

УДК 556.5:551.468.4

РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОЛОГІЧНОГО, ГІДРОХІМІЧНОГО, ГІДРОБІОЛОГІЧНОГО ТА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

Ю. С. Тучковенко¹, О. П. Гаркуша², О. М. Гриб¹, С. Г. Гуща³, Ю. М. Деньга⁴, К. С. Калашнік²,
Х. О. Коєва³, В. М. Коморін⁴, О. В. Кошелев², Г. Г. Мінічева², Н. С. Лобода¹, А. Л. Погребний³,
Ю. В. Олейнік⁴, С. М. Степаненко¹, О. І. Цуркан³

¹Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна,

science@odeku.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3275-9065>

²Інститут морської біології НАН України, вул. Пушкінська, 37, 65048, Одеса, Україна,

imb@nas.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0002-2550-5369>

³ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України»
65014, м. Одеса, пров. Лермонтовський, 6,

otsurkan75@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7816-5425>

⁴Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ),

Французький бульв. 89, 65009, Одеса, Україна,

aceem@te.net.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4847-0496>

Куяльницький лиман належить до групи закритих лиманів північно-західного Причорномор'я і є унікальним водним об'єктом загальнодержавного значення, віднесеним до категорії лікувальних. Природні території Куяльницького лиману оголошені курортом державного значення і входять до території національного природного парку «Куяльницький».

Мета роботи полягала у викладенні результатів гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки в 2021 році, у порівнянні з попередніми роками для визначення умов функціонування природної системи лиману, 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 його морською водою з Одеської затоки та зміни гідроекологічних чинників що відбуваються.

Загальний висновок полягає у тому, що завдяки поповненню лиману морською водою в холодний період 2020-2021 рр., збільшенню кількості атмосферних опадів та зменшенню випаровування з водної поверхні лиману в 2021 р., рівень води в Куяльницькому лимані підвищився, внаслідок чого його гідроекологічний стан суттєво покращився порівняно з 2020 р., але через забруднення нафтовими вуглеводнями, окремими токсичними та поліциклічними ароматичними вуглеводнями якість води в 2021 році оцінюється як задовільна. Якість донних відкладів Куяльницького лиману в екологічному сенсі оцінюється як дуже погана через забруднення нафтовими вуглеводнями, хлороорганічними пестицидами та поліциклічними ароматичними вуглеводнями. Фізико-хімічний склад колоїдних дисперсій пелоїдів Куяльницького лиману практично не відрізняється від попередніх років. За показниками Eh (2017-2021 рр.) та рН (2020-2021 рр.) якість пелоїдів ділянки, яка експлуатується санаторієм, не відповідала установленим кондиціям та Медичному (бальнеологічному) висновку. Санітарно-мікробіологічний стан пелоїдів у 2021 р. покращився порівняно з 2020 р., але все ж таки був незадовільним. Характер біологічної активності пелоїдів за різні періоди досліджень корелює з коливаннями загальної мінералізації. З метою збереження унікального родовища природних лікувальних ресурсів Куяльницького лиману нагальним є питання підтримання мінералізації ропи на рівні не вище 250 г/дм³.

Актуальним залишається вирішення таких проблем, як зменшення мінералізації вод в лимані шляхом збільшення надходження до нього чистих прісних вод з різних джерел замість морської води, яка містить солі; запобігання надходженню до лиману забруднень від антропогенних джерел (зі стоком вод з водотоків, які впадають до Куяльницького лиману: скидного лотка з пересипу, балок Корсунцівська та Гільдендорфська та ін.).

Ключові слова: Куяльницький лиман; гідрологічне, гідрохімічне, гідробіологічне, медико-біологічне обстеження; сучасний стан.

1. ВСТУП

Куяльницький лиман належить до групи закритих лиманів північно-західного Причорномор'я і є унікальним водним об'єктом загальнодержавного значення, віднесеним до категорії лікувальних. Він має значні лікувальні (бальнеологічні), рекреаційні, туристичні природні ресурси, які становлять потужний потенціал для соціально-економічного розвитку Одеської агломерації і здатні чинити суттєвий позитивний вплив на розвиток рекреації, охорони здоров'я та економіки всієї країни [1, 2].

Постановою Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку водних об'єктів, що відносяться до категорії лікувальних» № 1499 від 11.12.1996р. Куяльницький лиман включено до Переліку таких об'єктів. 5 грудня 2018 р. був прийнятий Закон України «Про оголошення природних територій Куяльницького лиману Одеської області курортом державного значення» та затверджені межі округу і зон санітарної охорони курорту Куяльник [3]. 1 січня 2022 р. відповідним Указом Президента України з метою збереження, відтворення, ефективного використання природних комплексів та об'єктів у басейні Куяльницького лиману, які мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, освітню, естетичну цінність був створений національний природний парк «Куяльницький» [4, 5].

