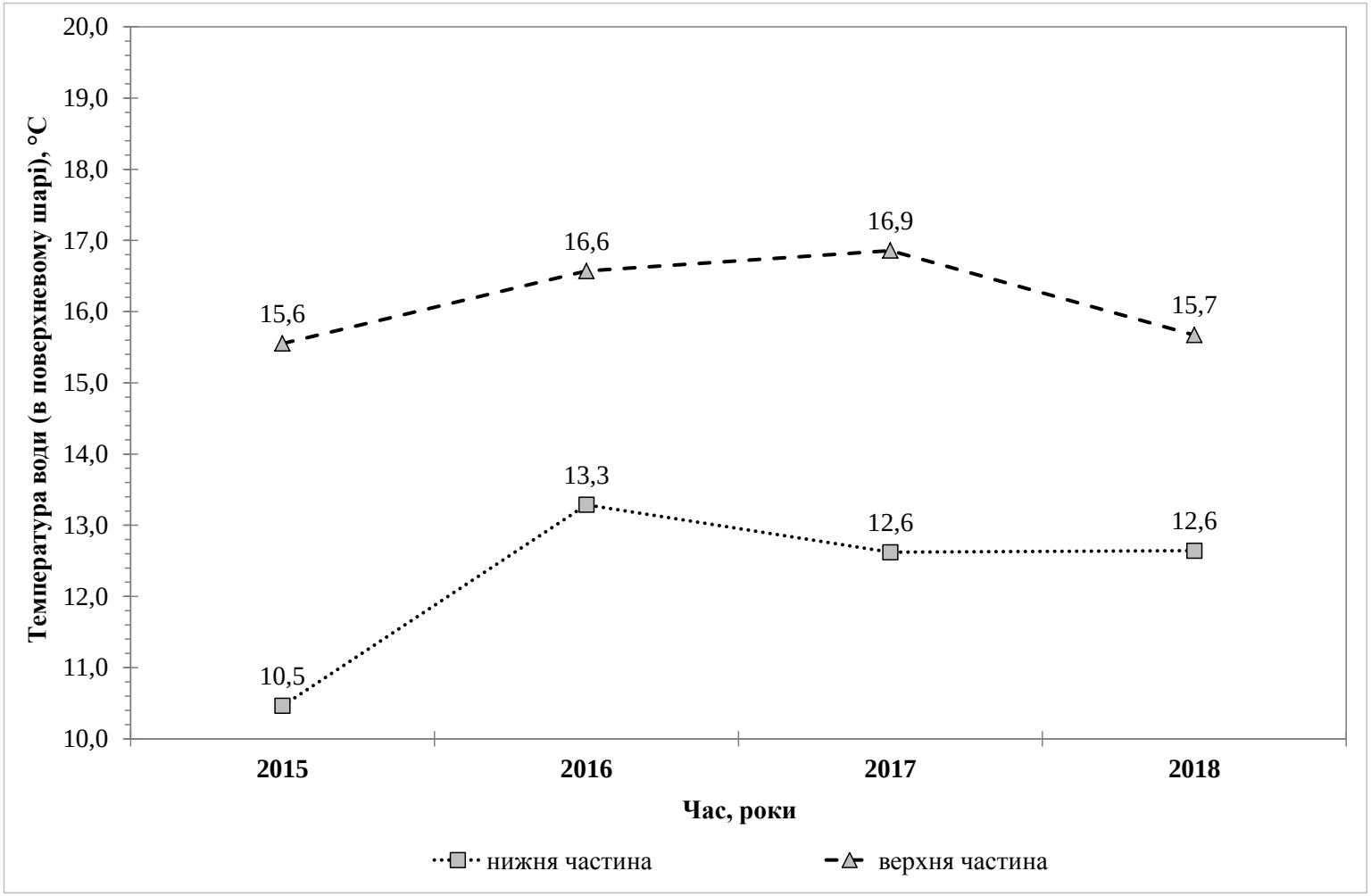

Рисунок 4.3 – Мінливість середніх за рік значень температур води (в поверхневому шарі) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

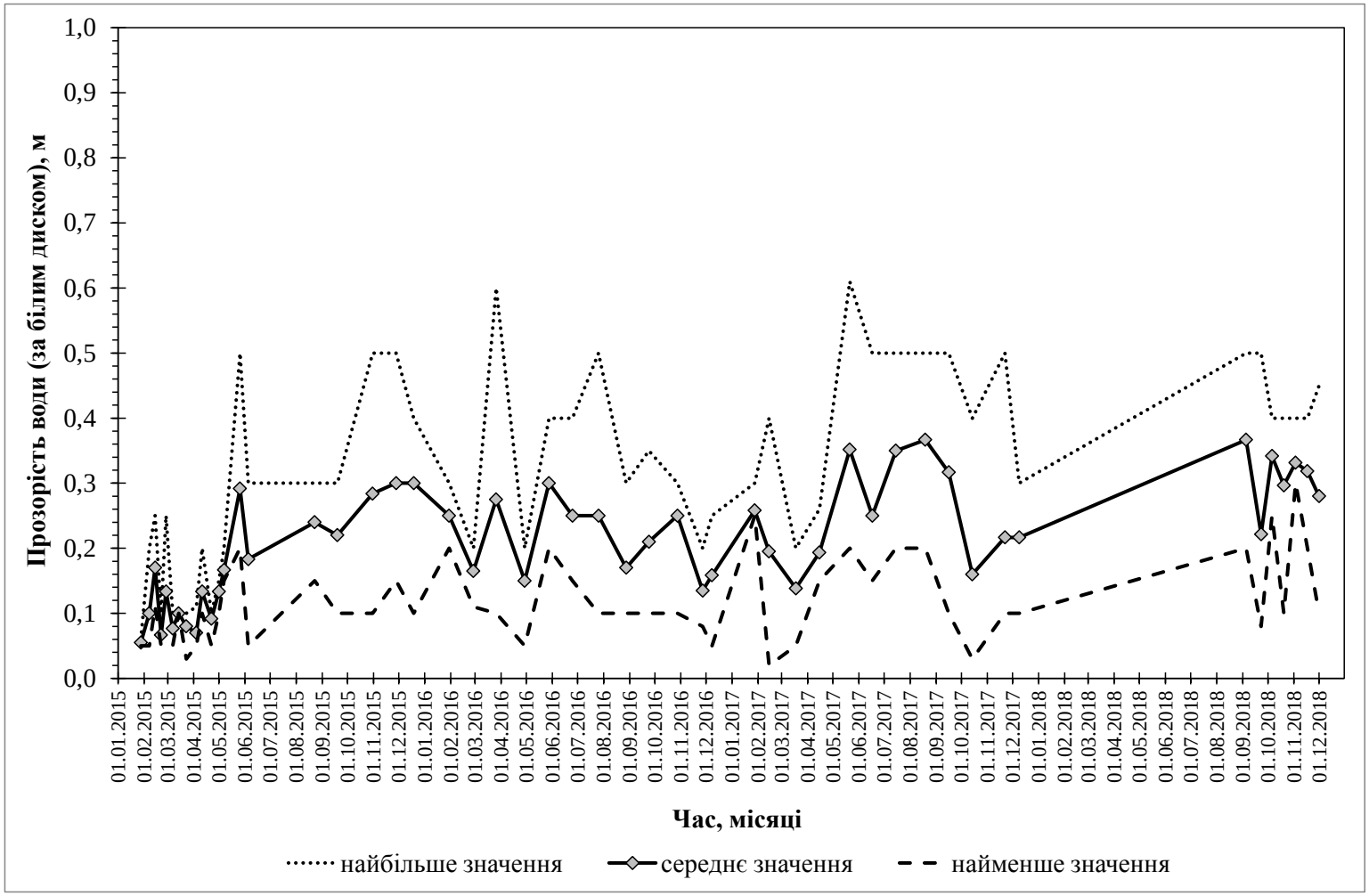

Рисунок 4.4 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень прозорості води (за білим диском) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

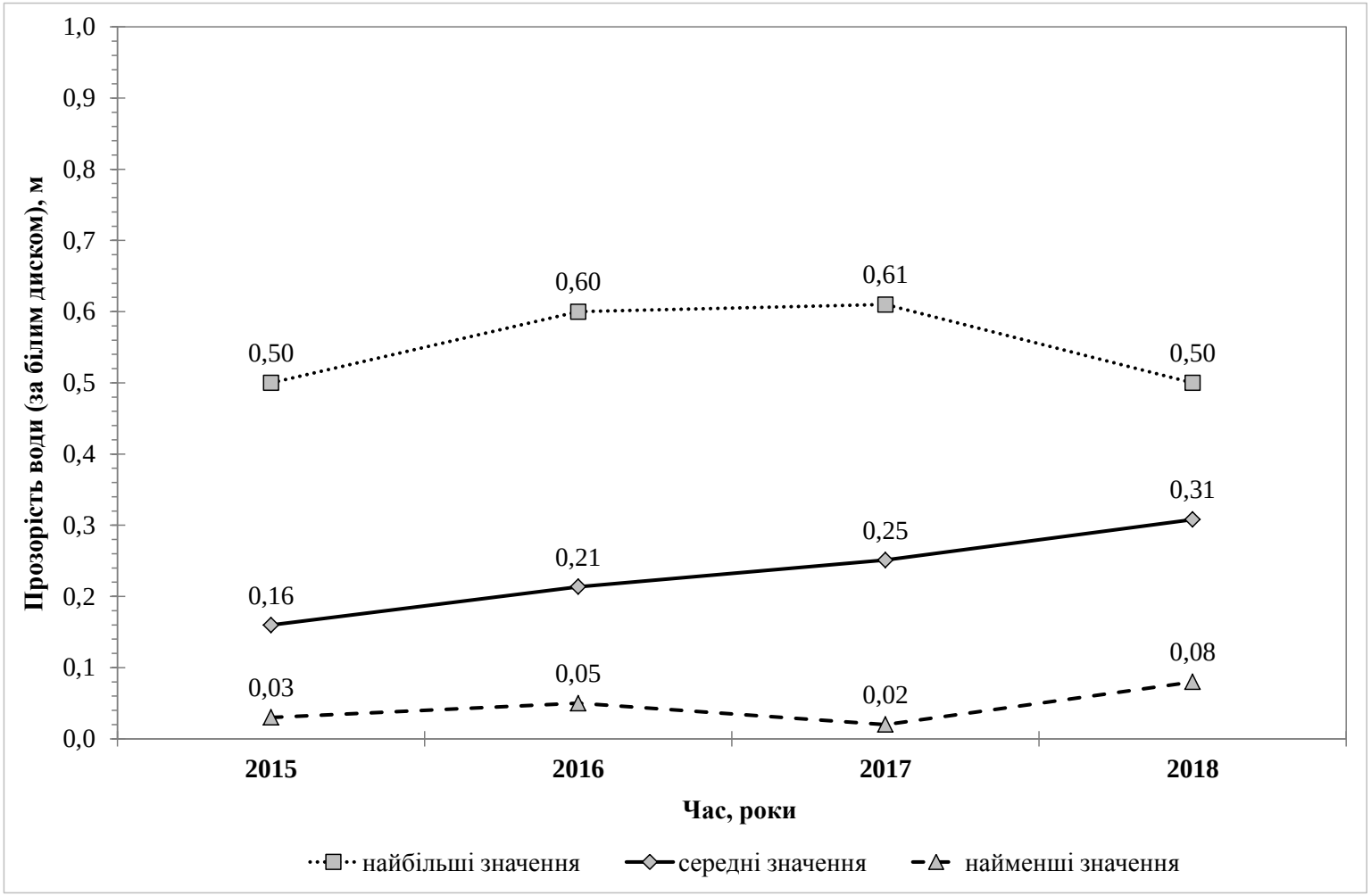

Рисунок 4.5 – Мінливість найбільших, середніх та найменших за рік значень прозорості води (за білим диском) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

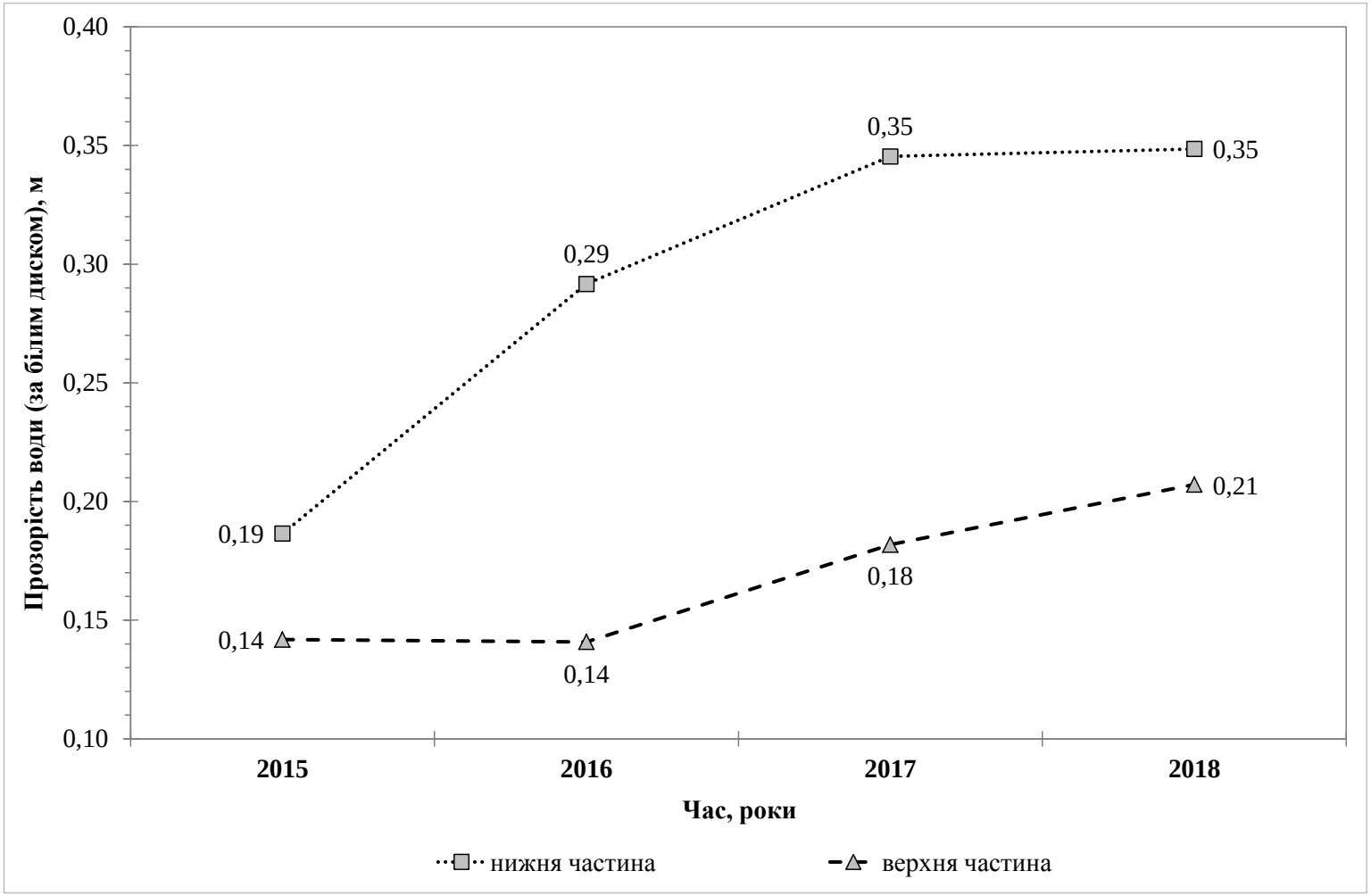

Рисунок 4.6 – Мінливість середніх за рік значень прозорості води (за білим диском) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

Виміряні за білим диском (диском Секкі) значення прозорості води в лимані (рис. 4.4) певної сезонної динаміки не мають, хоча є загальна тенденція до збільшення їх величин за період 2015-2018 рр. Найбільша прозорість води за білим диском виміряна 21.05.2017 р. в нижній частині лиману (на станції Л2) та дорівнює 0,61 м. Найменша прозорість води за білим диском була виміряна 14.02.2017 р. в середній частині лиману (на станції А2) та дорівнює 0,02 м. Середні за рік значення прозорості води (за білим диском) в лимані за період 2015-2018 рр. поступово зростають, збільшуючись з 0,17 м у 2015 р. до 0,31 м у 2018 р. (рис. 4.5). При порівнянні середніх за рік значень прозорості води (за білим диском), визначених для нижньої та верхньої частин лиману (рис. 4.6), встановлено, що в нижній частині середня за рік прозорість води щорічно була на 0,05-0,17 м більша ніж в верхній частині лиману (в 2017 та 2018 рр. – майже в 2 рази).

4.3 Характеристика прозорості води за стандартним шрифтом

Узагальнені дані про прозорість води (за стандартним шрифтом), взятої з Куяльницького лиману, представлені на рис. 4.7-4.9.

Виміряні за стандартним шрифтом значення прозорості води з лиману (рис. 4.7) якоїсь чіткої сезонної динаміки не мають, хоча є загальна тенденція до збільшення їх величин за період 2016-2018 рр. та простежується певне збільшення прозорості води. Найбільша прозорість води (за стандартним шрифтом) була більше 50 см та визначалась періодично у всі роки та на всіх станціях (за виключенням станції Л3 у верхів'ї лиману). Максимальне число випадків визначення прозорості води величиною більше 50 см (за стандартним шрифтом) зафіксоване у 2018 р. (всього 15 разів). Найменша прозорість води (за стандартним шрифтом) визначена 28.10.2016 р. у пробі води з верхньої частині лиману (з станції Л3) та дорівнює лише 0,4 см.

Середні за рік значення прозорості води з лиману (за стандартним шрифтом) за період з 2016-2018 рр. зросли більш ніж в 3 рази – з 10,4 см у 2016 р. до 31,4 см у 2018 р. (рис. 4.8). При порівнянні середніх за рік значень прозорості води з лиману (за стандартним шрифтом), визначених для його нижньої та верхньої частин (рис. 4.9), встановлено, що у 2016 та 2017 рр. середня за рік прозорість води (за стандартним шрифтом) в нижній частині лиману була відповідно на 0,8 та 3,6 см більша ніж в верхній частині, але у 2018 р. вода з верхньої частини лиману була на 2,9 см прозоріша ніж вода з нижньої частини даної водойми.

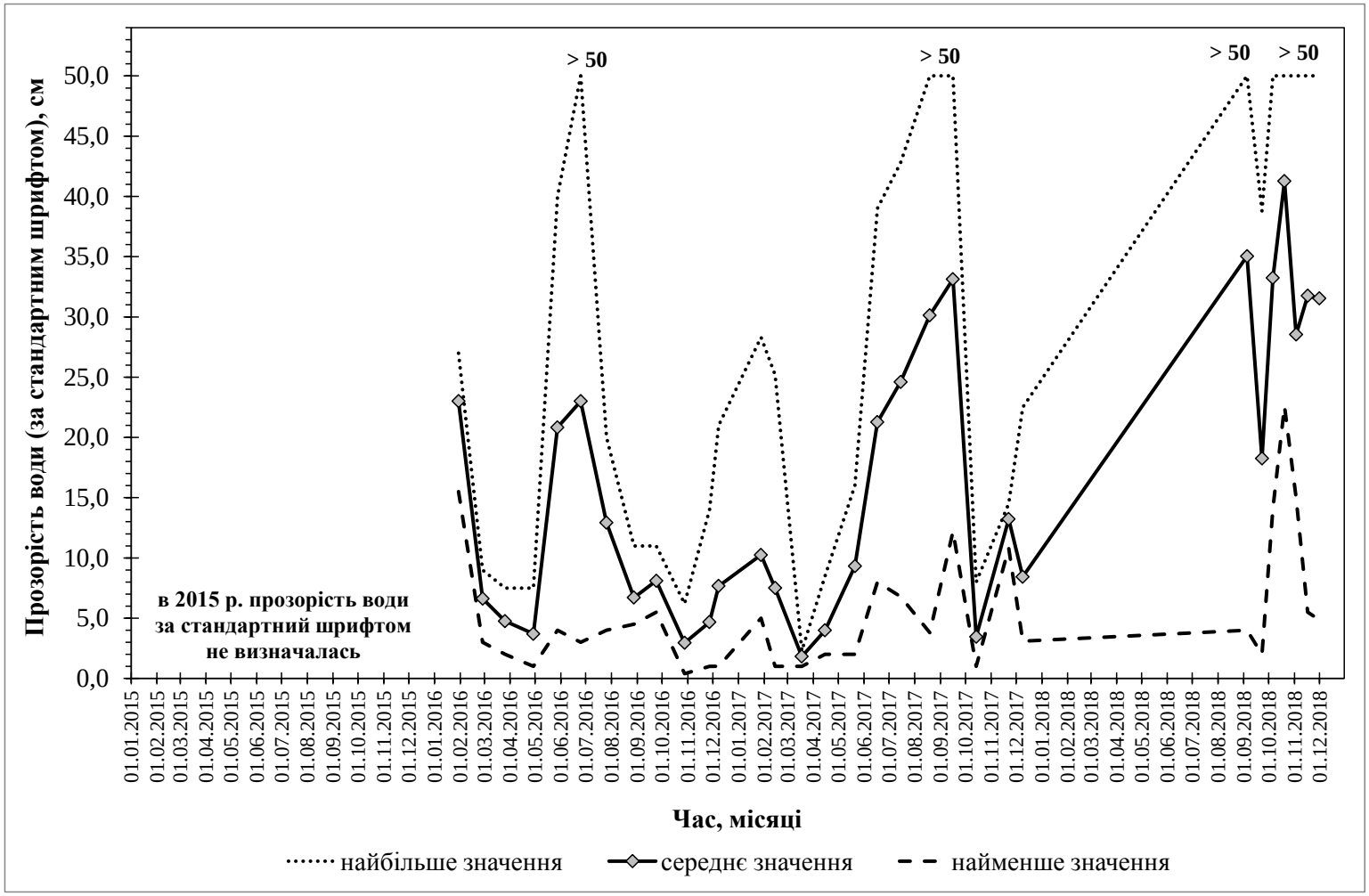

Рисунок 4.7 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень прозорості води (за стандартним шрифтом) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2018 рр.

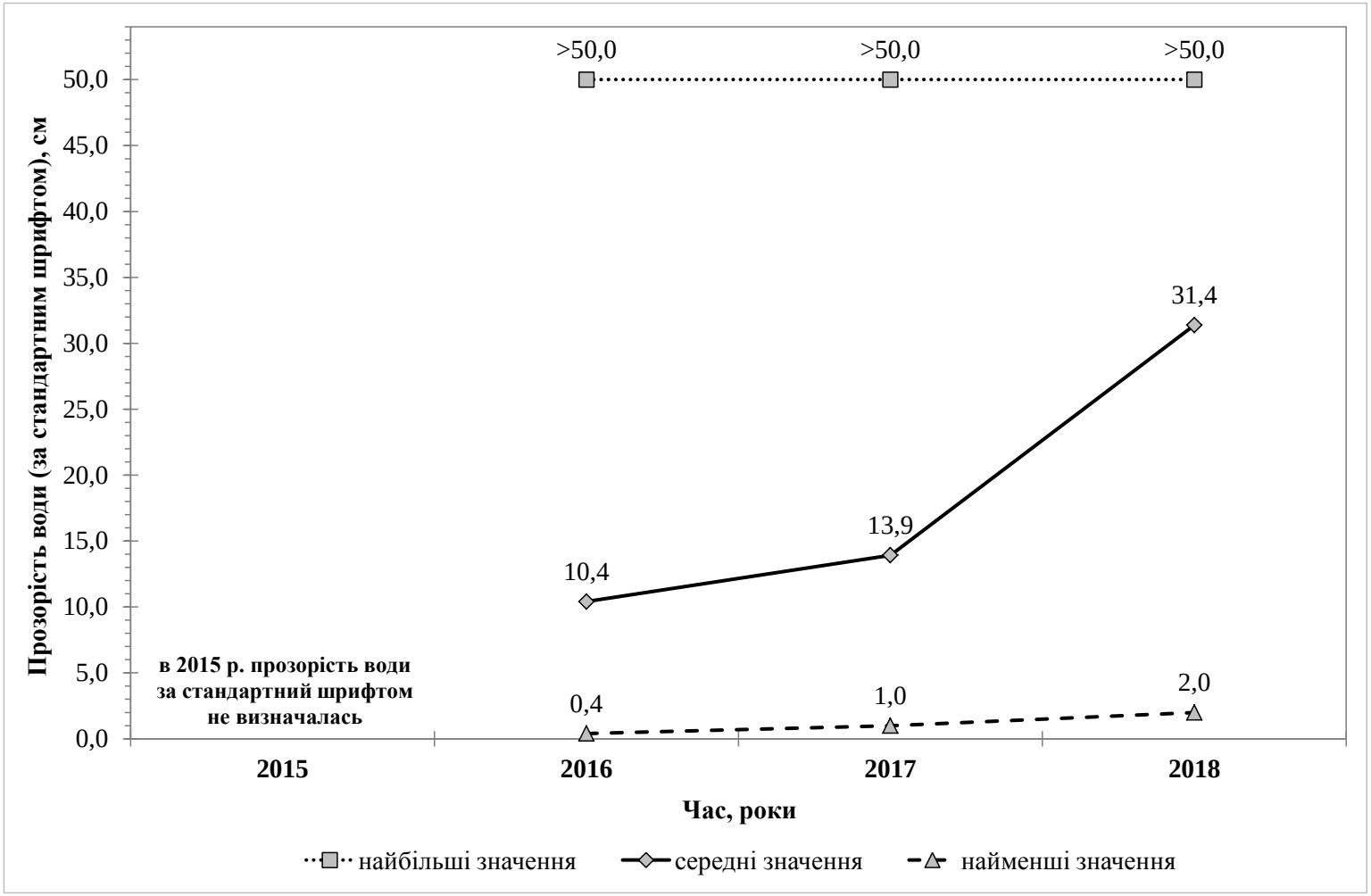

Рисунок 4.8 – Хронологічний хід найбільших, середніх та найменших за рік значень прозорості води (за стандартним шрифтом) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2018 рр.

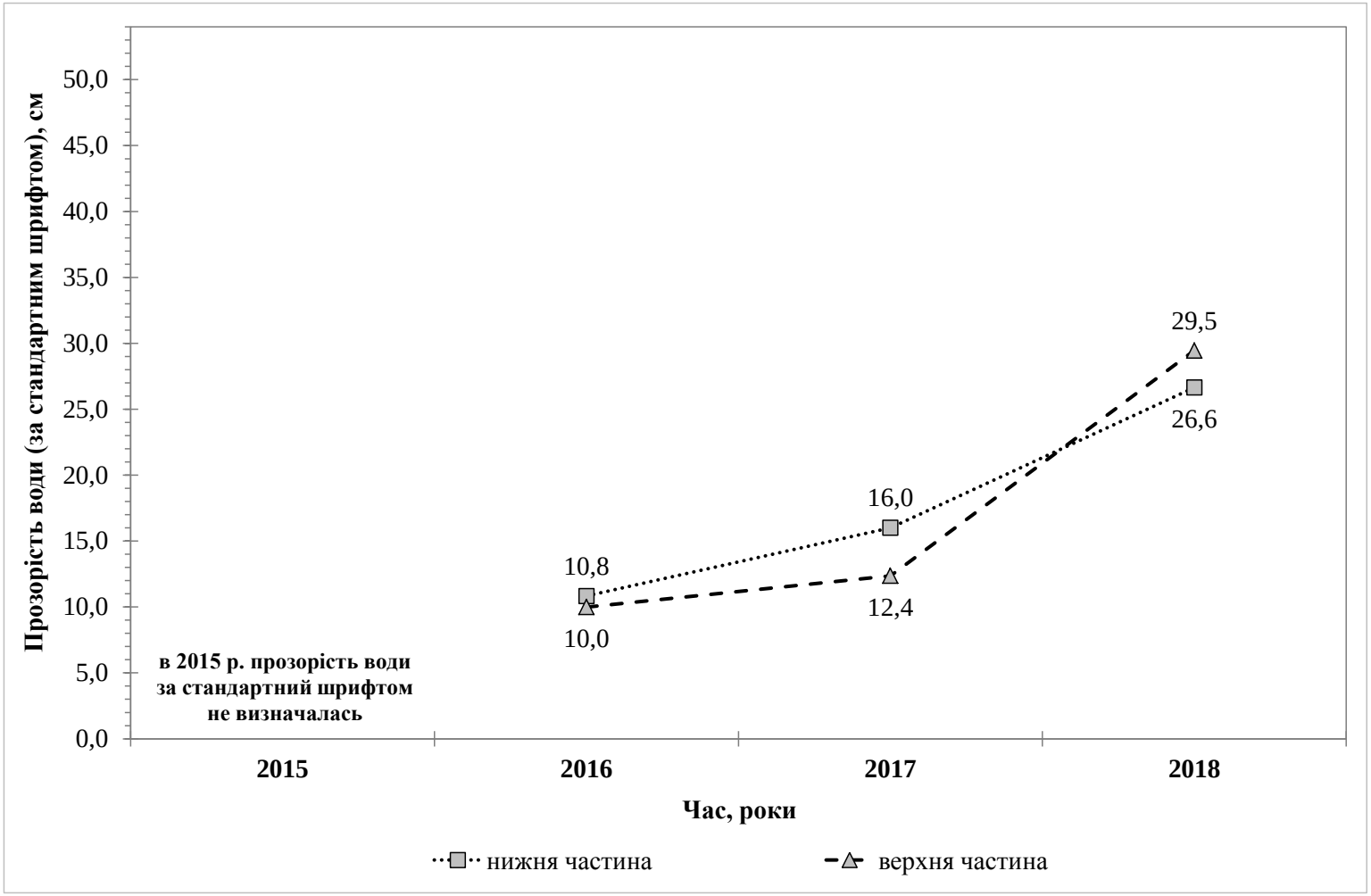

Рисунок 4.9 – Хронологічний хід середніх за рік значень прозорості води (за стандартним шрифтом) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2018 рр.

4.4 Характеристика кольору води за шкалою кольорів

Узагальнені дані про колір води (за шкалою кольорів) Куяльницького лиману представлені на рис. 4.10-4.12.

За шкалою кольорів середні значення кольору води в лимані (рис. 4.10) у більш ніж 80% випадків відповідали 19-20 номерам, тобто жовтувато-коричневому кольору, та в майже 14% – коричневому кольору (номер 21). Якоїсь чіткої сезонної динаміки в мінливості кольору води в лимані не має, хоча є його періодичні зміни влітку на коричнево-жовтий (номера 17-18) та жовтий (номера 15-16) кольори. Найвищій з визначених за шкалою кольорів номер 21, який відповідає коричневому кольору води, найбільшу кількість разів (17 випадків) визначався в нижній частині лиману на станціях Л1 та Л2. Найменший з визначених за шкалою кольорів номер 14, який відповідає зеленувато-жовтому кольору води, визначався всього 3 рази також в нижній частині лиману (на станції Л1 – 2 випадки, 25.06.2016 р. та 15.07.2017 р.; на станції Л2 – 1 випадок, 25.06.2016 р.).

Середні за рік значення кольору води (за шкалою кольорів) в лимані за період 2016-2018 рр. не змінювалися та відповідали 19-20 номерам – жовтувато-коричневому кольору (рис. 4.11).

При порівнянні середніх за рік значень кольору води (за шкалою кольорів), визначених за період 2016-2018 рр. для нижньої та верхньої частин лиману (рис. 4.12), відмінностей не встановлено – колір води в цих частинах був однаковим та відповідав 19-20 номерам (жовтувато-коричневий колір).

4.5 Характеристика мутності води за вмістом завислих речовин

Узагальнені дані про мутність води (вміст завислих речовин) лиману представлені на рис. 4.13-4.15.

Виміряні значення мутності води (вмісту завислих речовин) в лимані (рис. 4.13) сезонної мінливості та помітних тенденцій до збільшення чи зменшення за період 2015-2018 рр. не мають. Найбільша мутність води виміряна 14.10.2017 р. в середній частині лиману (на станції А2) та дорівнює 8,133 г/дм^3. Найменша мутність води була виміряна 20.10.2018 р. в нижній частині лиману (на станції Л1) та дорівнює 0,013 г/дм^3.

Середні за рік значення мутності води (вмісту завислих речовин) в лимані за період 2015-2018 рр. зменшилися майже в 4,5 рази – з 0,981 г/дм^3 у 2015 р. до 0,220 г/дм^3 у 2018 р. (рис. 4.14).

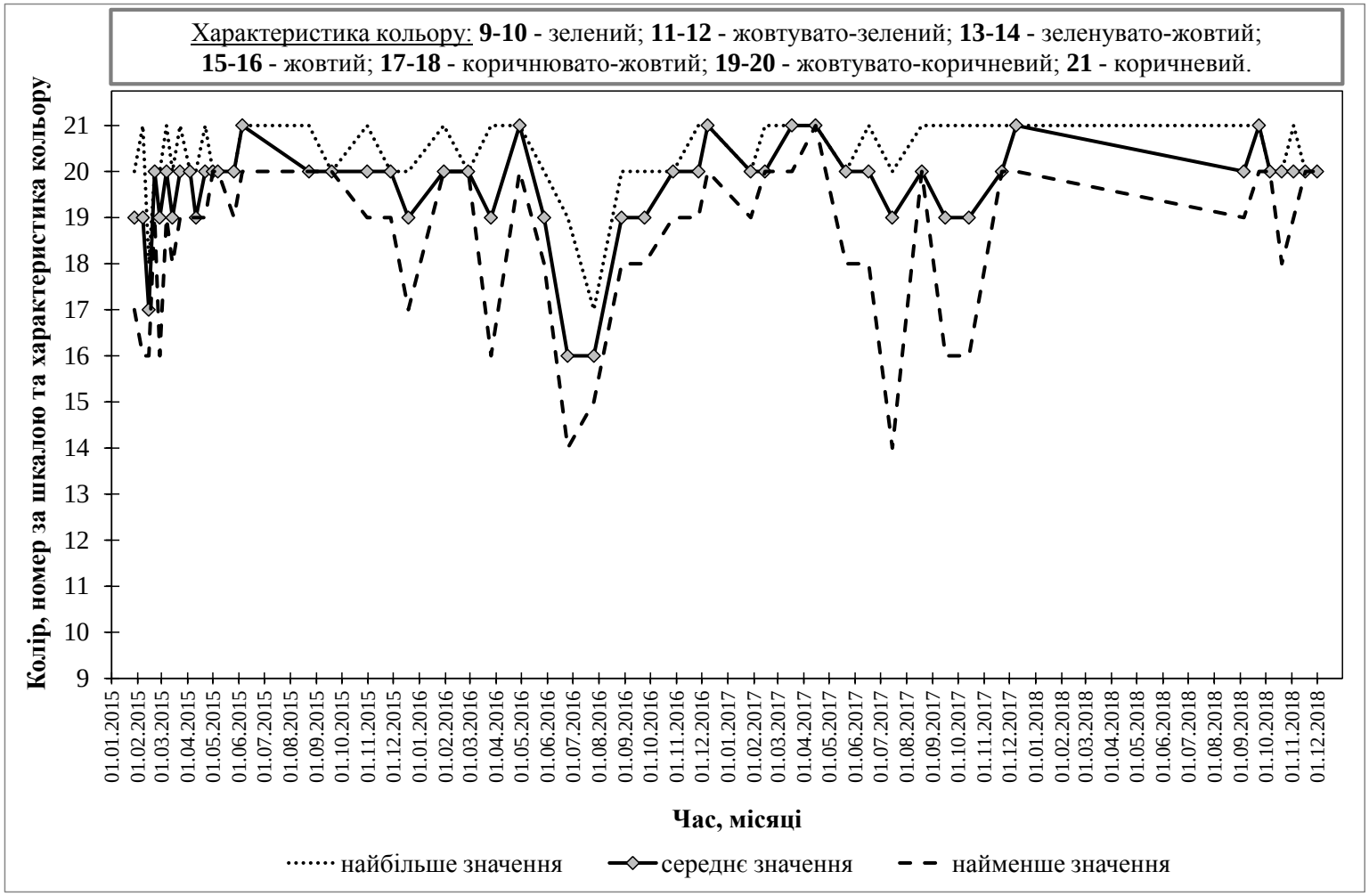

Рисунок 4.10 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень кольору води (за шкалою кольорів) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

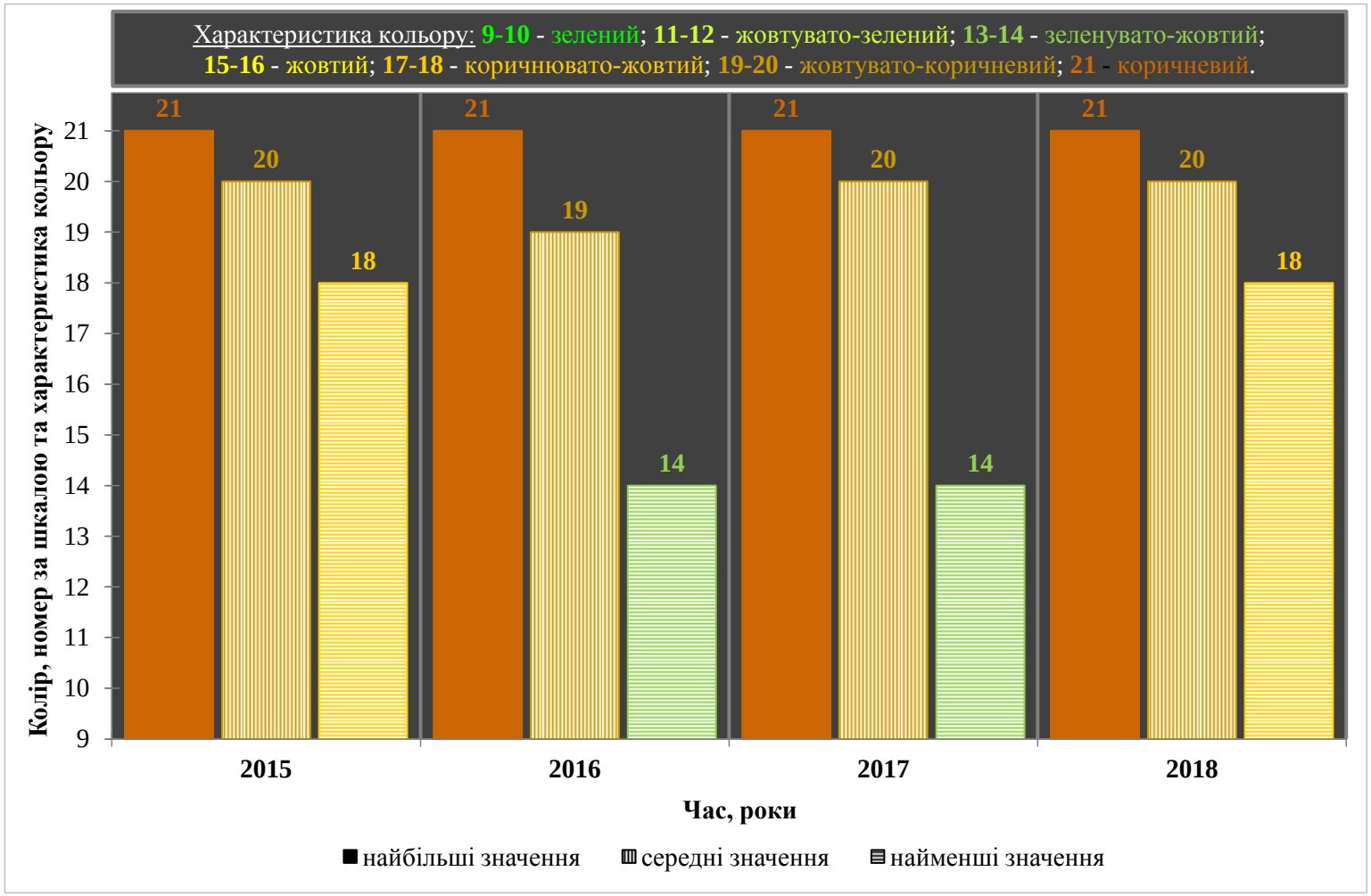

Рисунок 4.11 – Мінливість найбільших, середніх та найменших за рік значень кольору води (за шкалою кольорів) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

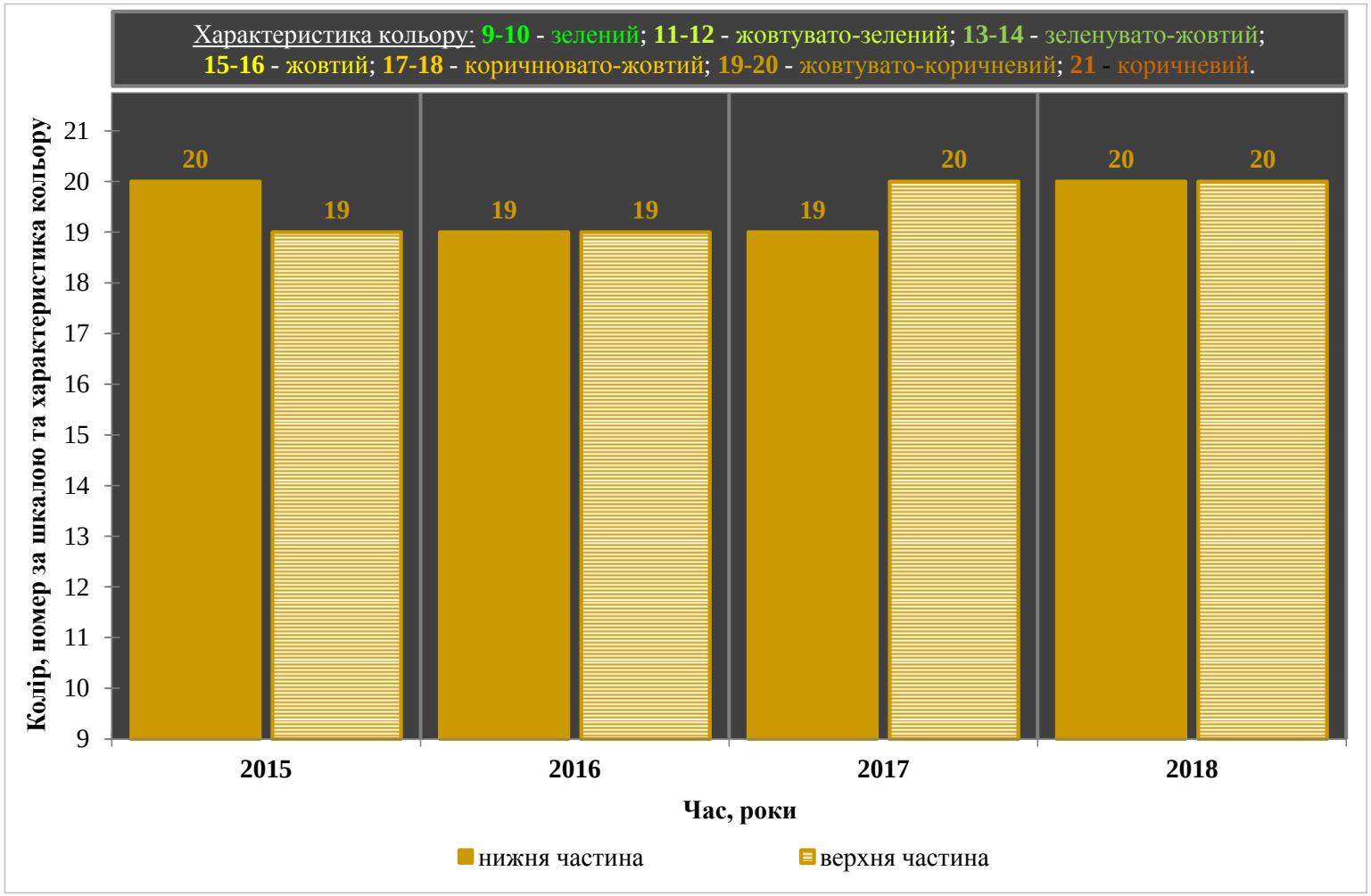

Рисунок 4.12 – Мінливість середніх за рік значень кольору води (за шкалою кольорів) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

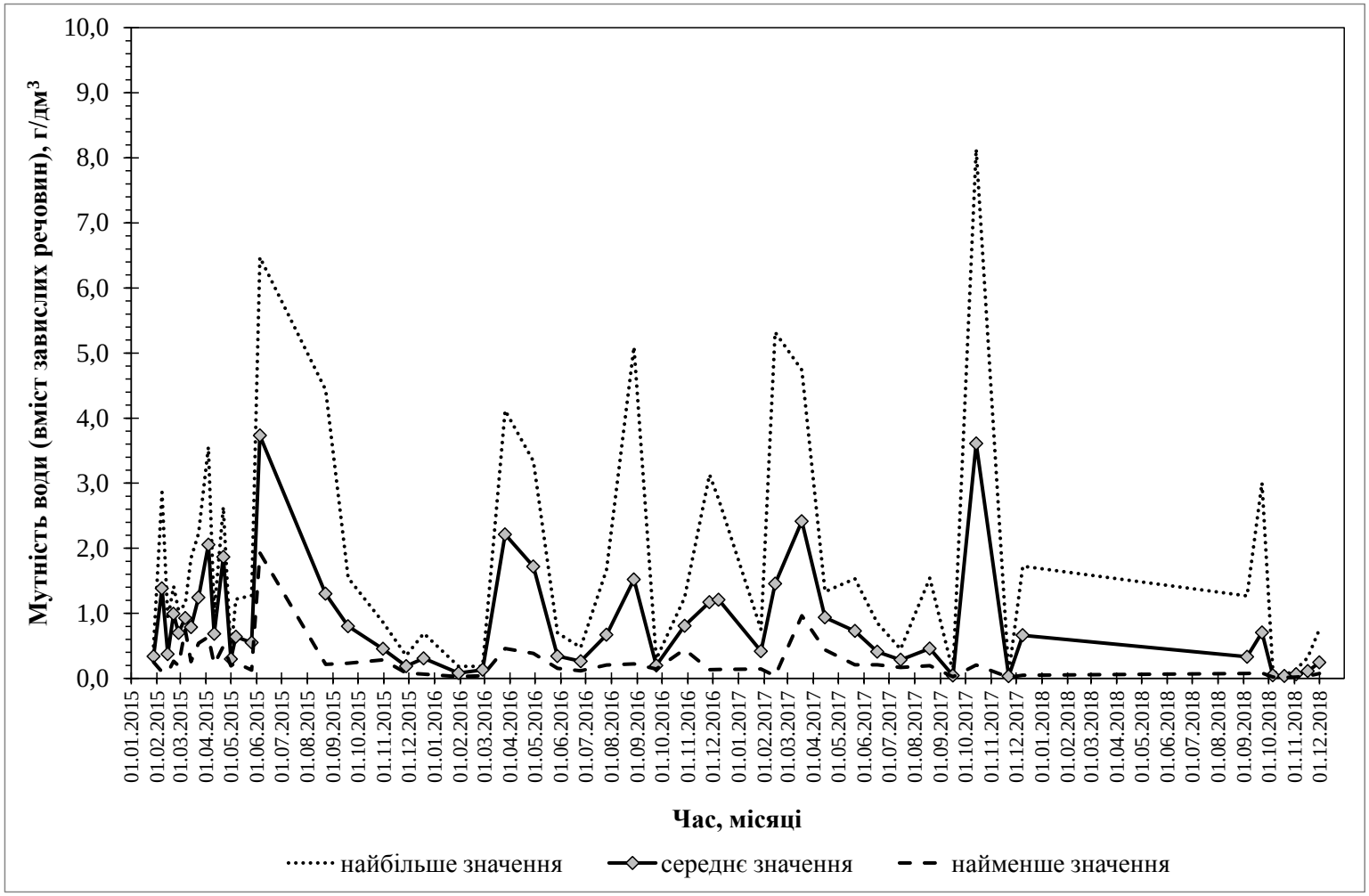

Рисунок 4.13 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень мутності води (вмісту завислих речовин) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