Поряд з тим, в останнє десятиріччя, через активну нерегульовану антропогенну (у тому числі водогосподарську) діяльність на водозборі Куяльницького лиману, посилення посушливості клімату, відсутність ефективної системи комплексного управління (інтегрованого управління природокористуванням за басейновим принципом), виникла загроза повного зникнення лиману та втрати запасів унікальних лікувальних грязей і ропи, а також своєрідної флори і фауни водойми. Обумовлено це катастрофічним обмілінням лиману на початку другого десятиріччя XXI століття, зменшенням як площі його водної поверхні, так і об'єму вод, і, як наслідок, збільшенням солоності ропи вище 300‰, припиненням процесу утворення лікувальних грязей [1, 6, 7].

Для запобігання загрозі повного висихання лиману та втрати його природних ресурсів, засоленню ґрунтів прилеглих до нього територій, в Одеській області були прийняті та діють Регіональні програми збереження та

відновлення водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2012-2018 та 2019-2023 рр. [8] (далі – Регіональні програми). В програмах було передбачено ряд заходів для забезпечення лиману прісною водою з водотоків басейну, покращення санітарно-епідемічного стану прибережних смуг водотоків та лиману, в тому числі виконання заходів щодо забезпечення санітарного режиму у зонах курорту державного значення. У якості екстреного тимчасового заходу (не більше, ніж на 4 роки – час виконання запланованих Регіональними програмами завдань) у грудні 2014 року була введена в експлуатацію водопропускна система, через яку Куяльницький лиман поповнюється морською водою з Одеської затоки в зимово-весняний період року. Хоча поповнення лиману морською водою, було необхідним і виправданим кроком для збереження його природних ресурсів, однак з приводу можливих негативних наслідків реалізації цього заходу для екосистеми і природних ресурсів Куяльницького лиману виникало багато дискусій і суперечок [9-13]. Шляхи вирішення проблеми стабілізації гідроекологічного режиму та збереження його природних ресурсів в контексті поповнення лиману морською водою з Одеської затоки обговорювались також в роботах [14-18].

З 2015 року, в межах реалізації заходів передбачених Регіональними програмами, для визначення поточного гідроекологічного стану ропи та донних відкладів екосистеми Куяльницького лиману в умовах поповнення його морською водою, у відповідності до затвердженої Програми досліджень низкою наукових організацій виконувалось комплексне гідрологічне, гідрохімічне, гідробіологічне та медико-біологічне обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки. Зокрема, у 2016-2018, 2020-2021 рр. Одеським державним екологічним університетом виконувались науково-дослідні роботи з гідрологічного обстеження, НДУ «Український науковий центр екології моря» – з гідрохімічного обстеження, ДУ «Інститут морської біології НАН України» – з гідробіологічного обстеження, а ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» – з медико-біологічного обстеження лиману та морської води. У 2019 р. дослідження за відповідною Регіональною програмою не виконувались через відсутність коштів для їх фінансування.

Мета роботи полягає в аналізі результатів гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки в 2021 році, у порівнянні з попередніми роками, та визначення необхідних умов функціонування природної системи лиману, 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 його морською водою з Одеської затоки та зміни гідроекологічних чинників що відбуваються.

2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Схема розташування станцій, на яких проводились спостереження за станом Куяльницького лиману, наведена на рис. 1. Використовуються такі позначення: станція М1 - Одеська затока пляж Лузанівка; станції в лимані: Р1 – біля санаторію, Р2 – ділянка старого солепромислу, Р3 – створ балки Гільдендорфська (біля с. Красносілка), Р4 – створ річки Кубанка, Р5 – с.Ковалівка, ділянка ЛЕП; станції в гирлах приток до лиману: П1 – скидний (залізобетонний) лоток зі ставків пересипу, який призначений для відведення дренажно-зливових вод в Куяльницький лиман з прилеглої до Об'їздної дороги території та ставків пересипу; П2 – скидний лоток з ВНС № 5 (лоток для скидання технічних вод з водогінної системи ВНС № 5 ОФ «Інфоксводоканал»); П3 – балка Корсунцівська; П4 – балка Гільдендорфська; П5 – річка Кубанка; П6 – річка Великий Куяльник; станції оцінки безпечності та якості ропи і пелоїдів лиману: Т1 – район лікувальних грязей (пелоїдів), що експлуатується ("курорт Куяльник"), в якому спостереження виконувались на 2-х ділянках затверджених запасів лікувальних грязей Куяльницького родовища Т1' (46°34'14" пн.ш., 30°44'16" сх.д.) та Т1'' (46°34'43" пн.ш., 30°44'57" сх.д); Т2 – центральна ділянка Куяльницького лиману (с. Кубанка).