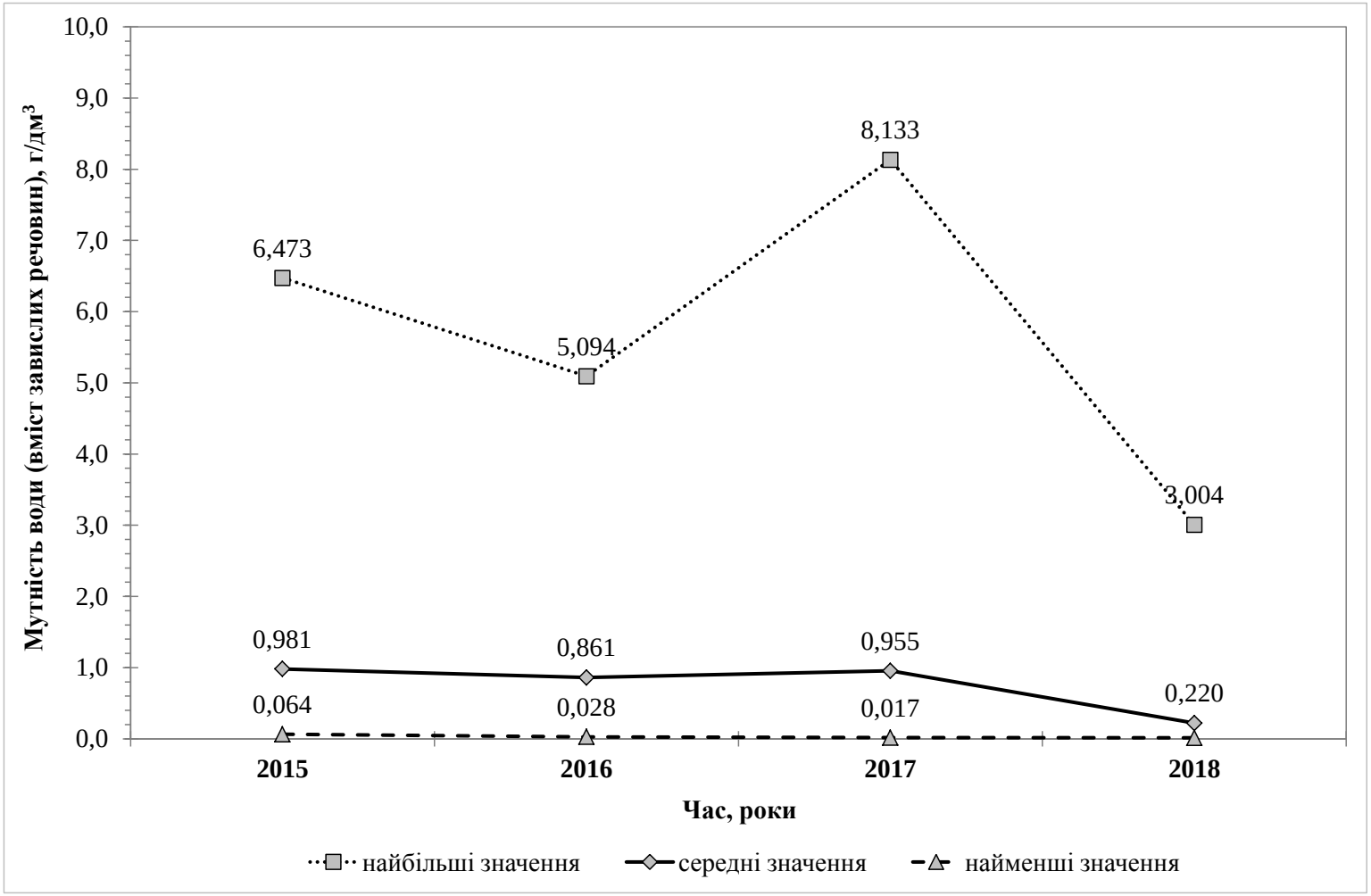

Рисунок 4.14 – Хронологічний хід найбільших, середніх та найменших за рік значень мутності води (вмісту завислих речовин) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

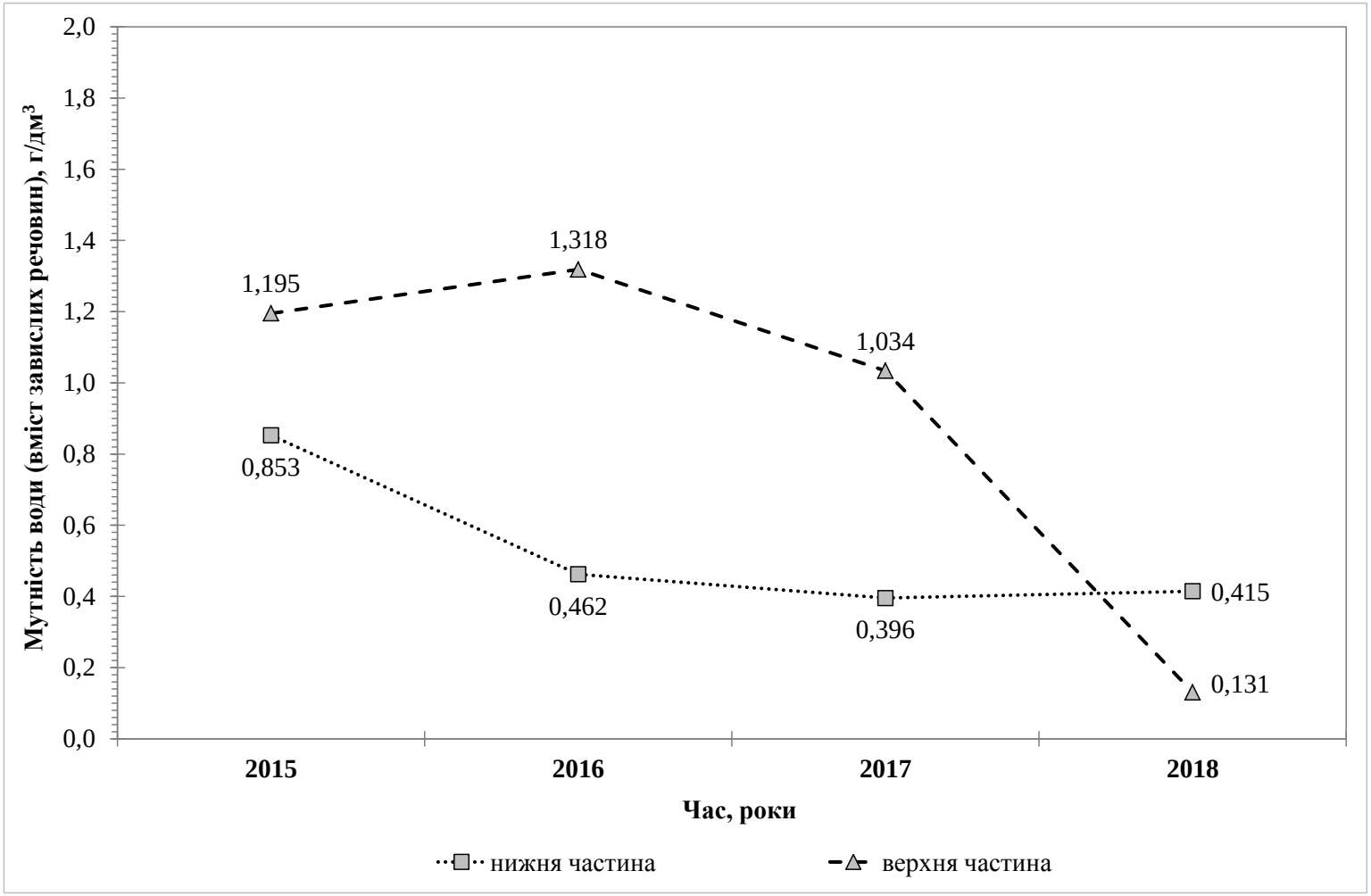

Рисунок 4.15 – Хронологічний хід середніх за рік значень мутності води (вмісту завислих речовин) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

При порівнянні середніх за рік значень мутності води в лимані, визначених для його нижньої та верхньої частин (рис. 4.15), встановлено, що у 2015-2017 рр. середня за рік мутність води в верхній частині лиману була на 0,342-0,856 г/дм^3 більша ніж в нижній частині, але у 2018 р. вода в нижній частини лиману була на 0,284 г/дм^3 мутніша ніж в верхній частині водойми.

4.6 Характеристика густини води, визначеної ареометричним методом

Результати визначення густини води (за ареометричним методом) Куяльницького лиману представлені на рис. 4.16-4.18.

Виміряні значення густини води в лимані (рис. 4.16) мають помітну сезонну динаміку. Найменші значення густини води характерні для зимових місяців, навесні йде зростання густини, найвищі значення густини води спостерігалися в середині літа та на початку осені (липень-вересень) в період найвищих температур води та найінтенсивнішого її випаровування. З середини осені до початку зими установлене зниження густини води. Найбільша густина води виміряна 05.09.2018 р. в верхній частині лиману (на станції А3) та дорівнює 1222 кг/м^3. Найменша густина води була виміряна 30.01.2016 р. в нижній частині лиману (на станції Л2) та дорівнює 1010 кг/м^3. Середні за рік значення густини води в лимані за період 2015-2018 рр. поступово зростають, збільшуючись з 1126 кг/м^3 у 2015 р. до 1169 кг/м^3 у 2018 р. (рис. 4.17). При порівнянні середніх за рік значень густини, визначених для нижньої та верхньої частин лиману (рис. 4.18), встановлено, що за період 2015-2018 рр. в верхній частині лиману середня за рік густина води щорічно була на 14-41 кг/м^3 (в середньому на 23 кг/м^3) більша ніж в нижній частині водойми.

4.7 Характеристика запаху води, визначеного при температурі 20°С

Узагальнені дані про запах води (при температурі 20°С), відібраної з Куяльницького лиману, представлені на рис. 4.19-4.21.

Виміряна інтенсивність запаху води в лимані при температурі 20°С (рис. 4.19) помітної сезонної динаміки за період з 2015 по 2018 рр. не має. В 58% вимірів вода в лимані в середньому була без запаху, в 19% – була з рибним запахом, в 16% – з землистим запахом, в 7% – з пліснявим та неприємним запахами. Найбільша інтенсивність запаху дорівнювала 5 балам та відповідала рибному виду запаху. Ці показники були визначені у пробі води, відібраної 09.12.2017 р. в середній частині лиману (на станції А1).

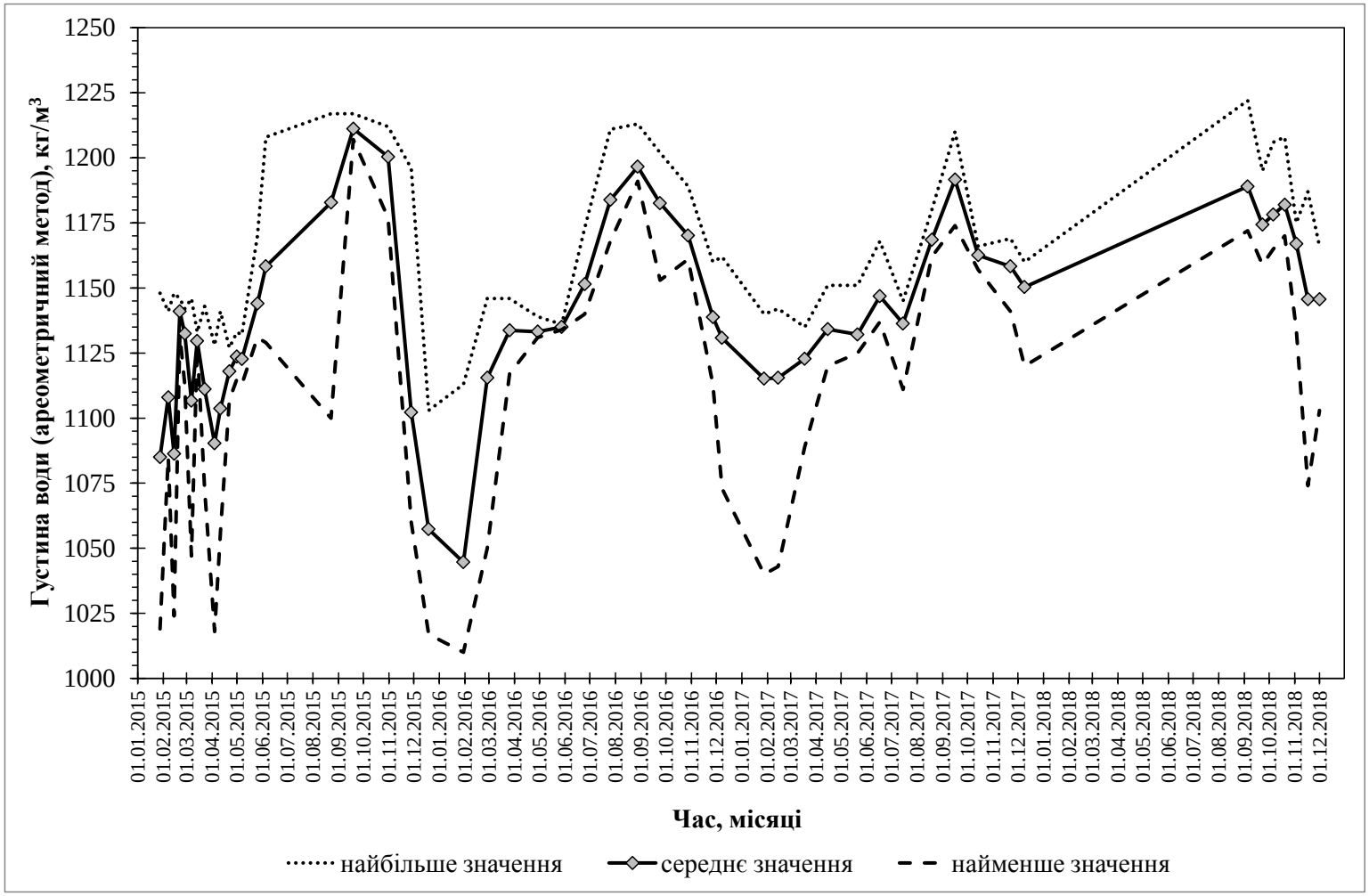

Рисунок 4.16 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень густини води (за ареометричним методом) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

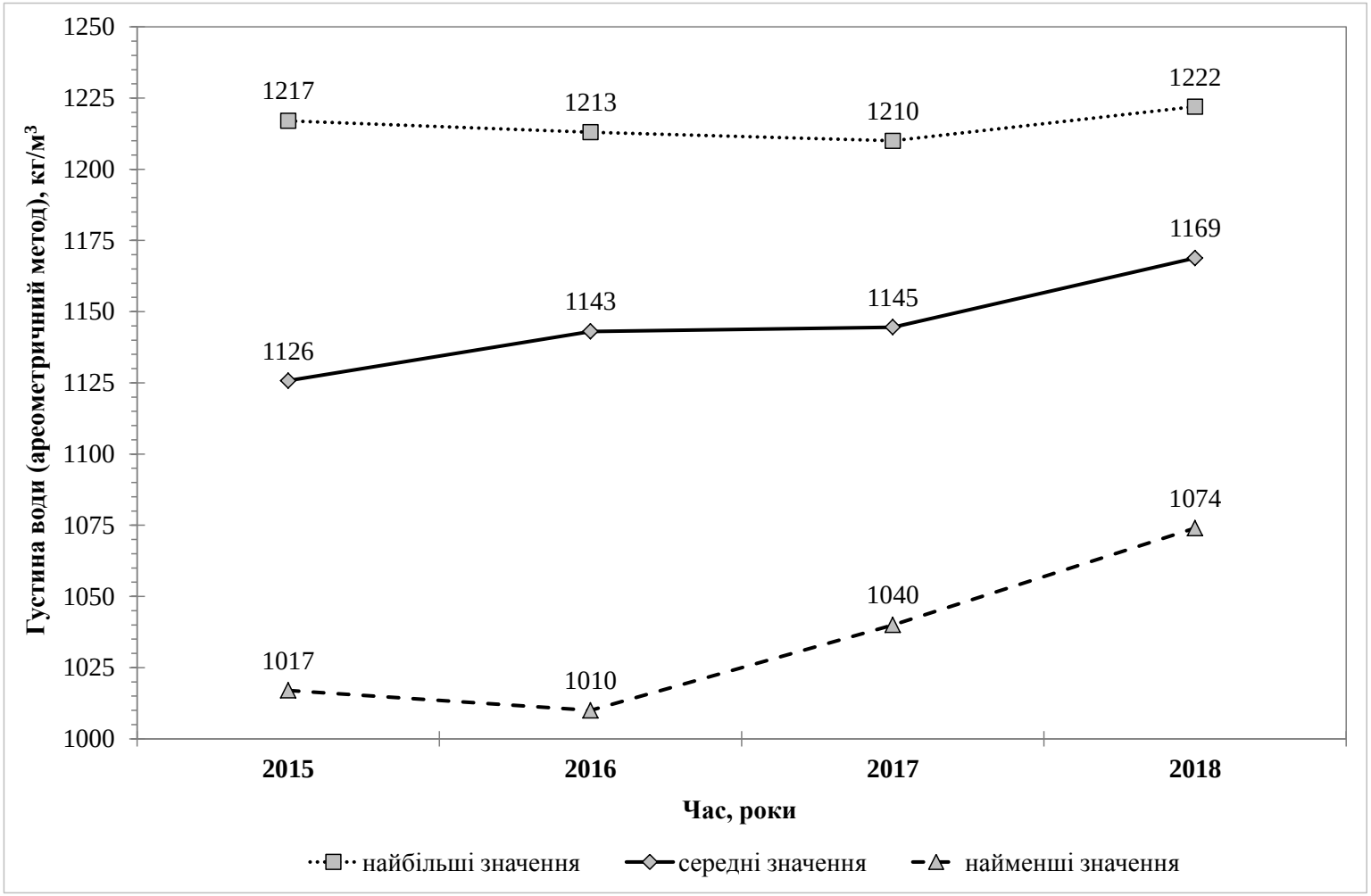

Рисунок 4.17 – Хронологічний хід найбільших, середніх та найменших за рік значень густини води (за ареометричним методом) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

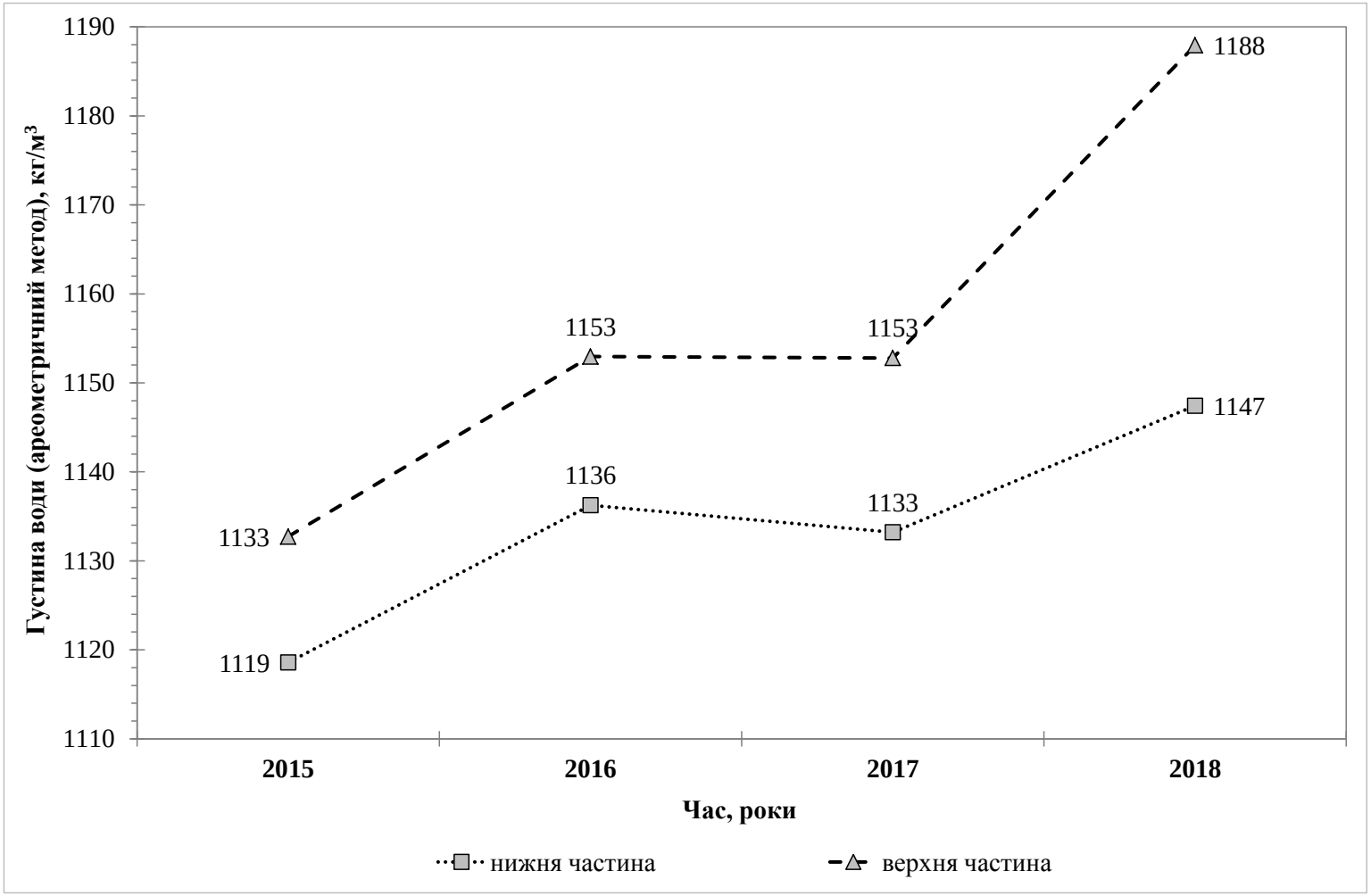

Рисунок 4.18 – Хронологічний хід середніх за рік значень густини води (за ареометричним методом) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2015-2018 рр.

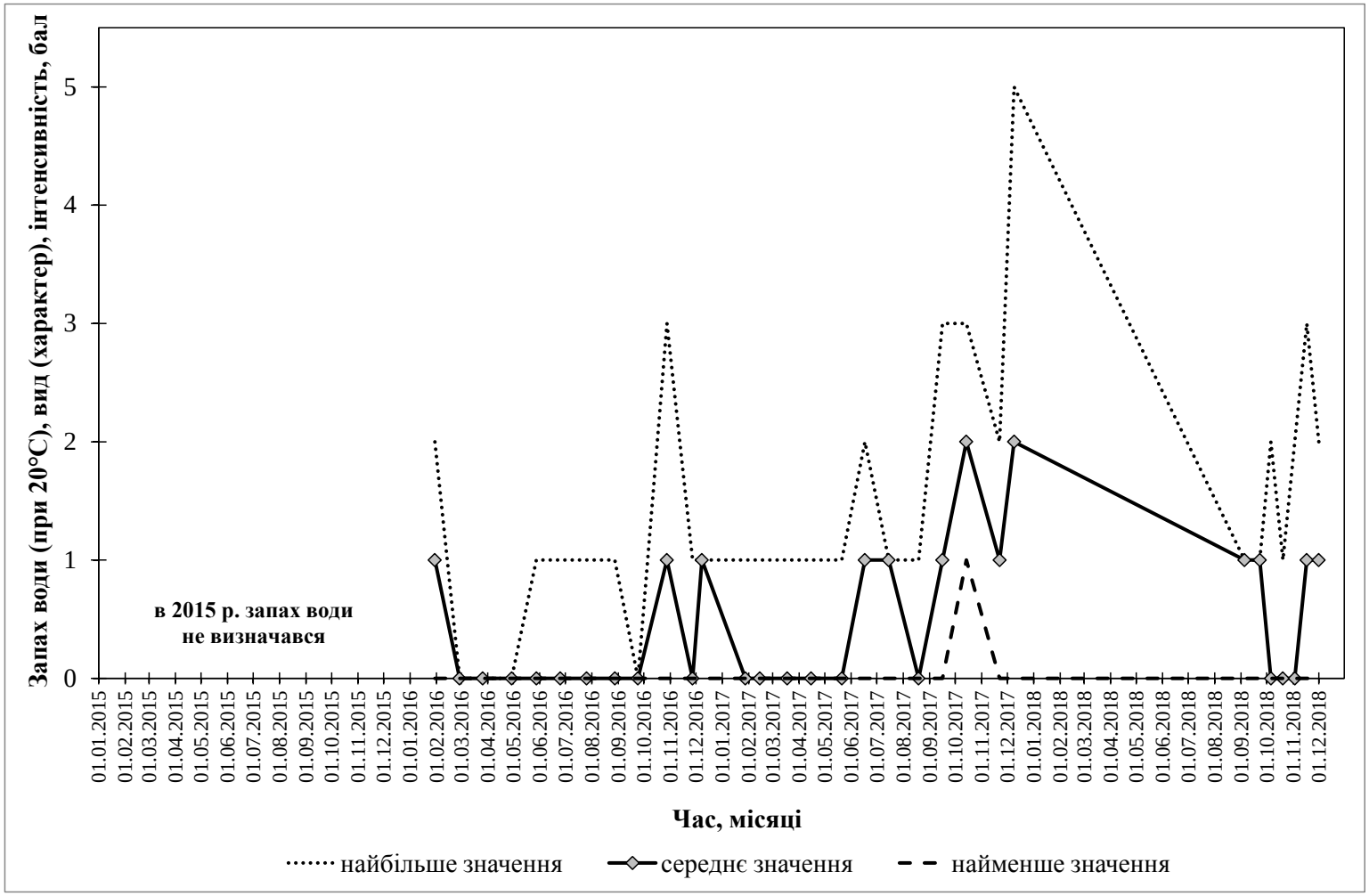

Рисунок 4.19 – Мінливість найбільших, середніх та найменших виміряних значень запаху води (при температурі 20°С) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2018 рр.

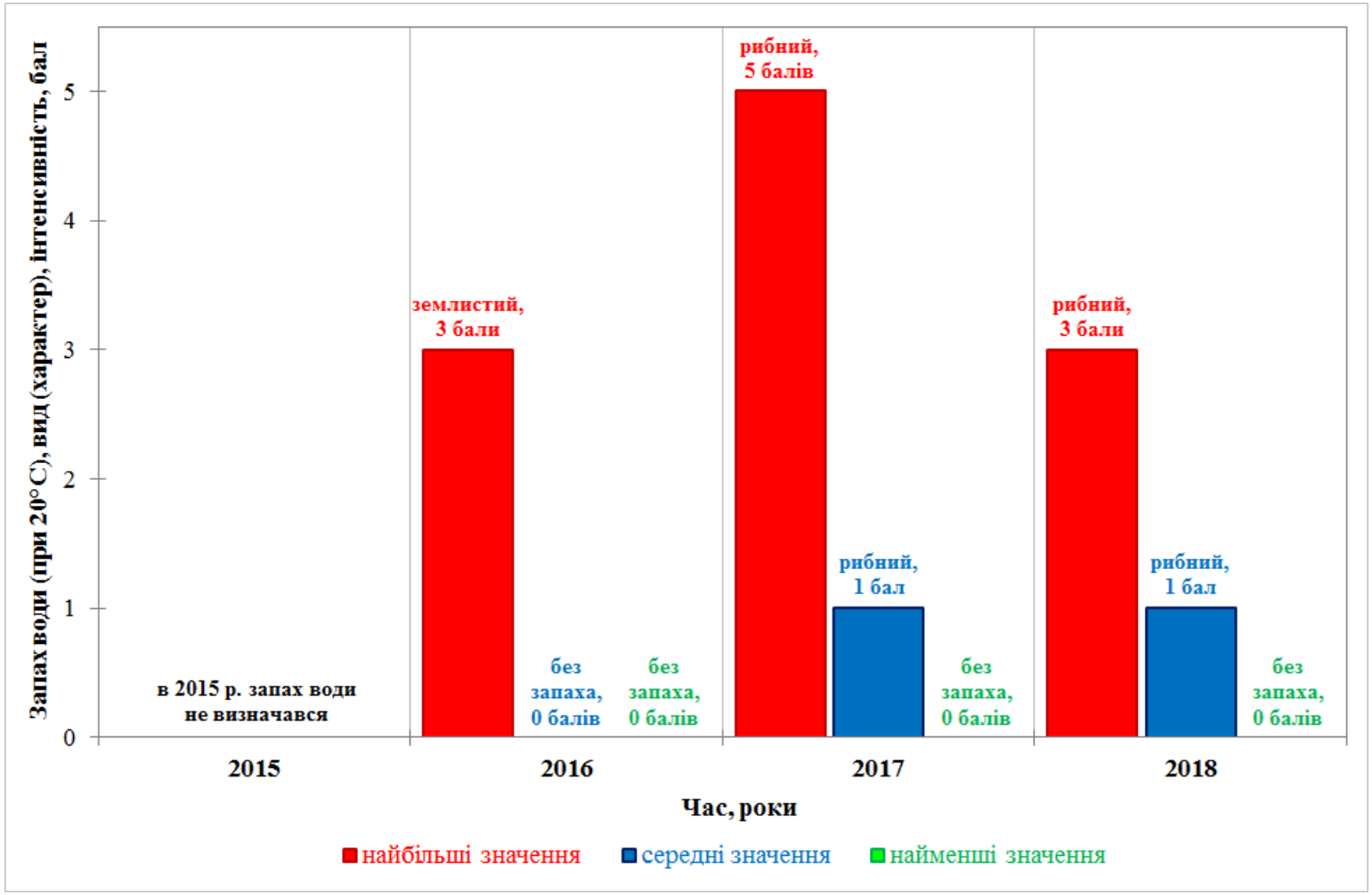

Рисунок 4.20 – Мінливість найбільших, середніх та найменших за рік значень запаху води (при температурі 20°С) Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2018 рр.

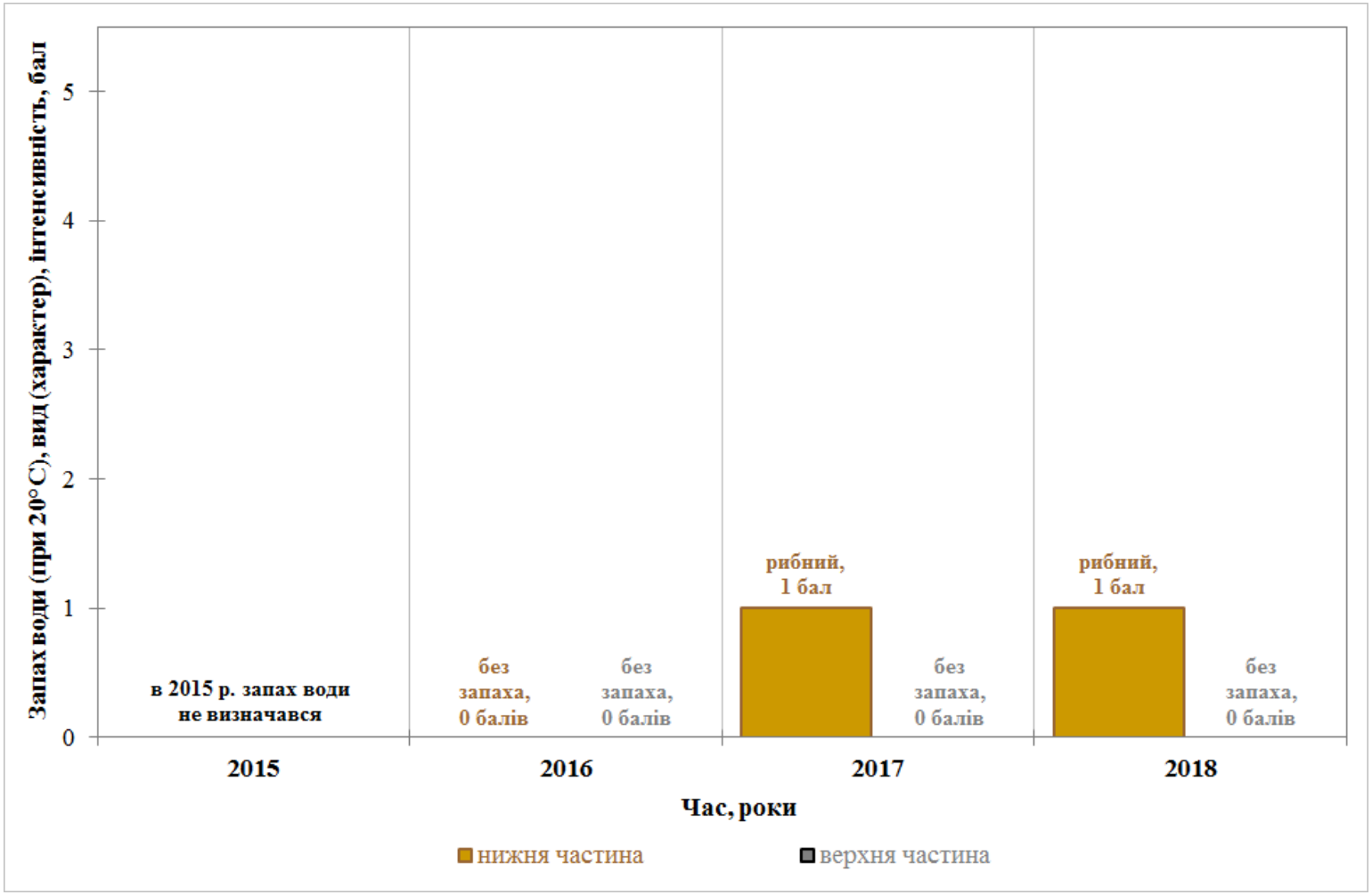

Рисунок 4.21 – Мінливість середніх за рік значень запаху води (при температурі 20°С) в нижній та верхній частинах Куяльницького лиману, за даними вимірювань ОДЕКУ в 2016-2018 рр.

У середньому в 2016 р. вода в лимані (при температурі 20°С) була без запаху (0 балів), а середні вид та інтенсивність запаху в 2017 та 2018 рр. відповідали рибному запаху інтенсивністю 1 бал (рис. 4.20).

При порівнянні середніх за рік виду та інтенсивності запаху води, визначених для нижньої та верхньої частин лиману (рис. 4.21), встановлено, що у 2016 р. вода в обох частинах лиману була без запаху (0 балів).

Середні за рік показники запаху води в 2017 та 2018 рр. у верхній частині лиману були такі ж як і в 2016 р. – без запаху (0 балів), але в нижній частині водойми вода була з рибним запахом інтенсивністю 1 бал.

5 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) з даними попередніх років (2010-2014 рр.), які передували введенню в дію трубопроводу.

Для роботи були використані дані вимірювань рівнів води на посту «лиман Куяльницький – Одеса» (рис. 5.1).

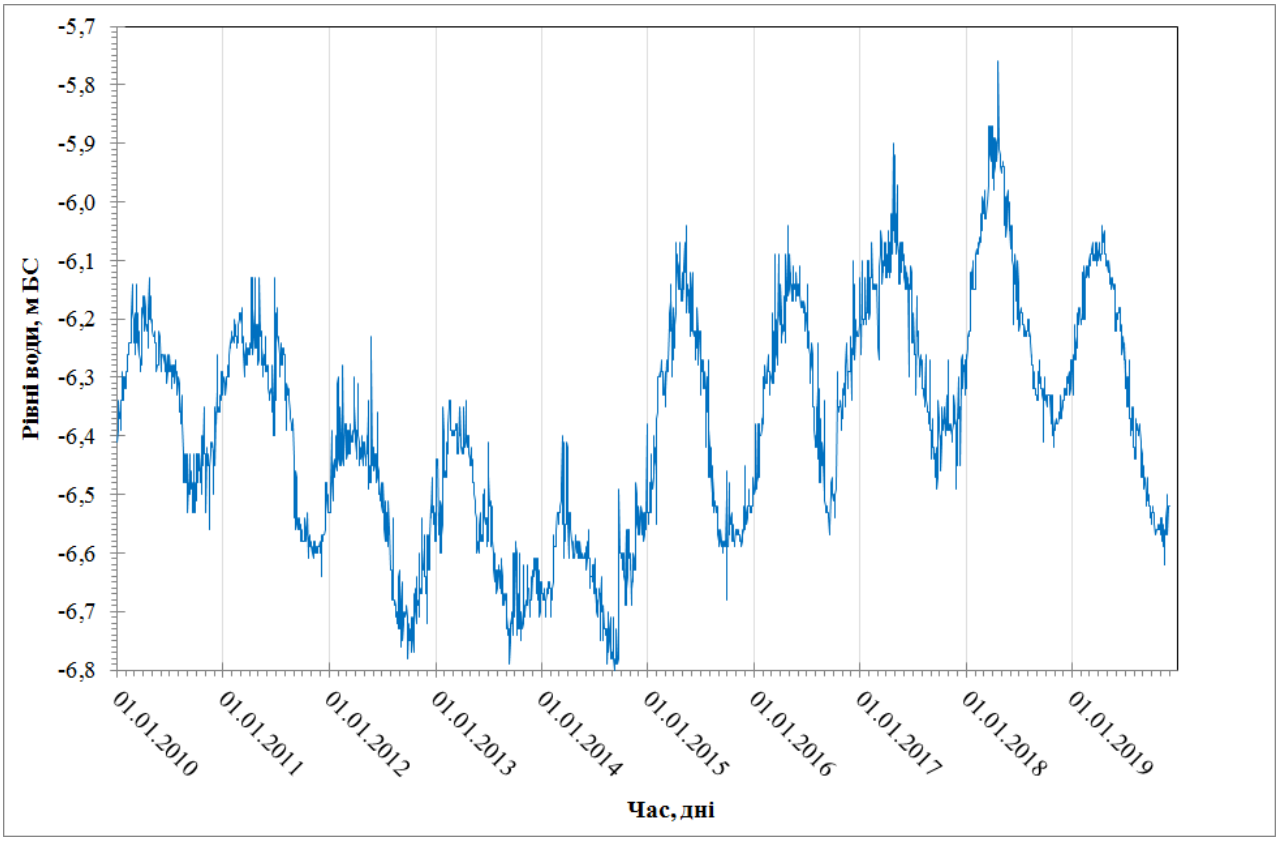

Рисунок 5.1 – Щоденні рівні води Куяльницького лиману (за даними поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період з 2010 по 2019 рр.

Для зручності характеристика мінливості рівнів води була представлена у вигляді хронологічних графіків різного виду (рис. 5.2, 5.3 та 5.4). 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. 5.5).

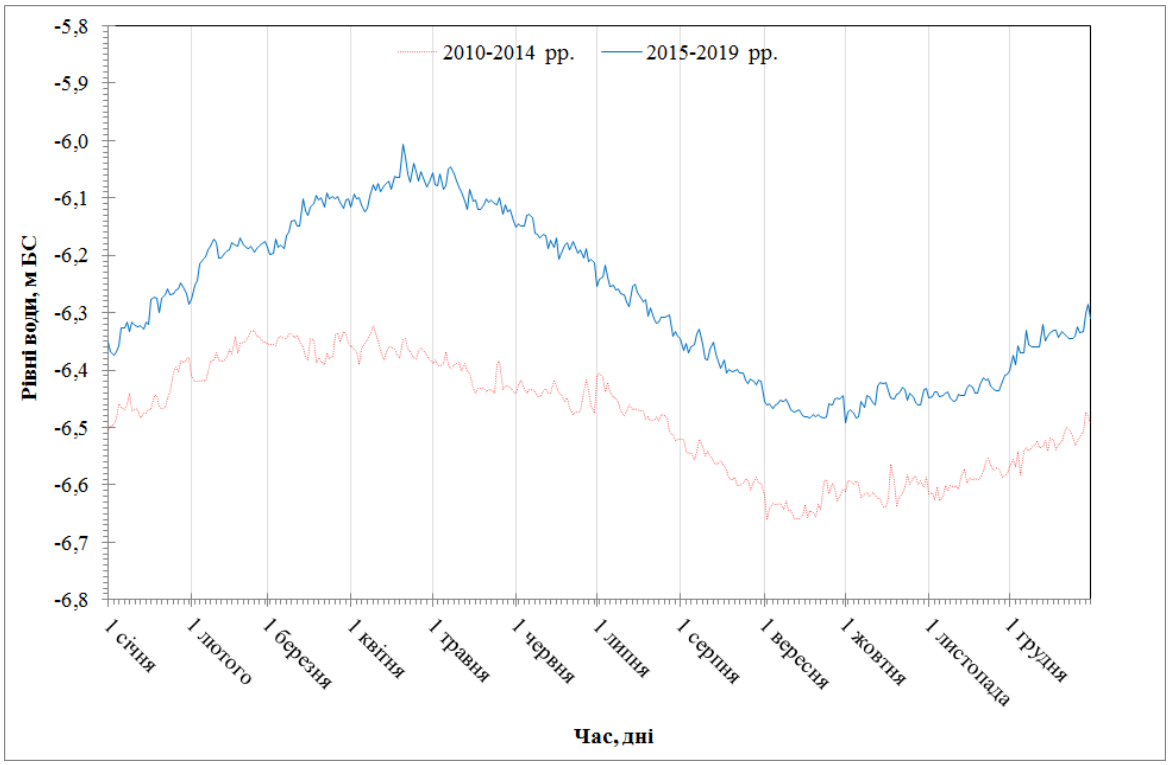

Рисунок 5.2 – Гідрографи щоденних рівнів води Куяльницького лиману, осереднених за періоди 2010-2014 рр. (до початку подачі морської води) та 2015-2019 рр. (в умовах подачі морської води)

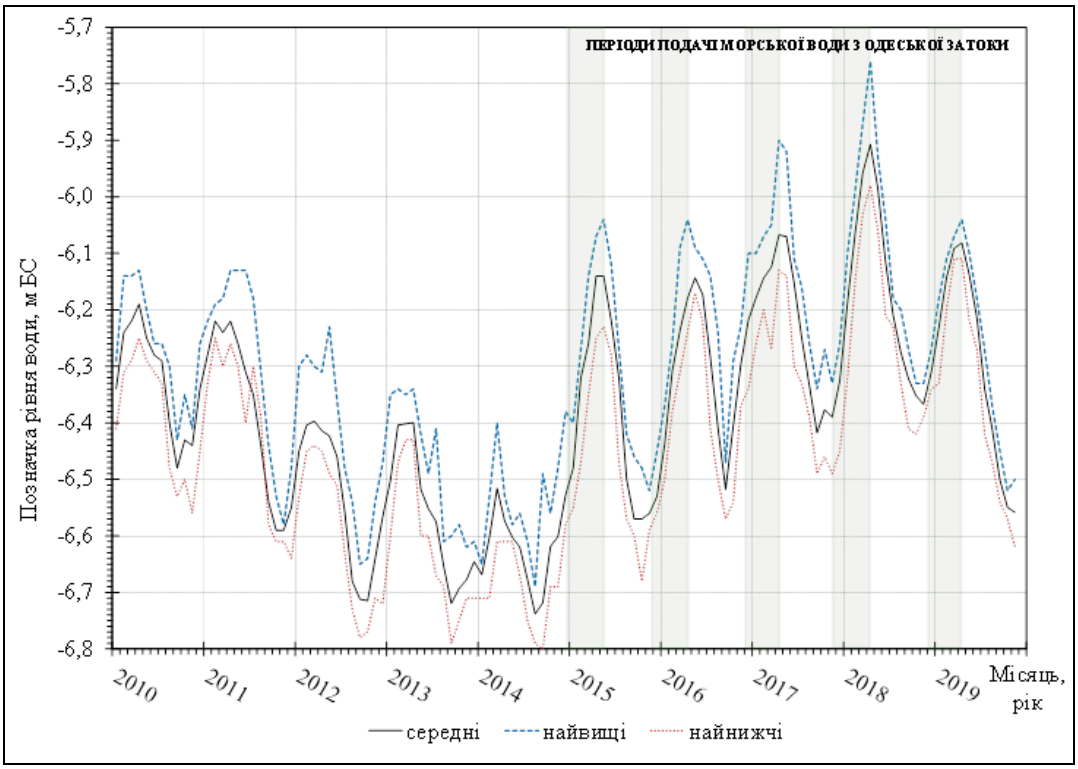

Рисунок 5.3 – Мінливість середніх, найвищих та найнижчих за місяць рівнів води Куяльницького лиману за період 2010-2019 рр.

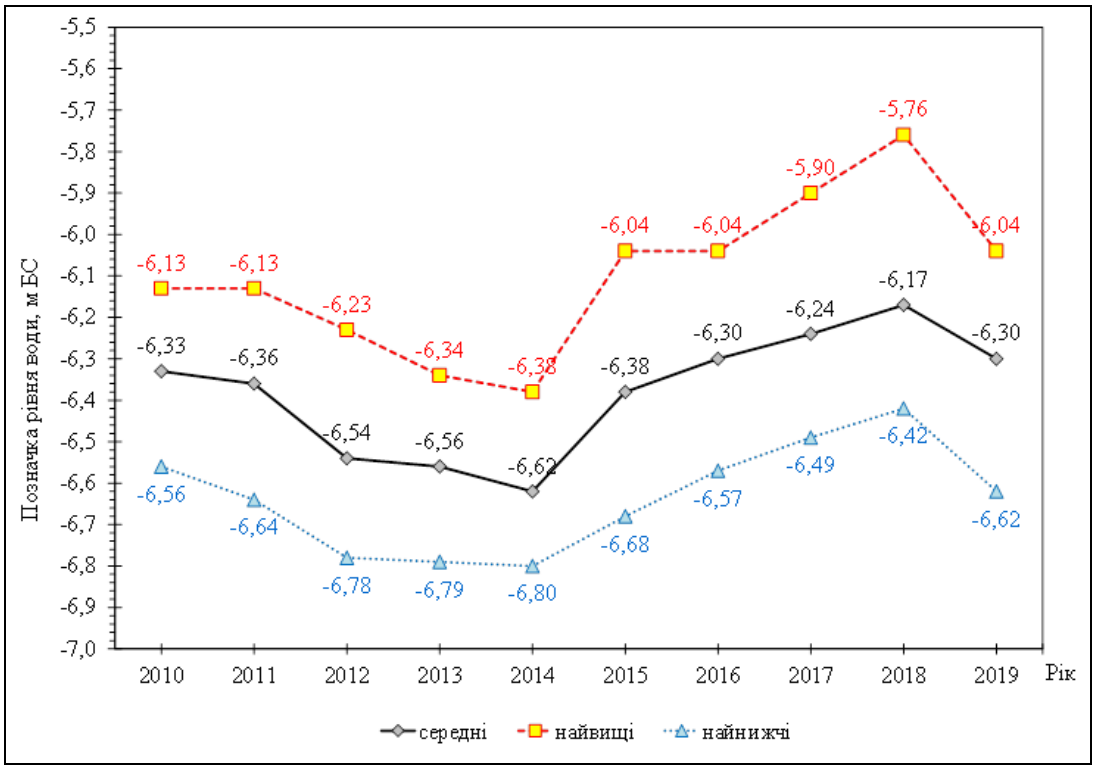

Рисунок 5.4 – Мінливість середньорічних, найвищих та найнижчих за рік рівнів води Куяльницького лиману за період 2010-2019 рр.

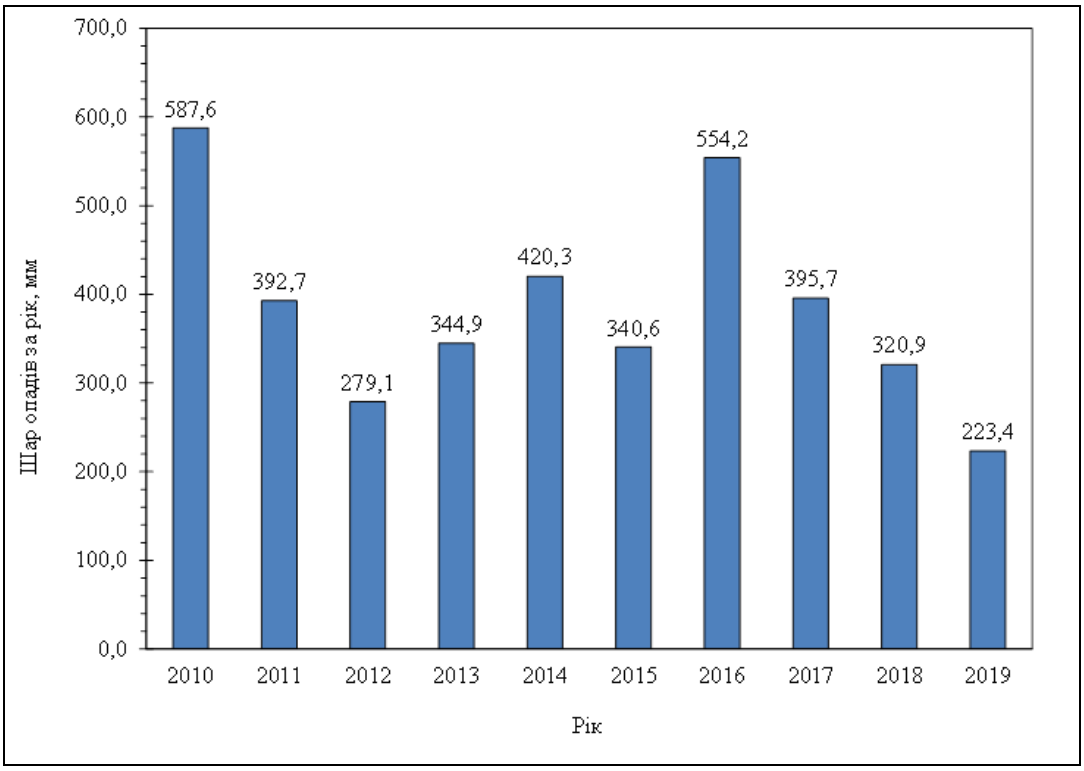

Рисунок 5.5 - Мінливість щорічних шарів атмосферних опадів в районі Куяльницького лиману (за даними метеорологічного поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2019 рр.

З рис. 5.2 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 вищій ніж у 2014 р., на 18 см вищій ніж у 2013 р., на 16 см вищій ніж у 2012 р., на 2 см нижчій ніж у 2011 р. та на 5 см нижчий ніж у 2010 р. Найвищій 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. 5.3 та 5.4).

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 вищій ніж у 2014 р., на 26 см вищій ніж у 2013 р., на 24 см вищій ніж у 2012 р., на 6 см вищій ніж у 2011 р. та на 3 см вищій ніж у 2010 р. Найвищій 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. 5.3 та 5.4).

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 вищій ніж у 2014 р., на 32 см вищій ніж у 2013 р., на 30 см вищій ніж у 2012 р., на 12 см вищій ніж у 2011 р. та на 9 см вищій ніж у 2010 р. Найвищій 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. 5.3 та 5.4).

При порівнянні позначки середньорічного рівня води в лимані у 2018 р. (мінус 6,17 м БС) із даними 2010-2014 рр., установлено, що рівень води був на 45 см вищій ніж у 2014 р., на 39 см вищій ніж у 2013 р., на 37 см вищій ніж у 2012 р., на 19 см вищій ніж у 2011 р. та на 16 см вищій ніж у 2010 р. Найвищій 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. 5.3 та 5.4).

Порівнюючи позначку середньорічного рівня води в лимані у 2019 р. (мінус 6,30 м БС) із даними 2010-2014 рр., виявили, що рівень води був на 32 см вищій ніж у 2014 р., на 26 см вищій ніж у 2013 р., на 24 см вищій ніж у 2012 р., на 6 см вищій ніж у 2011 р. та на 3 см вищій ніж у 2010 р. Найвищій 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. 5.3 та 5.4).

Певне зниження рівня води в лимані у 2019 р. (рис. 5.3 та 5.4) пояснюється найменшою за 2010-2019 рр. кількістю атмосферних опадів за рік (рис. 5.5), 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.

6 ОЦІНКА МОЖЛИВИХ ЗНАЧЕНЬ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ТА РІВНІВ ВОДИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ЗА УМОВ ВІДСУТНОСТІ ШТУЧНОЇ ПОДАЧІ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ОДЕСЬКОЇ ЗАТОКИ

У даному розділі представлена оцінка можливих значень абіотичних показників (мінералізації та рівня води) екологічного стану Куяльницького лиману в умовах подачі морської води з Одеської затоки та за її відсутності.

Визначення середньорічних значень мінералізації води в лимані в умовах відсутності подачі морської води виконувалося за формулою [32]:

$$M = 0{,}65 \cdot e^{-0{,}92 \cdot H}, \qquad (6.1)$$

де М – мінералізація води, г/дм^3; Н – рівень води, м БС; е – основа натурального логарифму (е = 2,72).

Результати розрахунків представлені в табл. 6.1 та 6.2

Таблиця 6.1 – Середньорічні значення мінералізації води в лимані в умовах відсутності подачі морської води за період 2010-2014 рр.

Рік	Н, м БС	М, г/дм^3 (розраховані за 6.1)
2010	-6,33	219,8
2011	-6,36	226,0
2012	-6,54	266,7
2013	-6,56	271,6
2014	-6,62	287,0

Таблиця 6.2 – Середньорічні значення рівнів і мінералізації води в умовах подачі морської води в лиман та при її відсутності за 2015-2019 рр.

Рік	В умовах подачі морської води (виміряні або фактичні)		За відсутності подачі морської води	
	Н, м БС	М, г/дм^3	Н, м БС	М, г/дм^3 (розраховані за 6.1)
2015	-6,38	176,2	-6,64	292,4
2016	-6,30	180,8	-6,89	368,0
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

За даними табл. 6.1 та 6.2 можна зробити висновок, що за умов відсутності подачі морської води у лиман мінералізація неупинно зростала б і досягнула у 2019 році значення 826,8 г/дм^3. З табл. 6.2 видно, що мінералізація води за 2017, 2018 та 2019 рр. була б більшою ніж 420 г/дм^3, тому розчинені у воді солі випали б в осад. Але за фактом у 2015-2019 роках вже відбувалася подача морської води до лиману і значення мінералізації були набагато меншими: навіть у 2019 році мінералізація становила лише 289,6 г/дм^3.

Нижче наведена оцінка можливих значень рівнів води Куяльницького лиману за умов наявності та відсутності штучної подачі морської води з Одеської затоки з грудня 2014 р. по грудень 2019 р.

За 1-й етап роботи трубопроводу «море-лиман» (грудень 2014 р. – квітень 2015 р.) до Куяльницького лиману з Одеської затоки надійшло 10,1 млн. м^3 води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2015 р. дорівнювало 0,26 м (при середній площі водної поверхні 38,8 км^2). 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 13,7 млн. м^3 води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2016 р. дорівнювало 0,33 м (при середній площі водної поверхні 41,6 км^2), 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 13,0 млн. м^3 води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2017 р. дорівнювало 0,30 м (при середній площі водної поверхні 43,8 км^2), 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 13,0 млн. м^3 води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2018 р. дорівнювало 0,28 м (при середній площі водної поверхні 45,7 км^2), 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 12,5 млн. м^3

води. За рахунок цього прирощення рівня води в лимані за 2019 р. дорівнювало 0,30 м (при середній площі водної поверхні 41,6 км^2), 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. м^3, а прирощення рівня води в лимані склало майже 1,5 м (рис. 6.1). Таким чином, лиман було врятовано від майже повного висихання.

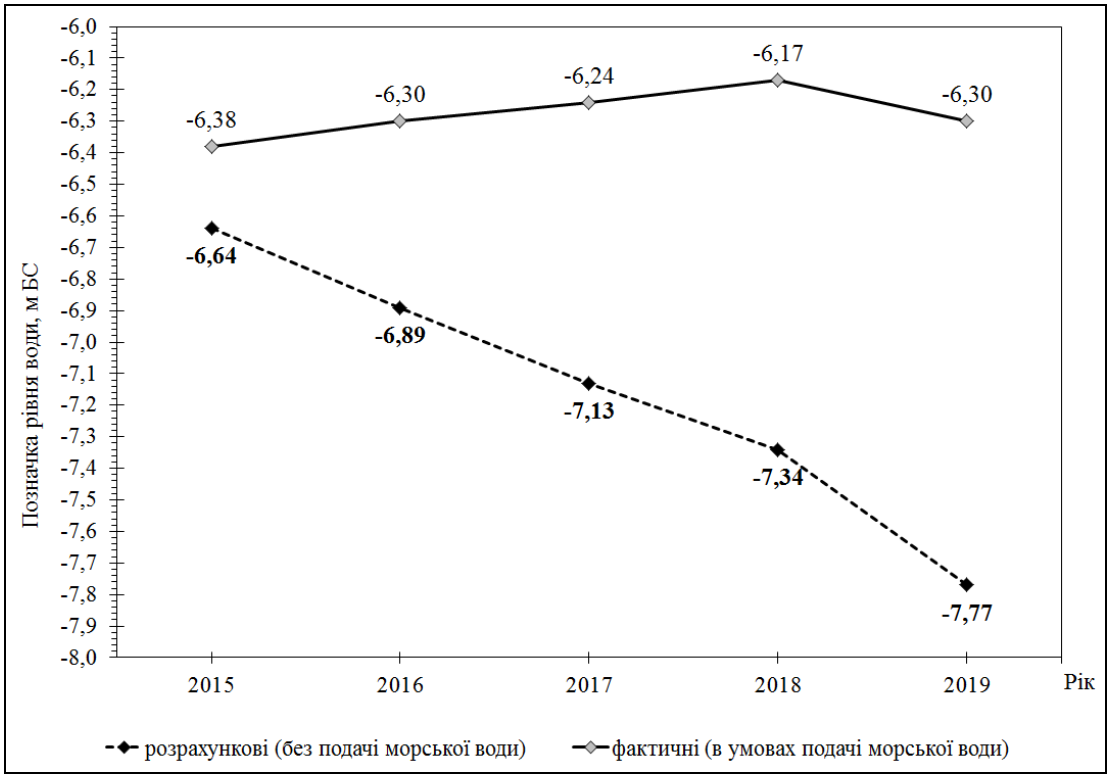

Рисунок 6.1 – Мінливість фактичних (в умовах подачі морської води) та розрахункових (без подачі морської води) середньорічних рівнів води Куяльницького лиману за період з 2015 по 2019 рр.

Аналіз результатів показав, що завдяки поповненню лиману морською водою рівень води зріс, мінералізація зменшилася, тому подальша подача води з Одеської затоки дозволить підтримувати необхідний водно-сольовий режим даної водойми.

7 ВОДНО-СОЛЬОВИЙ БАЛАНС КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ У 2020 РОЦІ

В цьому розділі представлені результати оцінки водно-сольового балансу Куяльницького лиману за період з січня по листопад 2020 р. в умовах надходження до лиману морської води з Одеської затоки.

7.1 Структура математичної моделі водно-сольового балансу лиману

Рівняння водно-сольового балансу Куяльницького лиману можна записати таким чином [9]:

– водного балансу:

$$W_{K,j} = W_{K,j-1} + \left(W_{P,j} + W_{r,j} + W_{м,j} - W_{E,j}\right)\Delta t; \qquad (7.1)$$

– балансу маси солей:

$$C_{K,j} = C_{K,j-1} + \left(W_{P,j}S_{P,j} + W_{r,j}S_{r,j} + W_{м,j}S_{м,j}\right)\Delta t \qquad (7.2)$$

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. м^3;

$W_{K,j}$ – об’єм води в лимані наприкінці розрахункового місяця (j), млн.м^3;

$W_{P,j}$ – об’єм атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману за розрахунковий період (місяць (j)), млн. м^3;

$W_{r,j}$ – об’єм припливу води (поверхневого, схилового, підземного стоку) з водозбірного басейну до лиману за місяць (j), млн. м^3;

$W_{м,j}$ – об’єм припливу води з моря трубопроводом «море-лиман» за місяць (j), млн. м^3;

$W_{E,j}$ – об’єм води, що випарився з водної поверхні лиману за місяць (j), млн. м^3;

$C_{K,j-1} = 0{,}001 W_{K,j-1}S_{K,j-1}$ – 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/дм^3;

$S_{K,j}$ – мінералізація води в лимані наприкінці місяця (j), який розраховується, г/дм^3;

$S_{P,j}$ – середня мінералізація атмосферних опадів, що випали на водну поверхню лиману за розрахунковий період (місяць (j)), г/дм^3;

$S_{r,j}$ – середня за місяць (j) мінералізація припливних вод (поверхневих, схилових, підземних), що надійшли до лиману з його басейну, г/дм^3;

$S_{м,j}$ – мінералізація води, що надходить до лиману трубопроводом «море-лиман» за місяць (j), г/дм^3.

На кожному розрахунковому кроці за часом визначається об'єм води в лимані наприкінці розрахункового місяця (j) $W_{K,j} = W_{K,j-1} + \Delta W_{K,j}$. Надалі, із застосуванням функціональних залежностей $\zeta_{K,j} = f\left(W_{K,j}\right)$ та $F_{K,j} = f\left(\zeta_{K,j}\right)$ (рис. 7.1 та 7.2), визначаються площа водної поверхні $F_{K,j}$ (млн. м^2) і рівень води у лимані $\zeta_{K,j}$ (м БС) наприкінці місяця (j).

Мінералізація води в лимані наприкінці місяця (j) розраховується таким чином

$$S_{K,j} = \frac{C_{K,j}}{W_{K,j}} \ . \qquad (7.3)$$

У приходній частині рівнянь моделі водно-сольового балансу Куяльницького лиману (7.1) та (7.2), використаних для розрахунку рівнів і мінералізації води лиману, відсутні такі складові як фільтрація морських вод через пересип між лиманом і морем та приплив підземних вод через дно чаші водойми. Це пов'язано з тим, що об'єми вказаних вод є дуже незначними по відношенню до інших складових водно-сольового балансу лиману і становлять десяті та соті частки відсотків або, інколи, 1-2% приходної частини [32-34]. Найбільш ґрунтовні дослідження фільтрації морських вод через пересип та припливу підземних вод через дно чаші водойми виконані в 1995 р. під керівництвом проф. Г. І. Швебса та представлені в роботі [35], де наведено узагальнення результатів всіх попередніх досліджень цих складових водного балансу лиману та зроблений такий висновок: *«Таким образом, доля подземного водообмена лимана, скорее всего, несопоставимо мала по сравнению с его объёмом»*.

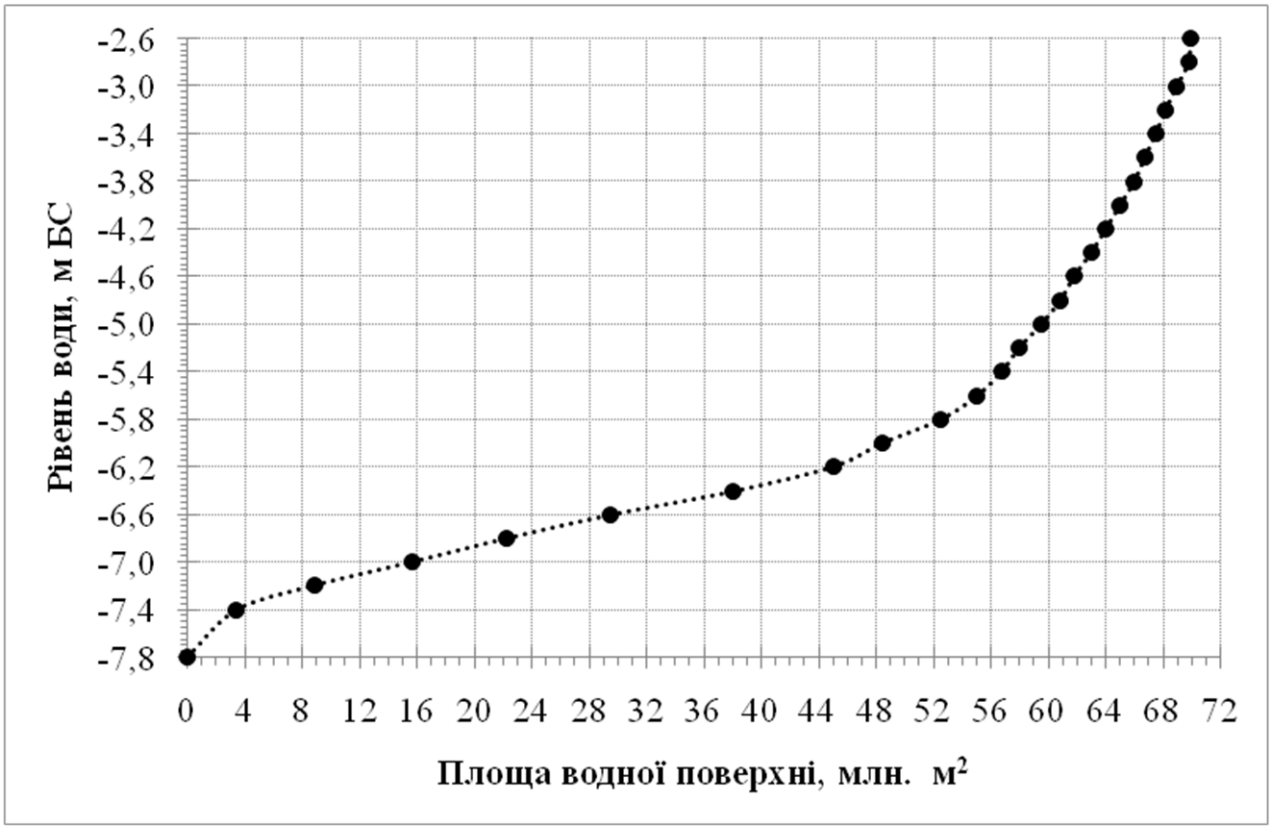

Рисунок 7.2 – Крива об’ємів води $F = f(\zeta)$ Куяльницького лиману

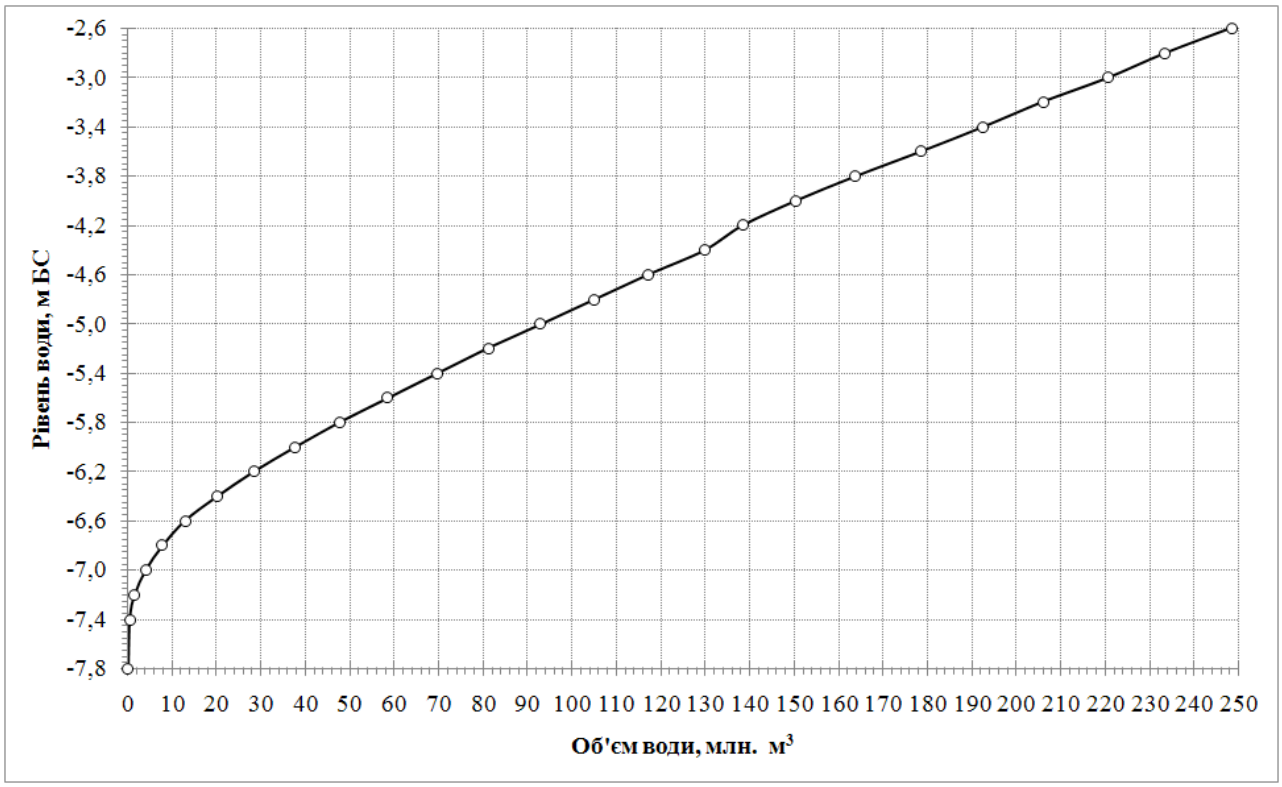

Рисунок 7.2 – Крива об’ємів води $W = f(\zeta)$ Куяльницького лиману

7.2 Визначення об’єму та мінералізації атмосферних опадів

Об’єм атмосферних опадів $W_{P,j}$, млн. м^3, що випали на водну поверхню Куяльницького лиману за j-й місяць, визначався за формулою

$$W_{P,j} = P_j F_{j-1}, \tag{7.4}$$

де P_j – шар атмосферних опадів за розрахунковий місяць (j), м;

F_{j-1} – площа водної поверхні лиману наприкінці попереднього (відносно розрахункового) місяця, млн. м^2.

Для обчислення $W_{P,j}$ використані щомісячні шари атмосферних опадів, визначені за даними вимірювань на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» $P_{K,j}$ (мм) [7] (рис. 7.3). Треба відзначити, що коли дані вимірювань на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» відсутні, значення $P_{K,j}$ можуть обчислювалися за даними про щомісячні шари атмосферних опадів, виміряні на метеостанції «Одеса-Обсерваторія» $P_{O,j}$ (мм) [8], з використанням емпіричних рівнянь, які описують зв’язки між $P_{K,j}$ та $P_{O,j}$ (табл. 7.1).

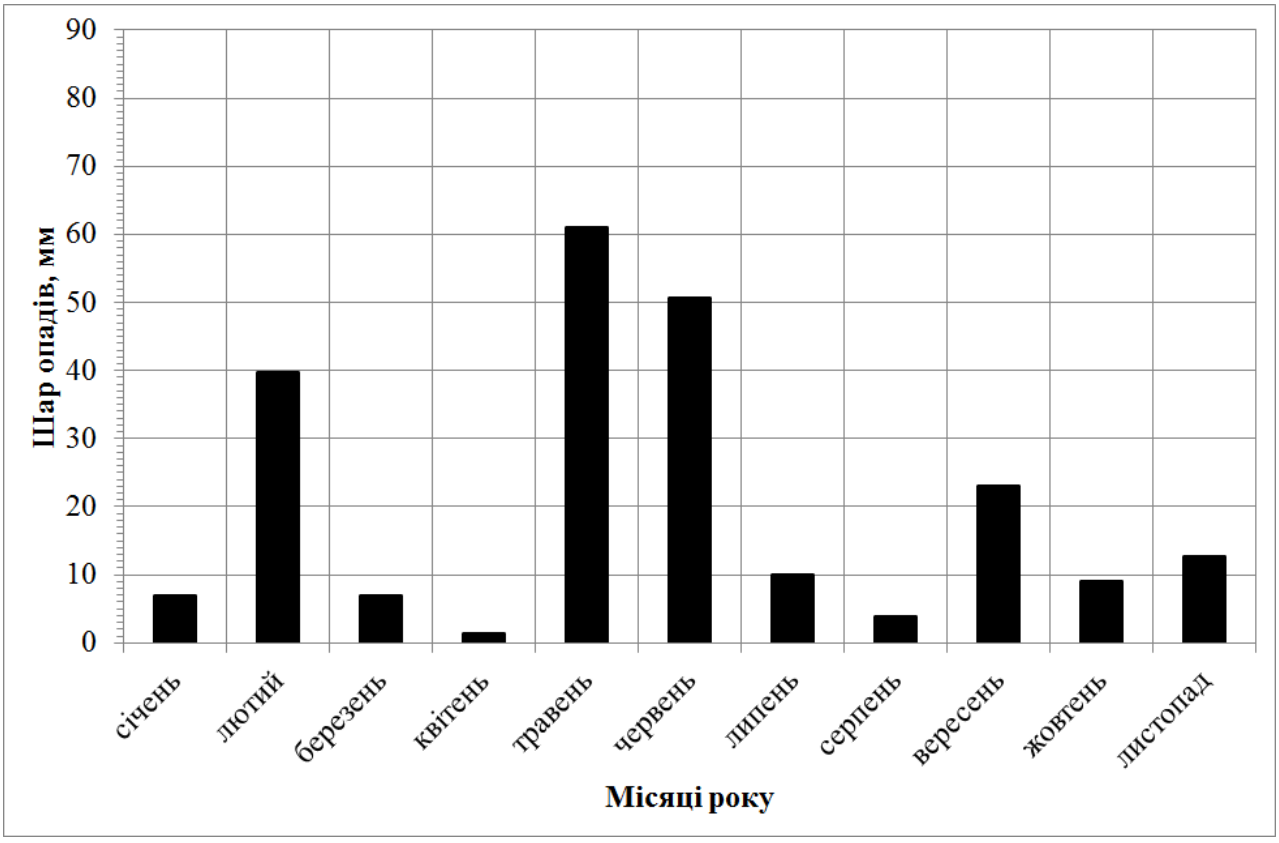

Рисунок 7.3 – Мінливість щомісячних шарів атмосферних опадів $P_{K,j}$ (мм) на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» за період січень-листопад 2020 р.

Таблиця 7.1 – Емпіричні рівняння зв'язків між значеннями щомісячних шарів атмосферних опадів (мм) на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» $P_{K,j}$ та метеостанції «Одеса-Обсерваторія» $P_{O,j}$, отримані за період з 1986 по 2017 рр., r – коефіцієнт кореляції

Місяць	Рівняння зв'язку	r	Місяць	Рівняння зв'язку	r
Січень	$P_{K,I} = 0{,}538 \cdot P_{O,I}$	0,812	Липень	$P_{K,VII} = 0{,}663 \cdot P_{O,VII}$	0,667
Лютий	$P_{K,II} = 0{,}675 \cdot P_{O,II}$	0,935	Серпень	$P_{K,VIII} = 0{,}942 \cdot P_{O,VIII}$	0,880
Березень	$P_{K,III} = 0{,}596 \cdot P_{O,III}$	0,636	Вересень	$P_{K,IX} = 0{,}807 \cdot P_{O,IX}$	0,814
Квітень	$P_{K,IV} = 0{,}706 \cdot P_{O,IV}$	0,629	Жовтень	$P_{K,X} = 0{,}588 \cdot P_{O,X}$	0,668
Травень	$P_{K,V} = 0{,}865 \cdot P_{O,V}$	0,829	Листопад	$P_{K,XI} = 0{,}719 \cdot P_{O,XI}$	0,808
Червень	$P_{K,VI} = 0{,}894 \cdot P_{O,VI}$	0,834	Грудень	$P_{K,XII} = 0{,}699 \cdot P_{O,XII}$	0,792

Мінералізація атмосферних опадів в районі Куяльницького лиману $S_{P,j}$ (г/дм^3) за довідниковою літературою становить 0,020-0,044 г/дм^3, а в середньому дорівнює 0,035 г/дм^3 [9]. Однак, за даними ОДЕКУ, визначеними в результаті вимірювань у період 2013-2017 рр., виявлено, що мінералізація води атмосферних опадів в районі м. Одеса пов'язана із кількістю опадів і змінюється в межах 0,025-0,383 г/дм^3 (рис. 7.4).

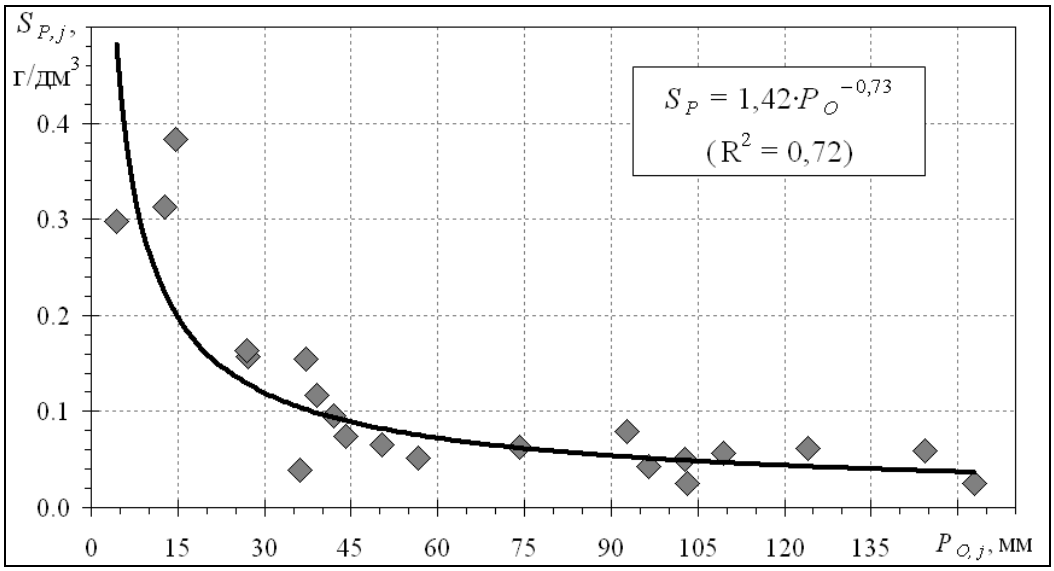

Рисунок 7.4 – Зв'язок середньомісячних значень мінералізації атмосферних опадів ($S_{P,j}$, мг/дм^3) зі щомісячними сумами опадів ($P_{O,j}$, мм) в районі м. Одеси за період з 2013 по 2017 рр. ($P_{O,j}$ – дані метеостанції «Одеса-Обсерваторія»; $S_{P,j}$ – дані ОДЕКУ; R^2 – детермінант кореляції)

Деякі кліматичні особливості, властиві тільки Куяльницькому лиману, відзначені ще в першій половині XX ст. В.О. Пальчинським [35], вони справедливі і для сучасних кліматичних умов, оскільки відображають загальні закономірності природних процесів, що відбуваються на лимані. Він характеризував клімат лиману, як клімат *«типової лиманної балки»*.

Для Куяльницької балки характерні п’ять мікрокліматичних зон: 1) вузька смуга уздовж схилу так званої Жевахової гори, зайнята санаторіями; 2) пляж лиману; 3) східний схил Жевахової гори; 4) вододільне плато; 5) парк на ділянці санаторію.

Характерною особливістю кліматичних умов на лимані є перевищення в денний період доби температур повітря в районі лиману над відповідними значеннями, спостереженими в районі метеостанції «Одеса-Обсерваторія» , яке може досягати 4ºС. Це пояснюється різним ступенем вентиляції в денний період доби Куяльницької балки та Приморського плато, а в темну частину доби – надходженням холодного повітря зі схилів так званої Жевахової гори. Крім того, значення абсолютної вологості повітря на узбережжі лиману є дещо вищими, ніж на метеостанції «Одеса-Обсерваторія» [9]. Виявлені кліматичні особливості представлені нами у вигляді емпіричних залежностей (рис. 7.5).

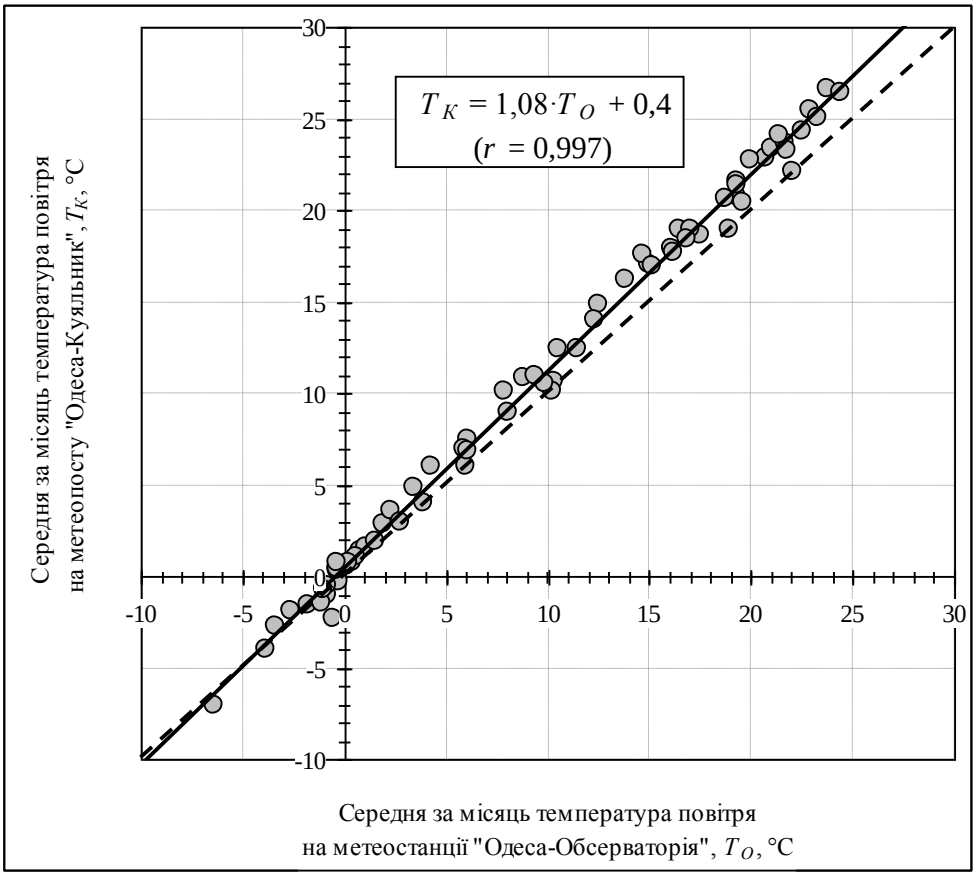

Рисунок 7.5 – Зв’язок між середньомісячними температурами повітря (°С) на Куяльницькому лимані T_K (метеопост «Одеса-Куяльник») та метеостанції «Одеса-Обсерваторія» T_O:

○ – виміряні значення; ▬ – лінія зв’язку; - - – лінія рівних значень

Істотних відмінностей в річних сумах опадів, виміряних на метеостанції «Одеса-Обсерваторія» та в районі лиману, не установлено (табл. 7.2).

Таблиця 7.2 – Перехідні коефіцієнти k_P від місячних і річних шарів атмосферних опадів на метеостанції «Одеса-Обсерваторія» до місячних і річних шарів атмосферних опадів на Куяльницькому лимані [34]

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
k_P	0,85	0,83	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,90	0,87	0,94

Однак, в окремі роки, місяці та дні відмінності в кількості опадів можуть бути істотними, особливо під час зливових опадів з невеликою площею розповсюдження, що випадають в теплий період року. Суми та часова мінливість атмосферних опадів поблизу Куяльницького лиману в 2020 р. на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник», метеостанції «Одеса-Обсерваторія» та метеорологічному посту «Застава-аеропорт» показані на рис. 7.6 та 7.7.

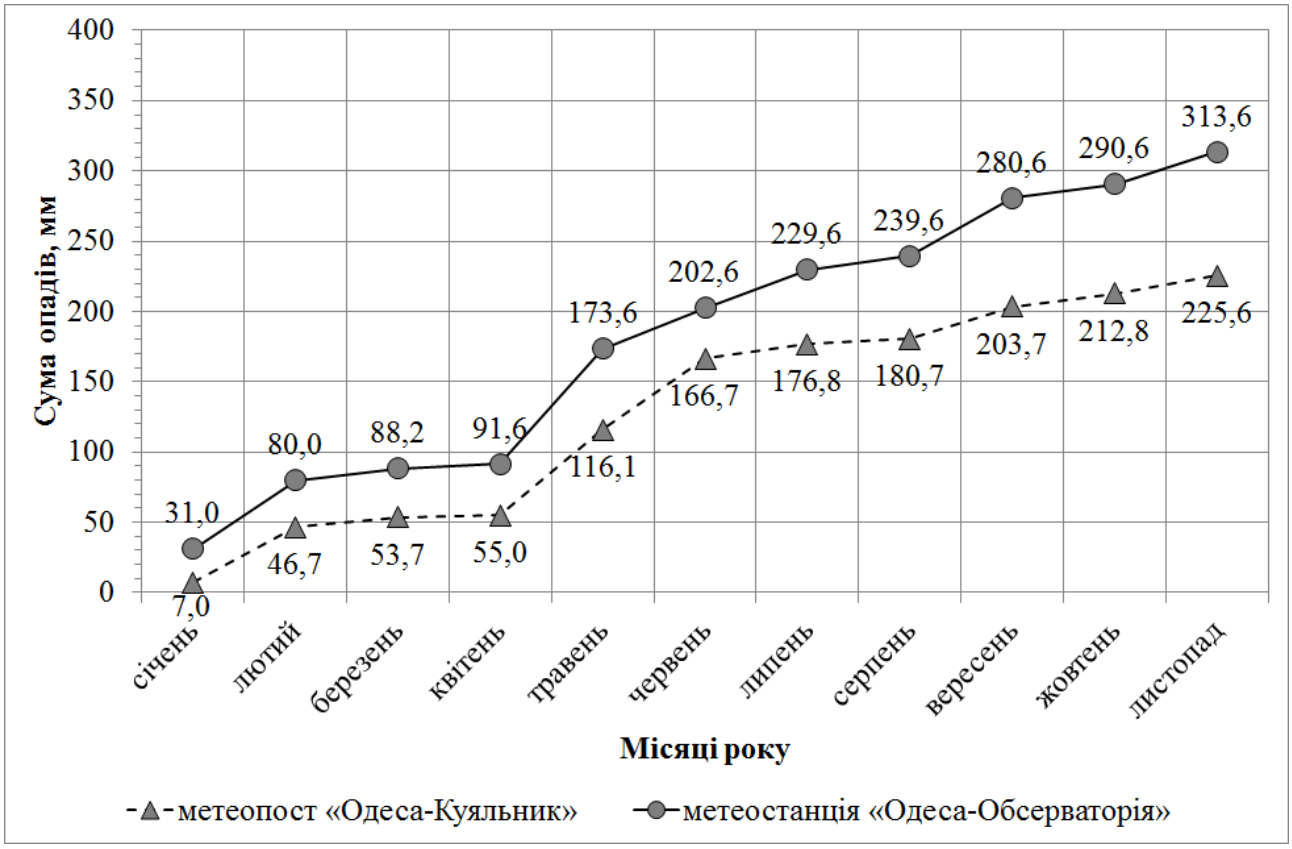

Рисунок 7.6 – Суми атмосферних опадів (мм) на Куяльницькому лимані P_K (метеопост «Одеса-Куяльник») та метеостанції «Одеса-Обсерваторія» P_O за період січень-листопад 2020 р.

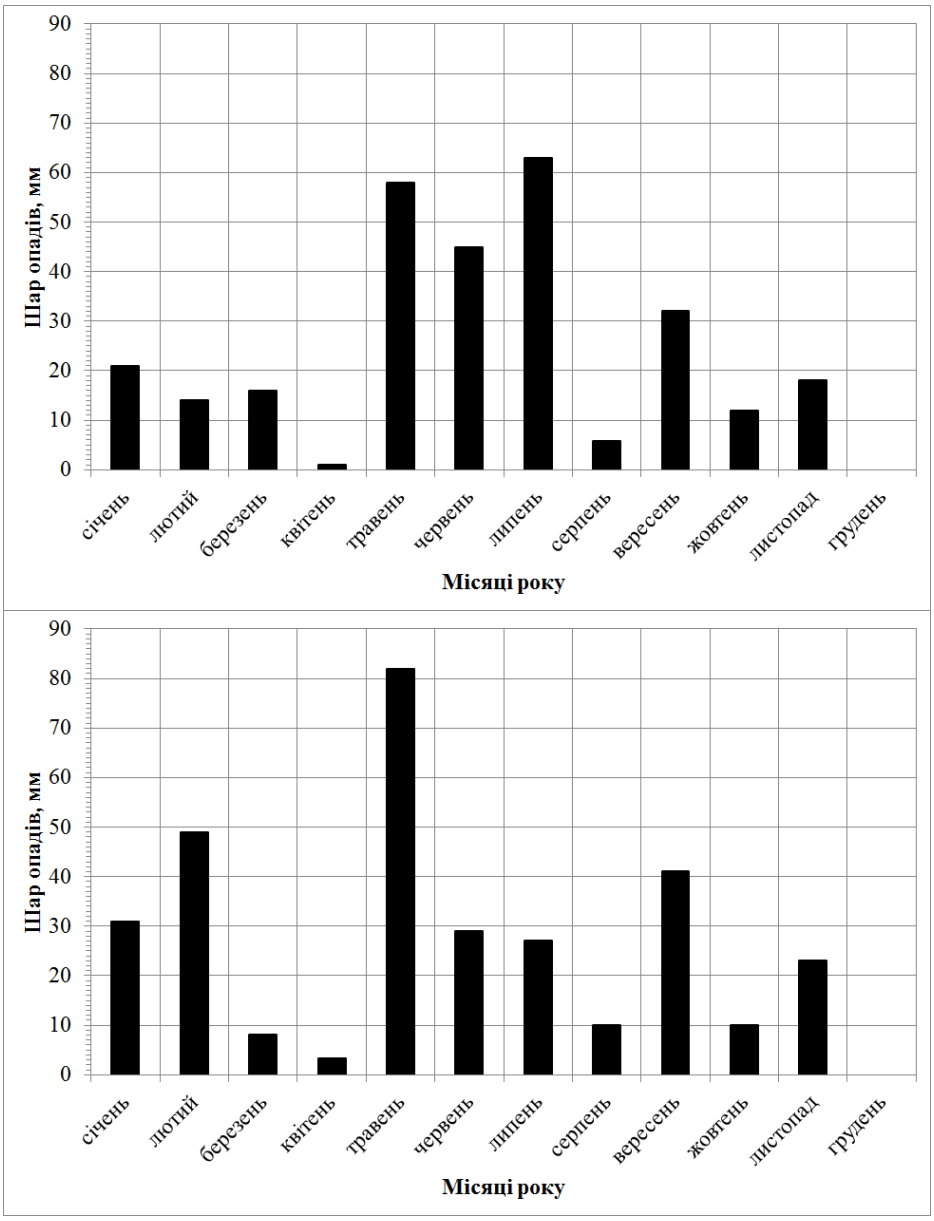

Рисунок 7.7 – Мінливість щомісячних шарів атмосферних опадів (мм) поблизу Куяльницького лиману на метеорологічному посту «Застава-аеропорт» (зверху) та метеостанції «Одеса-Обсерваторія» (знизу) за період січень-листопад 2020 р.

Через мілководість лиману і велику площу його водної поверхні, для правильного відтворення при моделюванні ходу рівня води в лимані принципово важливим є точне завдання кількості опадів, які випадають на поверхню лиману. Однак, як видно з рис. 7.5-7.7, інтенсивність опадів характеризується значною просторовою мінливістю. Тому при моделюванні використані дані спостережень за атмосферними опадами на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» (рис. 7.5), розташованому в м. Одеса на провулку Лиманний, що дозволило отримати добре узгодження внутрішньорічної мінливості спостережених і розрахованих значень рівня води у лимані.

7.3 Визначення об’єму та мінералізації припливних вод до лиману

Об’єм припливу вод $W_{r,j}$ (поверхневих, схилових, підземних), млн. м^3, з водозбірного басейну до Куяльницького лиману за розрахунковий період визначався за формулою

$$W_{r,j} = W_{р.В.К.,j} + W_{р.Д.,j} + W_{р.К.,j} + W_{б.Г.,j} + \\ + W_{б.К.,j} + W_{с.л.ВНС5,j} + W_{с.л.с.п.,j}, \quad (7.5)$$

де $W_{р.В.К.,j}$, $W_{р.Д.,j}$, $W_{р.К.,j}$, $W_{б.Г.,j}$, $W_{б.К.,j}$, $W_{с.л.ВНС5,j}$, $W_{с.л.с.п.,j}$ – об’єми надходження вод до лиману за розрахункові місяці (j), відповідно, від річок Великий Куяльник, Довбока, Кубанка, бб. Гільдендорфська, Корсунцівська, скидних лотків з ВНС № 5 та пересипу.

При наявності даних про середньомісячні витрати води водотоків, що впадають в лиман, як, наприклад, для р. В. Куяльник [6], об’єми припливу вод, що надійшли за місяць до лиману з водозбірного басейну річки або балки, $W_{r,j,i}$, млн. м^3, розраховувалися за формулою

$$W_{r,j,i} = 86400 n_j Q_{r,j,i} 10^{-6}, \quad (7.6)$$

де $Q_{r,j,i}$ – середня за *j*-й місяць витрата води *i*-го водотоку, м^3/с;

n_j – кількість діб в *j*-му місяці року;

86400 – кількість секунд в одній добі, с;

10^{-6} – перехідний коефіцієнт з м^3 до млн. м^3.

7.4 Визначення випаровування з водної поверхні лиману

Об’єми випаровування з водної поверхні Куяльницького лиману $W_{E,j,i}$ розраховувалися таким чином:

$$W_{E,j} = E_{S,j} F_{j-1}, \quad (7.7)$$

$$E_{S,j} = k_{S,j} E_j, \quad (7.8)$$

$$k_{S,j} = 1 - 0{,}002 S_{j-1}, \quad (7.9)$$

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 [32].

У зв'язку з тим, що на Куяльницькому лимані випаровування з водної поверхні не вимірюється, шар випареної за місяць води визначався з використанням зв'язку щомісячних шарів випаровування із значеннями середньомісячної температури та відносної вологості повітря (рис. 7.8).

Подібні зв'язки встановлені ще у 1948 р. М. М. Івановим [9], а в 1968 р. О. Р. Константиновим [36] вони були рекомендовані для розрахунків, як найбільш зручні для практичного використання при визначенні випаровування з водної поверхні, оскільки не потребують введення додаткових поправок.

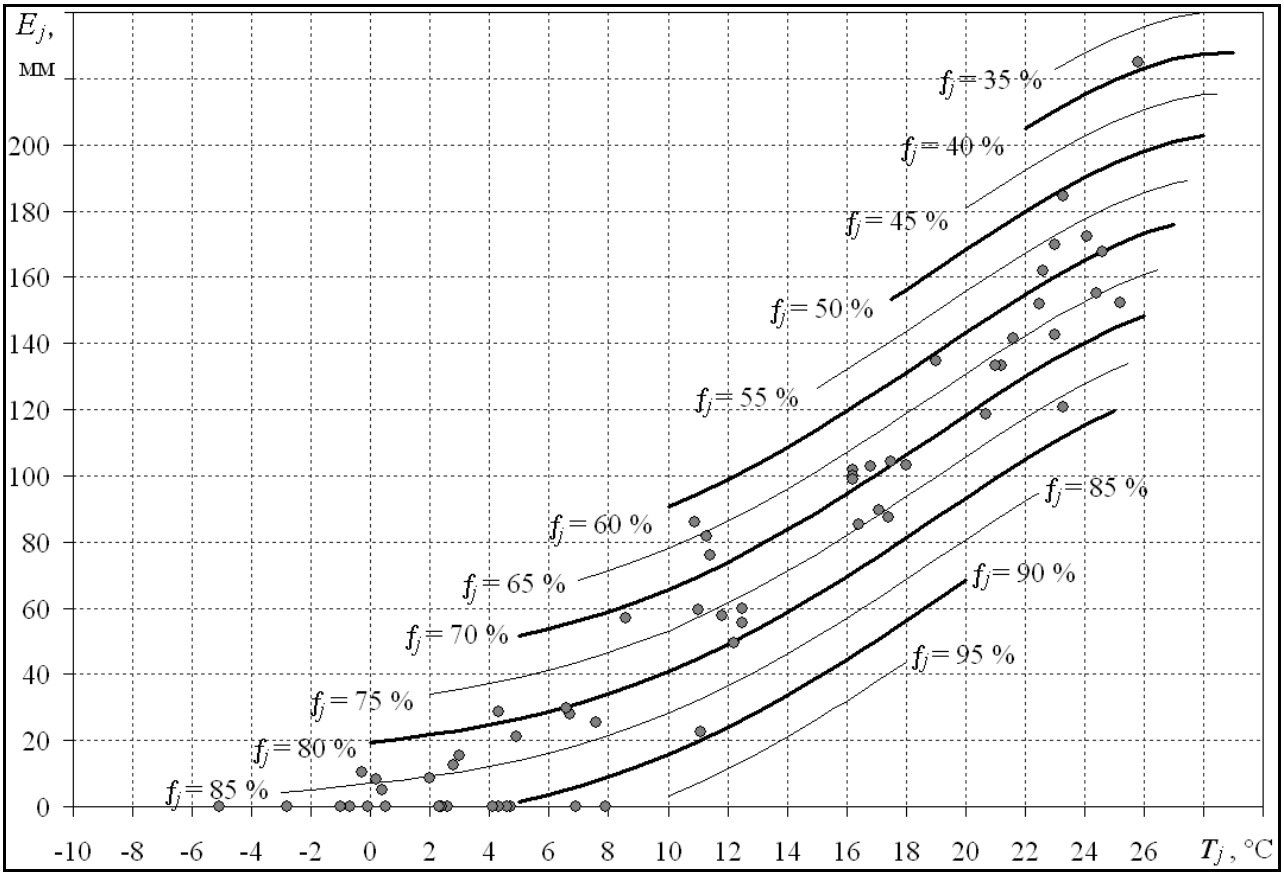

Рисунок 7.8 – Зв'язок шарів випаровування з водної поверхні за місяць E_j, мм, з середньомісячними температурами повітря T_j, °C, та значеннями відносної вологості повітря f_j, %

З рис. 7.8 видно, що при збільшенні температури та зменшенні відносної вологості повітря шар випаровування збільшується, а при зменшенні температури та збільшенні відносної вологості повітря – зменшується.

При 0°С або від'ємних температурах повітря та відносній вологості повітря більшій ніж 85-90%, випаровування з поверхні немає.

Для розрахунку випаровування в районі лиману температура повітря визначалась з використанням зв'язків між її значеннями на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» та на метеостанції «Одеса-Обсерваторія», які визначались для кожного місяця року (табл. 7.3), а відносна вологість повітря бралась за даними метеостанції «Одеса-Обсерваторія» (рис. 7.9).

Таблиця 7.3 – Рівняння зв'язків між середньомісячними температурами повітря (°С) на метеорологічному посту «Одеса-Куяльник» T_K і метеостанції «Одеса-Обсерваторія» T_O й коефіцієнти кореляції r між ними

Місяць	Рівняння зв'язку	r	Місяць	Рівняння зв'язку	r
I	$T_{K,\,I} = 1{,}17 \cdot T_{O,\,I} + 0{,}4$	0,995	VII	$T_{K,\,VII} = 1{,}34 \cdot T_{O,\,VII} - 5{,}7$	0,818
II	$T_{K,\,II} = 1{,}15 \cdot T_{O,\,II} + 0{,}7$	0,970	VIII	$T_{K,\,VIII} = 1{,}08 \cdot T_{O,\,VIII} + 0{,}1$	0,970
III	$T_{K,\,III} = 1{,}12 \cdot T_{O,\,III} + 0{,}9$	0,993	IX	$T_{K,\,IX} = 0{,}97 \cdot T_{O,\,IX} + 2{,}1$	0,980
IV	$T_{K,\,IV} = 1{,}10 \cdot T_{O,\,IV} + 0{,}8$	0,958	X	$T_{K,\,X} = 1{,}58 \cdot T_{O,\,X} - 5{,}6$	0,991
V	$T_{K,\,V} = 0{,}98 \cdot T_{O,\,V} + 2{,}7$	0,964	XI	$T_{K,\,XI} = 1{,}25 \cdot T_{O,\,XI} - 0{,}9$	0,982
VI	$T_{K,\,VI} = 1{,}60 \cdot T_{O,\,VI} - 9{,}8$	0,818	XII	$T_{K,\,XII} = 0{,}99 \cdot T_{O,\,XII} + 0{,}2$	0,988

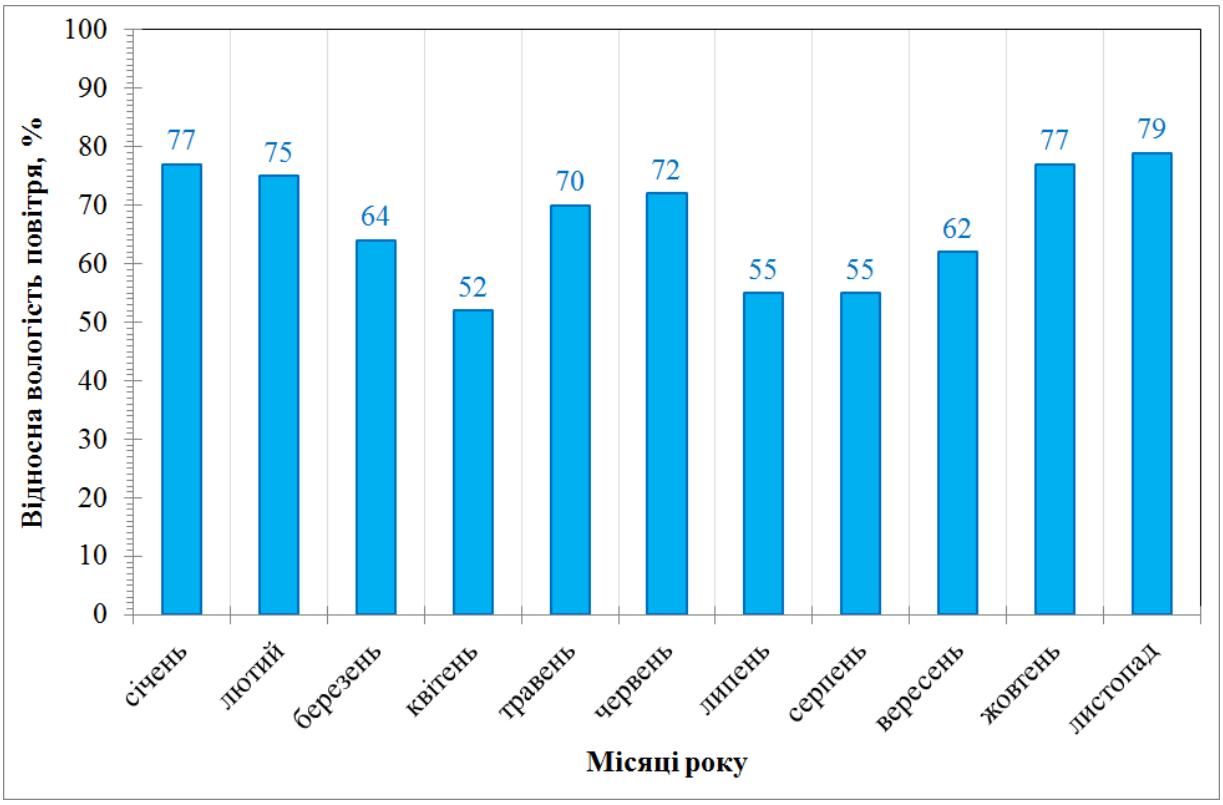

Рисунок 7.9 – Середньомісячні значення відносної вологості повітря (%) поблизу Куяльницького лиману на метеостанції «Одеса-Обсерваторія» за період січень-листопад 2020 р.

7.5 Визначення об’ємів припливу морських вод через трубопровід «море-лиман» та їх мінералізації

Об’єми припливу морських вод через трубопровід «море-лиман» $W_{м,\,j}$, млн. м^3, за розрахунковий місяць (j) визначались за формулою

$$W_{м,\,j} = 86400\, N_j\, Q_{м,\,j}\, 10^{-6}, \qquad (7.10)$$

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

$Q_{м,\,j}$ – середні за місяць витрати води в на виході з трубопроводу, м^3/с;

86400 – кількість секунд в одній добі, с;

10^{-6} – коефіцієнт розмірності, який переводить розраховані дані з м^3 в млн. м^3.

При моделюванні водно-сольового балансу Куяльницького лиману щомісячні витрати води в трубопроводі «море-лиман» приймалась рівними 1,00 м^3/с, що відповідає даним вимірювань у грудні 2020 р. (Додаток Б, табл. Б.2) та за період з 2015 по 2018 рр. [10-12].

7.6 Загальний аналіз результатів визначення рівнів та мінералізації води в лимані у 2020 році та пропозиції до визначення можливих шляхів підвищення водності лиману

У розділі 2 на рис. 2.2 показана мінливість позначок середньомісячних рівнів води Куяльницького лиману за період січень-листопад 2020 р., з якого видно, що в продовж 2020 р. середньомісячний рівень води в лимані зменшився на 0,20 м (з позначки мінус 6,46 м БС – у січні, до позначки мінус 6,66 м БС – у листопаді). За цей же період площа водної поверхні зменшалась – на 8,5 млн. м^2 (з 35,6 до 27,1 млн. м^2), а об’єм води – на 6,6 млн. м^3 (з 17,8 до 11,2 млн. м^3).

Зменшення рівня та об’єму води в лимані у 2020 р. пов’язано з тим, що втрати води на випаровування з водної поверхні (23,2 млн. м^3) на 6,6 млн. м^3 перевищили об’єм надходження води до лиману (16,6 млн. м^3, з них: 52,4% або 8,7 млн. м^3 – морська вода, 42,8% або 7,1 млн. м^3 – атмосферні опади, 4,8% або 0,8 млн. м^3 – вода інших приток лиману).

Якщо б морська вода у 2020 р. в лиман не надходила, то у листопаді об’єм води у лимані дорівнював би 2,5 млн. м^3, а позначка рівня води становила б лише мінус 7,10 м БС, тобто лиман вже б майже повністю висох.

Забезпечення *«доброго екологічного стану»* лиману можливе при підтриманні мінералізації води у водоймі в діапазоні **від 40 до 250 г/дм^3** – найбільш сприятливі умови солоності для повноцінного функціонування специфічних гідробіонтів лиману або так званої «бальнеологічної біоти», насамперед зяброногого рачка *Artemia salina* [37-39].

Однак, в останні два посушливі 2019 та 2020 роки тривалість та, відповідно, об'єми надходження морських вод до лиману зменшуються. Тому підтримання мінералізації води лиману в необхідному діапазоні значно ускладняється. Однією з основних, крім інших, умов подачі морської води з Одеської затоки до Куяльницького лиману є умова, яка вказана в чинних *«Правилах експлуатації гідротехнічної споруди зі з'єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки»* [14]. Її зміст є наступним: *«Початок подачі води в осінньо-зимовий період призначається на дату переходу температури води в Одеській затоці через 8ºС в сторону зниження, припинення подачі води в весінній період визначається датою переходу температури води в Одеській затоці через 8ºС в сторону підвищення»*.

Діюче обмеження було рекомендовано Інститутом морської біології НАН України. Тому питання зміни умов та можливих заходів дотримання цих умов для забезпечення більш тривалої подачі морської води у осінньо-зимовий та/або зимово-весняний періоди повинно обговорюватись в першу чергу з авторами даного обмеження, тобто з Інститутом морської біології НАН України.

У зв'язку з цим рекомендуємо організувати та провести спеціалізований семінар за участю провідних фахівців зацікавлених наукових установ. Вчені ОДЕКУ, зі свого боку, готові залучися до публічного наукового обговорення встановленого обмеження щодо температури морської води. Таким чином, звертаємо увагу на наступне:

1) необхідно терміново розробити науково та експериментально обґрунтовані обмеження за температурою морської води щодо поповнення нею Куяльницького лиману з урахуванням поточних занадто високих значень мінералізації води в лимані, які теоретично мають значно зменшувати вірогідність розвитку небезпечних біологічних і біохімічних процесів;

2) у лютому 2015 р. у своїх зауваженнях до проекту зазначених правил експлуатації, фахівці ОДЕКУ пропонували викласти відповідний пункт правил у такій редакції: «Початок подачі води в осінньо-зимовий період призначається на дату переходу температури води в Одеській затоці через 10ºС в сторону зниження, припинення подачі води в весінній період визначається датою переходу температури води в Одеській затоці через 8ºС в сторону підвищення» (такий підхід ураховує, що в осінній період води лиману вихолоджуються швидше ніж морські);

3) в період надто посушливих років, з аномально малою кількістю атмосферних опадів і, відповідно, суттєво меншими обсягами стоку прісних вод з водозбору до лиману [40-42], що спостерігалося 2019-2020 рр., поповнення Куяльницького лиману морською водою повинно здійснюватися в значно більших обсягах ніж 10 млн. $м^3$ на рік.

Слід зазначити, що вкрай посушливі кліматичні умови 2019-2020 рр. також спонукають на пошук і наукове обґрунтування додаткових джерел надходження до лиману якісної води. Крім того, поповнення лиману морською водою, яке тривало шість сезонів поспіль і було лише тимчасовою мірою, більше не може розглядатися як основний спосіб компенсації дефіциту водного балансу лиману. Кількість солей, яка потрапила в лиман з морською водою, становить майже 1 млн. тон, що дорівнює приблизно 10% від початкової ваги солей в лимані (до запуску морської води в грудні 2014 р.).

Альтернативними джерелами наповнення лиману можуть бути: очищені стічні води на виході з СБО «Північна», води Хаджибейського лиману, води річки Дністер (перекид води наземними водоводами або з використанням мережі зрошувальних систем), підземні води.

Тому в 2021 р. пропонується провести «Наукові дослідження наповнення Куяльницького лиману прісною водою з альтернативних джерел», які планувалися у 2020 р. в Регіональній програмі збереження і відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2019-2023 роки [2], але не були проведені у зв’язку з відсутністю коштів.

ВИСНОВКИ

Основними висновками, отриманими за результатами обстежень, вимірювань, обчислень та аналізу при виконанні НДР згідно з ТЗ, є наступні.

1. За результатами вимірювань рівнів води встановлено:

- рівні води в Одеській затоці 9 грудня 2020 р. дорівнювали позначці мінус 0,04 м БС;
- рівні води в Куяльницькому лимані 9 грудня 2020 р. дорівнювали позначці мінус 6,62 м БС;
- у період з січня по листопад 2020 р. рівень води лиману в середньому дорівнював позначці мінус 6,47 м БС;
- порівнюючи рівні води в лимані у січні-грудні 2020 р. з аналогічними періодами минулих років слід зазначити, що вони в середньому на 0,20 м нижчі ніж рівні води у 2015-2019 рр. (роки з періодичною подачею морської води в лиман), і тільки при порівнянні з середнім рівнем води у січні-листопаді 2014 р. (останнім роком до початку поповнення лиману морською водою) можна побачити те, що рівень води у січні-листопаді 2020 р. є вищим на 0,16 м.

2. За даними вимірювань мінералізації води у грудні 2020 р. визначено:

- середня мінералізація води в лимані 9 грудня 2020 р. дорівнювала значенню 228 г/дм^3;
- в акваторії лиману найменшою мінералізація води була в південній частині водойми (193,4 г/дм^3), найбільшою – в середній (271,1 г/дм^3), а в північній – майже дорівнювала середньому по водоймі значенню (218,7 г/дм^3);
- за ступенем мінералізації вода в лимані належала до розсолів;
- при порівнянні середньої мінералізації води в лимані у грудні 2020 р. (228 г/дм^3) з середніми значеннями мінералізації води у грудні минулих років (включно з першим роком поповнення лиману морською водою та останнім роком до його початку) встановлено, що вона є більша: на 73 г/дм^3 ніж у грудні 2018 р., на 26 г/дм^3 ніж у 2017 р., на 54 г/дм^3 ніж у 2016 р., на 83 г/дм^3 ніж у 2016 р. та на 36 г/дм^3 ніж у 2014 р.

3. Порівняння величин сухого і прожареного залишку розчинених у воді лиману речовин показало, що значення сухого залишку (сумарного вмісту розчинених неорганічних та органічних речовин) в середньому на 35,2% вище ніж значення прожареного залишку (вмісту лише неорганічних речовин), тому мінералізацію води в лимані слід визначати лише за прожареним залишком.

4. Встановлено, що під час подачі морської води в лиман у січні-квітні 2020 р. її температура була нижче 8,0°С лише до 06.04.2020 р., а після цієї дати вона була вище 8,0°С аж до 11.12.2020 р. Станом на 12.12.2020 р. температура води, яка надходить в лиман крізь трубопровід «море-лиман», становила 5,4°С.

5. За даними натурних спостережень визначено, що:

- морська вода, яка надходила в лиман 12 грудня 2020 р., на виході з трубопроводу була жовтувато-коричневого кольору, без запаху при 20°С та з дуже слабким землистим запахом при 60°С, мала густину 1009 кг/м^3, була з прозорістю 7,1 см за стандартним шрифтом та 0,30 м за білим диском Секкі, була з дуже невеликим вмістом завислих речовин (значення мутності води дорівнювало 0,075 г/дм^3), належала до слабколужних вод (значення pH води становило 8,26), а за ступенем мінералізації була солона (мінералізація води дорівнювала 13,40 г/дм^3);
- вода лиману була жовтувато-коричневого кольору, без запаху та з дуже слабким ароматним (малиновим!) запахом при 20°С і з рибним запахом інтенсивністю 1-2 бали при 60°С, належала до слабколужних вод (середнє значення pH складає 7,55). Середній вміст завислих у воді речовин становить 0,65 г/дм^3, а середня прозорість води (за стандартним шрифтом) – 18,0 см. Густина води в середньому дорівнювала 1176 г/дм^3.

6. Встановлено, що подача морської води до лиману крізь трубопровід «море-лиман» розпочалася у другій половині дня 11.12.2020 р. Поточна витрата морської води, яка 12.12.2020 р. надходила з Одеської затоки до південно-східної частини Куяльницького лиману крізь трубопровід «море-лиман» дорівнює величині 1,00 м^3/с, яка відповідає проектному значенню витрати води.

7. Для визначення величини витрати води і розрахунку об’єму припливу морських вод до Куяльницького лиману крізь трубопровід «море-лиман» пропонується застосовувати зв’язок між витратами морської води (Q, м^3/с) на виході з трубопроводу та позначками рівнів води (ζ, м БС) в Одеські затоці, який було апроксимовано у вигляді лінійного рівняння: $Q = 1,25 + 0,5 \cdot \zeta$.

8. Під час гідрологічного обстеження встановлено, що 9 грудня 2020 р. дуже незначний приплив прісної води відбувався лише в південну частину лиману (сумарний добовий об’єм – до 2,5 тис. м^3), а стік річок і балок у середню та північну частини лиману під час обстежень дорівнював нулю. Надходження в лиман завислих та інших наносів також було відсутнє. Вода скидного лотка з пересипу, яка надходила в південно-західну частину лиману з витратою 0,028 м^3/с, була коричнювато-жовтого кольору, слабкосолоною (мінералізація – 1,25 г/дм^3, густина – 1001 кг/м^3), дуже прозора (прозорість за білим диском Секкі була до дна – 0,33 м, а за стандартним шрифтом – більше 50 см), без завислих речовин (мутність води дорівнювала 0,000 г /дм^3) та належала до слабколужних вод (pH = 7,50).

9. У 2020 р. були перевірені, встановлені раніше рівняння зв’язків між значеннями питомої електропровідності, густини та мінералізації води (за прожареним залишком) в лимані, морі та річках, які знову рекомендуються для експрес-визначення мінералізації води цих водних об’єктів.

10. Порівнюючи середньорічні значення мінералізації води в умовах подачі морської води в лиман та за її відсутності встановлено, що фактичні значення в порівнянні з розрахунковими є менші, тобто за умов подачі морської води мінералізація води в лимані зменшується, а без її подачі – збільшується. Крім того, за період з 2015 по 2019 рр. за рахунок подачі морської води лиман додатково поповнився на 62,3 млн. м^3, а прирощення рівня води в лимані склало майже 1,5 м. Тобто, лиман врятовано від майже повного висихання.

11. За результатами розрахунків складових водного балансу лиману встановлено, що в продовж 2020 р. середньомісячний рівень води в лимані зменшився на 0,20 м (з позначки мінус 6,46 м БС – у січні, до позначки мінус 6,66 м БС – у листопаді). За цей же період площа водної поверхні зменшалась – на 8,5 млн. м^2 (з 35,6 до 27,1 млн. м^2), а об’єм води – на 6,6 млн. м^3 (з 17,8 до 11,2 млн. м^3). Зменшення рівня та об’єму води в лимані у 2020 р. пов’язано з тим, що втрати води на випаровування з водної поверхні (23,2 млн. м^3) на 6,6 млн. м^3 перевищили об’єм надходження води до лиману (16,6 млн. м^3, з них: 52,4% або 8,7 млн. м^3 – морська вода, 42,8% або 7,1 млн. м^3 – атмосферні опади, 4,8% або 0,8 млн. м^3 – вода інших приток лиману). Якщо б морська вода у 2020 р. в лиман не надходила, то у листопаді об’єм води у лимані дорівнював би 2,5 млн. м^3, а позначка рівня води становила б лише мінус 7,10 м БС, тобто лиман вже б майже повністю висох.

12. У підсумку, слід зазначити, що в останні два роки тривалість та, відповідно, об’єми надходження морських вод до лиману зменшуються. Тому підтримання мінералізації води лиману в необхідному діапазоні значно ускладнюється. Вкрай посушливі кліматичні умови 2019-2020 рр. підштовхують на пошук і наукове обґрунтування додаткових джерел надходження до лиману якісної води. Крім того, поповнення лиману морською водою, яке тривало шість сезонів поспіль і було лише тимчасовою мірою, більше не може розглядатися як основний спосіб компенсації дефіциту водного балансу лиману. Альтернативними джерелами наповнення лиману можуть бути: очищені стічні води на виході з СБО «Північна», води Хаджибейського лиману, води річки Дністер (перекид води наземними водоводами або з використанням мережі зрошувальних систем), підземні води. Тому в 2021 р. пропонується провести «Наукові дослідження наповнення Куяльницького лиману прісною водою з альтернативних джерел», які заплановані в Регіональній програмі збереження і відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2019-2023 роки.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі зроблених вище висновків, отриманих за результатами виконання НДР згідно вимог ТЗ, пропонуються наступні рекомендації.

1. З урахуванням висновку 3 рекомендується мінералізацію води в Куяльницькому лимані вимірювати за величиною прожареного залишку розчинених у воді речовин.

2. На основі висновку 7 рекомендується при розрахунках об’ємів припливу морських вод з Одеської затоки до Куяльницького лиману крізь трубопровід «море-лиман» застосовувати рівняння зв’язку між рівнями води в Одеській затоці та витратами води в трубопроводі: $Q = 1{,}25 + 0{,}5 \cdot \zeta$.

3. На підставі висновку 9 рекомендується для експрес-визначення (тривалістю не більше 5 хв.) мінералізації води в лимані, морі, річках, балках і скидних лотках використовувати лінійні рівняння зв’язків між значеннями питомої електропровідності, густини та мінералізації води (за прожареним залишком), показаних на рис. 2.24-2.26 та в табл. 2.1.

4. Рекомендуємо організувати та провести спеціалізований семінар за участю провідних фахівців зацікавлених наукових установ і закладів вищої освіти (у тому числі вчених ОДЕКУ) для публічного наукового обговорення можливості зміни обмежень щодо температури морської води з метою забезпечення більш тривалої подачі морської води в Куяльницький лиман у осінньо-зимовий та/або зимово-весняний періоди.

5. З урахуванням висновку 12 рекомендується у наступному році провести «Наукові дослідження наповнення Куяльницького лиману прісною водою з альтернативних джерел», які заплановані в Регіональній програмі збереження і відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2019-2023 роки.

6. Рекомендується продовжити гідрологічні обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у майбутньому на базі вже створеної ОДЕКУ мережі гідрологічних постів в басейні лиману та на узбережжі Одеської затоки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Договір про закупівлю послуг № 25 від 07.12.2020 р. між ОДЕКУ та Департаментом екології та природних ресурсів Одеської облдержадміністрації Доступно за посиланням: https://zakupki.prom.ua/gov/contracts/d9d655e1d99d4acc85baa017e190f59f
2. Регіональна програма збереження і відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2019-2023 роки, затверджена рішенням Одеської обласної ради № 1095-VII від 25.10.2019 р. Доступно за посиланням: https://oda.odessa.gov.ua/statics/pages/files/5dc14f6901216.pdf
3. Закон України «Про оголошення природної території Куяльницького лиману Одеської області курортом державного значення» від 5 грудня 2018 року № 2637-VIII. Доступно за посиланням: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2637-19#Text
4. Закону України «Про курорти» 5 жовтня 2000 року № 2026-III. Доступно за посиланням: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2026-14#Text
5. Порядок здійснення державного моніторингу вод, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. Доступно за посиланням: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text
6. Щорічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші. Ч. 1, 2. Т. 2. Вип. 1. Київ: ЦГО ім. Бориса Срезневського, 2019-2020.
7. Журнал запису щоденної інформації ГП-25 (лиман Куяльницький – Одеса, лиман Хаджибейський – Усатове). Одеса: ГМЦ ЧАМ, 2019-2020.
8. Weather archive in Odesa (weather station number: 33837). Доступно за посиланням: https://rp5.ua/Weather_archive_in_Odesa
9. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: монографія / за ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Од. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/648/
10. 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. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/4345/

11. 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. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/4347/

12. Науково-дослідні роботи з гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2018 році. Звіт про НДР остаточний (наук. кер. О. М. Гриб). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0118U000999, 2018, 262 с. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/4348/

13. Наказ Департаменту екології та природних ресурсів Одеської облдержадміністрації від 25.02.2015 р. № 17 «Про затвердження Програми «Оцінка і створення систему моніторингу та єдиної бази даних щодо стану природних ресурсів в басейні Куяльницького лиману та проведення експедиційних досліджень стану ресурсів в басейні».

14. Правила експлуатації гідротехнічної споруди зі з’єднання Куяльницького лиману та Одеської затоки. Одеса: Державний регіональний проектно-вишукувальний інститут «Укрпівдендіпроводгосп», 2015. 36 с.

15. Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін. Звіт про НДР проміжний (наук. кер. Н. С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0115U000631, 2015, 394 с. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/983/

16. Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін. Звіт про НДР заключний (наук. кер. Н. С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0115U000631, 2016, 352 с. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/1828/

17. Гідроекологічний стан річок та водойм України в умовах антропогенного впливу. Звіт про НДР заключний (наук. кер. Н. С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0113U007292, 2017, 345 с. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/945/

18. Гідроекологічний стан річок та водойм України в умовах антропогенного впливу. Звіт про НДР заключний (наук. кер. Н. С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0113U007292, 2017, 345 с.

19. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Ч. II. Гидрологические наблюдения на постах. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 264 с.

20. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 384 с.

21. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть II. Гидрологические наблюдения и работы на малых реках. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 267 с.

22. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 7. Часть I. Гидрологические наблюдения на озёрах и водохранилищах. Л.: Гидрометеоиздат, 1957. 240 с.

23. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Часть I. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 312 с.

24. Алёкин О. А., Семёнов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 270 с.

25. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семёнова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 542 с.

26. Унифицированные методы анализа вод / Под. общ. ред. Ю. Ю. Лурье. Л.: Изд-во «Химия», 1971. 376 с.

27. Кондуктометр ЭКСПЕРТ-002. Руководство по эксплуатации и методика поверки. КТЖГ.414311.004 РЭ. М.: ООО «ЭКОНИКС-ЭКСПЕРТ», 2005, 23 с.

28. pH-метр pH-150M. Руководство по эксплуатации. 1Е2.840.858 РЭ.

29. Garmin. GPS 72. Руководство пользователя. Garmin, 58 с. http://www.garmin.com.

30. Перелік галузевих стандартів і прирівняних до них інших нормативних документів колишнього СРСР, які будуть використовуватися у гідрометеорологічній діяльності до 01.01.2025 р., затверджений наказом Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 31.08.2017 р. № 473.

31. Loboda N., Hryb O., Yarov Ya., Pylypiuk V., Balan A. Monitoring of coastal protective strips of the Velykyi Kuyalnyk River and recommendations for their state improvement in the future, International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2020», December 7-9, 2020, Lviv, Ukraine. P. 1-5. URL: https://openreviewhub.org/geoterrace/paper-2020/monitoring-coastal-protective-strips-velykyi-kuyalnyk-river-and

32. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: монографія / За ред. Ю. С. Тучковенко, Є. Д. Гопченко. Одесса: ТЭС, 2011. 224 с. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/654/

33. Степаненко С. Н. Причины обмеления Куяльницкого лимана и пути его спасения. Одесса. Экология, 2013. 35 с. Доступно за посиланням: http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Kniga_2013_S.N.Stepanenko.pdf

34. Розенгурт М. Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. К.: Наук. думка, 1974. 225 с.

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

36. Константинов А. Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 532 с.

37. N. S. Loboda, O. M. Gryb. Hydroecological Problems of the Kuyalnyk Liman and Ways of Their Solution / Hydrobiological J. 2017. V. 53. I. 6. P. 87-95.

38. 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.

39. Н. С. Лобода, Ю. С. Тучковенко, О. М. Гриб, Д. В. Кушнір Обґрунтування ефективності заходів по відновленню стоку річки Великий Куяльник з метою стабілізації гідрологічного режиму Куяльницького лиману на початку XXI сторіччя (до 2030 р.) // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. К.: Ніка-Центр, 2019. С. 100-115. Доступно за посиланням: http://eprints.library.odeku.edu.ua/6655/

40. Гриб О. М. Наукове обґрунтування та практична реалізація заходів по управлінню гідроекологічним режимом Куяльницького лиману на основі моделювання водно-сольового балансу водойми в умовах змін глобального клімату // Наук. записки Терноп. нац. Педагог. ун-ту ім. Володимира Гнатюка // Серія: Біологія. Спецвипуск: Гідроекологія. 2015. № 3-4 (64). С. 130-133. Доступно за посиланням: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPU_2015_3-4_33

41. Тучковенко Ю. С., Кушнір Д. В., Лобода Н. С. Результати чисельного моделювання внутрішньорічної мінливості гідрологічних характеристик Куяльницького лиману за різних обсягів стоку річки Великий Куяльник / Український гідрометеорологічний журнал. 2017. № 20. С. 105-119. DOI: https://doi.org/10.31481/uhmj.20.2017.13

42. Лобода Н. С., Куза А. М., Козлов О. М. Оцінка можливих змін водних ресурсів річок водозбору Куяльницького лиману на початку XXI сторіччя (2021-2050 рр.) за моделями кліматичного сценарію RCP4.5 / Український гідрометеорологічний журнал. 2019. № 23. С. 42-53. DOI: https://doi.org/10.31481/uhmj.23.2019.05

Додаток А Картосхема маршруту гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки

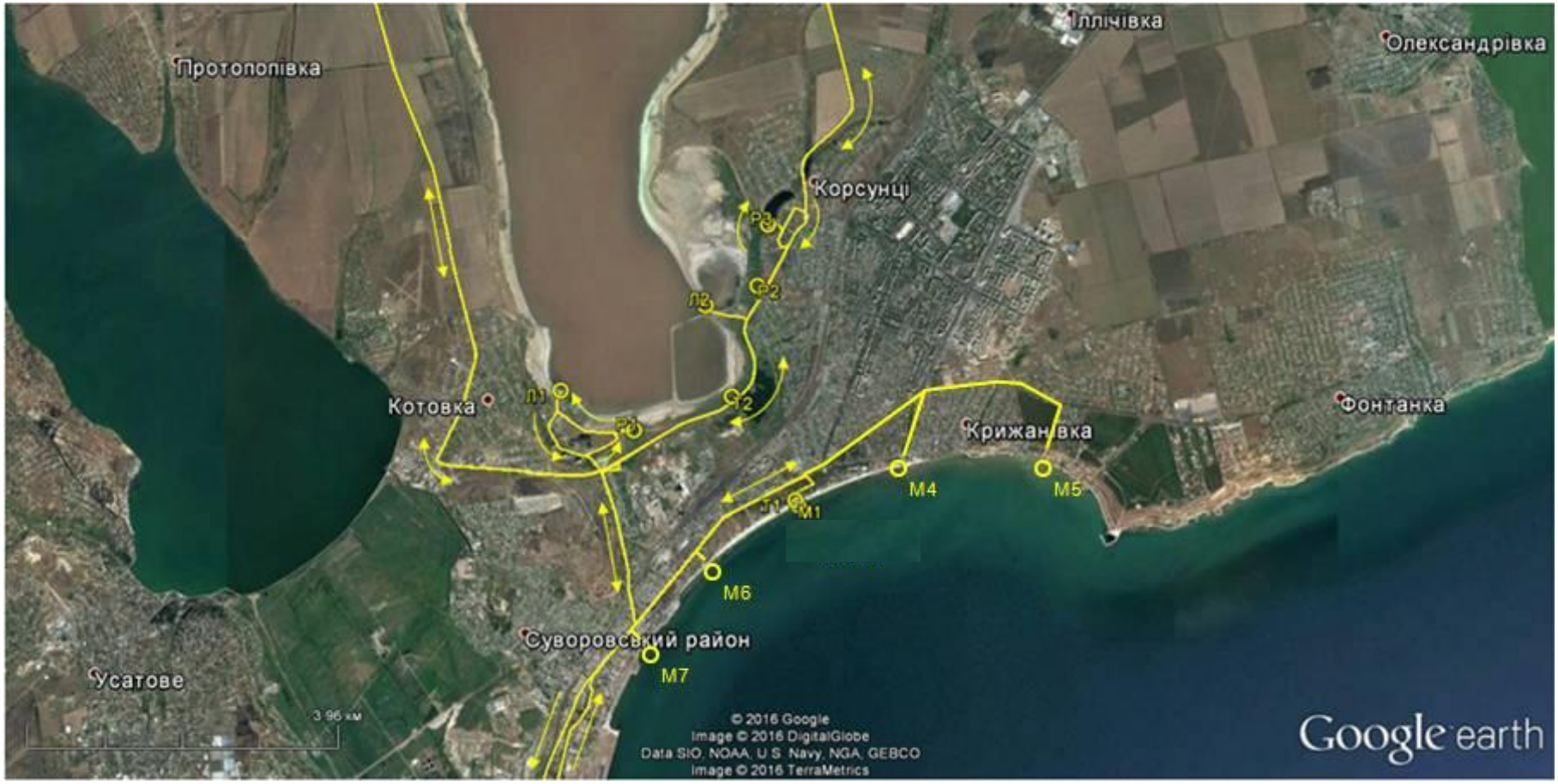

Рис. А.1 – Картосхема маршруту гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 р. (частина 1): М1 – Лузанівський парк; М4 – с. Крижанівка; М5 – с. Ліски; М6 – готель «Дім Павлових»; М7 – в районі труби з СБО «Північна»; Т1 – колодязь трубопроводу з сторони моря; Л1 – санаторій ім. Пирогова; Р1 – гирло скидного лотка з ставків пересипу; Т2 – гирло трубопроводу «море-лиман»; Л2 – старий солепромисел (ділянка видобутку лікувальних грязей); Р2 – гирло скидного лотка з ВНС № 5; Р3 – гирло балки Корсунцівська

Рис. А.2 – Картосхема маршруту гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 р. (частина 2): Р4 – гирло балки Гільдендорфська; А1 – акваторія лиману в створі балки Гільдендорфська; Р5 – гирло річки Кубанка; А2 – акваторія лиману в створі річки Кубанка

Рис. А.3 – Картосхема маршруту гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 р. (частина 3): Р6 – гирло річки Довбока; А3 – акваторія лиману в створі річки Довбока; Л3 – ділянка ЛЕП у верхній частині лиману (с. Ковалівка)

Рис. А.4 – Картосхема маршруту гідрологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 р. (частина 4): Р7 – гирлова ділянка річки Великий Куяльник (південніше с. Северинівка)

Додаток Б Результати гідрологічних обстежень стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки у 2020 році

Таблиця Б.1 – Результати гідрологічних обстежень (дані вимірювань ОДЕКУ) стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки 9 грудня 2020 року (1-й виїзд)

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Назва водного об’єкта	Місце/точка відбору проб та вимірювань	Координати точки (WGS 84), °	
				північна широта	східна довгота
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
1	М1	Одеська затока	уріз води (трубопровід «море-лиман») / поверхневий шар	46,55246	30,76798
2	М4	Одеська затока	у берега (с. Крижанівка) / поверхневий шар	46,55636	30,78600
3	М5	Одеська затока	у берега (с. Ліски) / поверхневий шар	46,55690	30,80890
4	М6	Одеська затока	у берега (готель «Дім Павлових») / поверхневий шар	46,54473	30,75142
5	М7	Одеська затока	у берега (труба з СБО «Північна») / поверхневий шар	46,53493	30,74115
6	Т1	трубопровід «море-лиман»	колодязь з сторони моря / поверхневий шар	46,55292	30,76742
7	Т2	трубопровід «море-лиман»	гирло труби з сторони лиману / поверхневий шар	46,56493	30,75679
8	Р1	скидний лоток з пересипу	гирлова ділянка лотка / поверхневий шар	46,56111	30,74038
9	Р2	скидний лоток з ВНС № 5	гирлова ділянка лотка / поверхневий шар	46,57792	30,76036
10	Р3	балка Корсунцівська	гирлова ділянка балки / поверхневий шар	46,58471	30,76291
11	Р4	балка Гільдендорфська	гирлова ділянка балки / поверхневий шар	46,61168	30,75628
12	Р5	річка Кубанка	гирлова ділянка річки / поверхневий шар	46,67184	30,73050
13	Р6	річка Довбока	гирлова ділянка річки / поверхневий шар	46,70817	30,66999
14	Р7	річка Великий Куяльник	гирлова ділянка річки / поверхневий шар	46,80187	30,59222
15	Л1	Куяльницький лиман	район санаторію ім. І.І. Пирогова / поверхневий шар	46,56621	30,72852
16	Л2	Куяльницький лиман	ділянка старого солепромислу / поверхневий шар	46,57558	30,75217
17	Л3	Куяльницький лиман	в створі ЛЕП (с. Ковалівка) / поверхневий шар	46,71105	30,62111
18	А1	Куяльницький лиман	в створі балки Гільдендорфська / поверхневий шар	46,61173	30,75348
19	А2	Куяльницький лиман	в створі річки Кубанка / поверхневий шар	46,66918	30,72316
20	А3	Куяльницький лиман	в створі річки Довбока / поверхневий шар	46,70215	30,66729

Продовження табл. Б.1

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Час відбору проб та вимірювань, год., хв.	Об'єм проби, $см^3$	Температура води, °С	Рівень води, см ум.	Висота поверхні, води, м БС	Прозорість води		Ширина по поверхні води (дну, льоду), м	Товщина льоду / снігу, м
							за диском білим (Секкі), м	за стандартним шрифтом, см		
1	***2***	***7***	***8***	***9***	***10***	***11***	***12***	***13***	***14***	***15***
1	М1	07 год. 50 хв.	2490	3,4	–	-0,05	0,15	3,5	–	–
2	М4	08 год. 25 хв.	2535	4,0	–	–	0,15	3,0	–	–
3	М5	08 год. 50 хв.	2495	4,6	-119	–	0,10	2,5	–	–
4	М6	07 год. 30 хв.	2490	3,6	–	–	0,15	5,8	–	–
5	М7	07 год. 15 хв.	2090	2,4	–	–	0,20	4,1	–	–
6	Т1	08 год. 10 хв.	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Т2	10 год. 15 хв.	–	–	–	–	–	–	4,46 (по дну)	–
8	Р1	09 год. 30 хв.	2445	1,3	-51	–	0,33 (до дна)	>50	1,20	–
9	Р2	10 год. 40 хв.	2470	7,0	–	–	0,50 (до дна)	>50	0,20 (в створі)	–
10	Р3	10 год. 50 хв.	2270	2,5	-60	–	0,50 (до дна)	6,9	0,20 (в створі)	–
11	Р4	11 год. 20 хв.	–	–	–	–	–	–	1,20 (по дну)	–
12	Р5	11 год. 55 хв.	2470	0,2	–	–	0,50 (до дна)	19,5	12,5 (по льду)	0,04
13	Р6	13 год. 00 хв.	–	–	–	–	–	–	16,5 (по дну)	–
14	Р7	14 год. 20 хв.	–	–	–	–	–	–	19,5 (по дну)	–
15	Л1	09 год. 45 хв.	2510	-0,2	-33	-6,63	0,30	17,0	–	–
16	Л2	10 год. 25 хв.	2520	0,0	-42	-6,62	0,30	15,0	–	–
17	Л3	14 год. 55 хв.	2495	0,6	–	–	0,10 (до дна)	6,9	–	–
18	А1	11 год. 25 хв.	2500	1,5	–	–	0,50 (до дна)	26,8	–	–
19	А2	12 год. 10 хв.	2510	1,5	–	–	0,50 (до дна)	16,0	–	–
20	А3	13 год. 20 хв.	2520	1,0	–	–	0,10 (до дна)	26,5	–	–

Продовження табл. Б.1

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Характеристика кольору води	Запах води				pH води, од. pH	Глибина на вертикалі, м	Мутність води (вміст завислих у воді речовин), г/дм^3	Питома електропровідність води, мСм/см
			при 20°C		при 60°C					
			вид	бал	вид	бал				
1	***2***	***16***	***17***	***18***	***19***	***20***	***21***	***22***	***23***	***24***
1	М1	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,15	0,50	0,644	22,815
2	М4	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,22	0,50	0,134	23,340
3	М5	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,18	1,00	0,141	23,230
4	М6	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,22	0,50	0,878	23,055
5	М7	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,07	0,50	0,299	23,125
6	Т1	–	–	–	–	–	–	0,00	–	–
7	Т2	–	–	–	–	–	–	0,00	–	–
8	Р1	коричнювато-жовтий	трав'янистий	1	трав'янистий	1	7,50	0,33	0,000	2,290
9	Р2	жовтий	хлорний	1	хлорний	3	8,00	0,50	0,000	0,678
10	Р3	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	2	7,70	0,50	0,144	5,600
11	Р4	–	–	–	–	–	–	0,00	–	–
12	Р5	коричнювато-жовтий	без запаху	0	рибний	2	8,54	0,50	0,002	24,580
13	Р6	–	–	–	–	–	–	0,00	–	–
14	Р7	–	–	–	–	–	–	0,00	–	–
15	Л1	жовтувато-коричневий	ароматний	1	рибний	2	7,76	0,50	0,087	150,500
16	Л2	жовтувато-коричневий	без запаху	0	рибний	1	7,47	0,50	0,215	215,250
17	Л3	жовтувато-коричневий	без запаху	0	рибний	2	7,64	0,10	2,669	188,950
18	А1	жовтувато-коричневий	без запаху	0	рибний	1	7,48	0,50	0,197	217,250
19	А2	жовтувато-коричневий	без запаху	0	рибний	1	7,48	0,50	0,312	217,400
20	А3	жовтувато-коричневий	без запаху	0	рибний	1	7,48	0,10	0,428	217,250

Продовження табл. Б.1

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Густина води, кг/м^3	Сухий залишок розчинених у воді речовин, г/дм^3	Прожарений залишок розчинених у воді речовин (мінералізація води), г/дм^3	Середня швидкість течії, м/с	Напрям течії води	Витрата води, м^3/с	Витрата завислих наносів (речовин), г/с
1	***2***	***25***	***26***	***27***	***28***	***29***	***30***	***31***
1	М1	1010	15,732	13,070	1,00	до берега, на північний захід	–	–
2	М4	1009	17,114	12,918	1,00	до берега, на північний захід	–	–
3	М5	1010	15,058	12,946	0,01	до берега, на північний схід	–	–
4	М6	1010	15,633	12,958	1,00	до берега, на північний захід	–	–
5	М7	1010	14,535	12,685	1,00	до берега, на північний захід	–	–
6	Т1	–	–	–	–	–	–	–
7	Т2	–	–	–	–	–	0,000	0,000
8	Р1	1001	1,398	1,251	0,07	в лиман, на північ	0,028	0,000
9	Р2	1000	0,435	0,340	0,10	в лиман, на північний захід	0,001	0,000
10	Р3	1002	4,570	3,954	0,05	в лиман, на південний захід	<0,001	0,000
11	Р4	–	–	–	–	–	0,000	0,000
12	Р5	1011	20,698	14,583	0,00	течії немає	0,000	0,000
13	Р6	–	–	–	–	–	0,000	0,000
14	Р7	–	–	–	–	–	0,000	0,000
15	Л1	1088	161,656	108,953	0,04	до берега, на південний захід	–	–
16	Л2	1218	456,869	277,831	0,01	вздовж дамби, на південний захід	–	–
17	Л3	1132	245,957	165,751	0,00	течії немає	–	–
18	А1	1202	392,235	266,136	0,12	від берега, на південний захід	–	–
19	А2	1207	451,776	276,015	0,10	від берега, на південний захід	–	–
20	А3	1206	424,156	271,677	0,10	від берега, на південний захід	–	–

Таблиця Б.2 – Результати гідрологічних обстежень трубопроводу «море-лиман» 12 грудня 2020 року (2-й виїзд)

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Назва водного об’єкта	Місце/точка відбору проб та вимірювань	Координати точки (WGS 84), °	
				північна широта	східна довгота
6	Т1	трубопровід «море-лиман»	колодязь з сторони моря / поверхневий шар	46,55292	30,76742
7	Т2	трубопровід «море-лиман»	гирло труби з сторони лиману / поверхневий шар	46,56493	30,75679

Продовження табл. Б.2

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Час відбору проб та вимірювань, год., хв.	Об'єм проби, $см^3$	Температура води, °С	Рівень води, см ум.	Висота поверхні, води, м БС	Прозорість води		Ширина по поверхні води (дну, льоду), м	Товщина льоду / снігу, м
							за диском білим (Секкі), м	за стандартним шрифтом, см		
6	Т1	12 год. 25 хв.	2455	5,4	-157	-1,19	0,30	8,0	–	–
7	Т2	13 год. 00 хв.	2505	5,4	-75	–	0,20	7,1	1,04 (в трубі)	–

Продовження табл. Б.2

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Характеристика кольору води	Запах води				pH води, од. pH	Глибина на вертикалі, м	Мутність води (вміст завислих у воді речовин), $г/дм^3$	Питома електропровідність води, мСм/см
			при 20°С		при 60°С					
			вид	бал	вид	бал				
6	Т1	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,26	1,04	0,056	24,840
7	Т2	жовтувато-коричневий	без запаху	0	землистий	1	8,26	0,46	0,075	23,770

Продовження табл. Б.2

№ п/п	Позначення пункту обстеження	Густина води, $кг/м^3$	Сухий залишок розчинених у воді речовин, $г/дм^3$	Прожарений залишок розчинених у воді речовин (мінералізація води), $г/дм^3$	Середня швидкість течії, м/с	Напрям течії води	Витрата води, $м^3/с$	Витрата завислих наносів (речовин), г/с
6	Т1	1011	15,630	13,392	–	в лиман, на північний захід	–	–
7	Т2	1009	15,313	13,396	–	в лиман, на північний захід	1,00	75,0