Для аналізу багаторічних коливань рівня води в лимані використовувались дані регулярних спостережень на водомірному посту «лиман Куяльницький – Одеса» розташованому в південній частині водойми на ділянці санаторію Куяльник.

Опис методик, за якими виконувались спостереження, наведені у відповідних томах звіту з наукових досліджень гідроекологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки, виконаних у 2021 році [19-22].

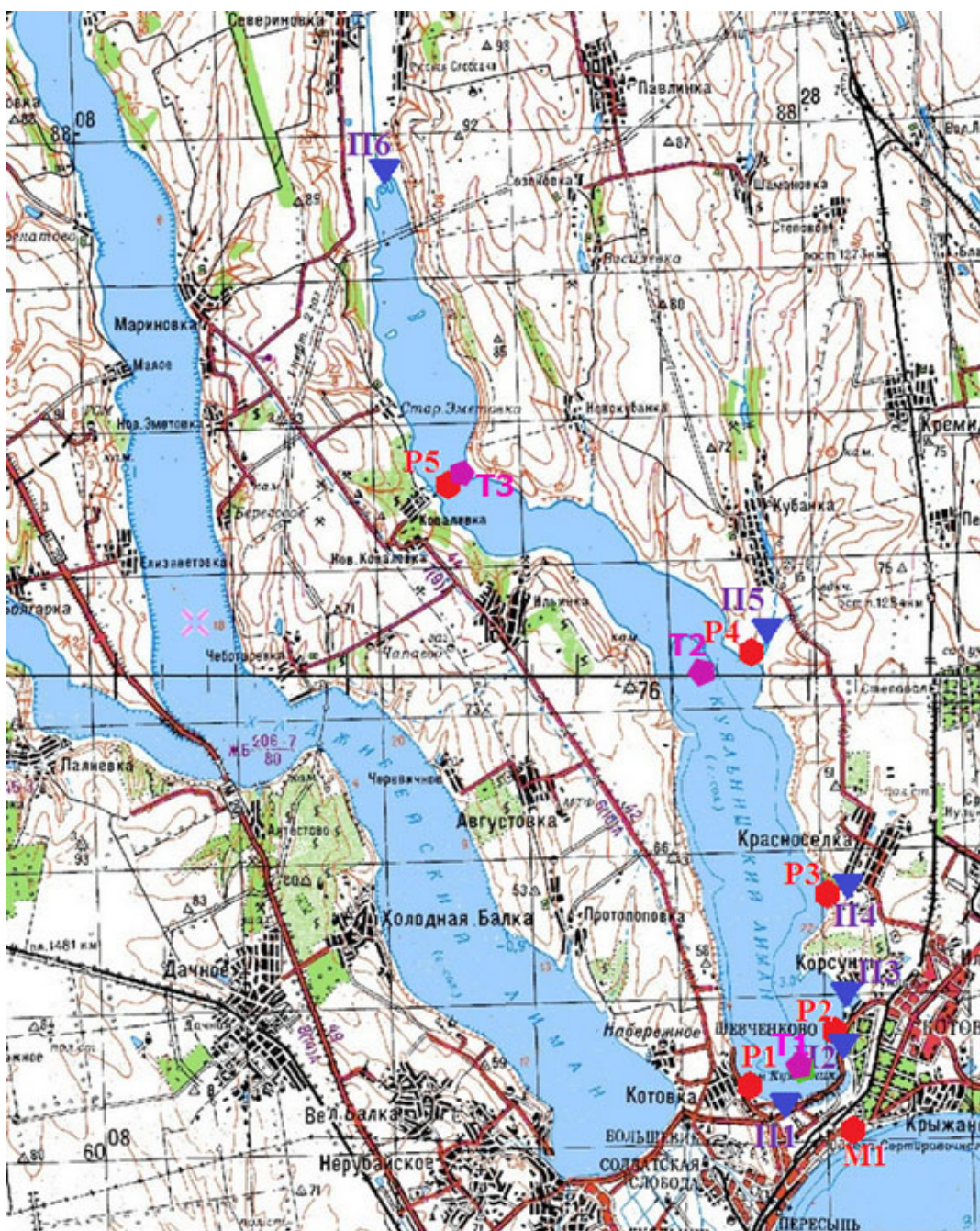
3. РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОЛОГІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ЛИМАНУ

Однією з найважливіших характеристик Куяльницького лиману, яка визначає наявний об'єм вод у лимані та мінералізацію його вод, є рівень води. Його коливання на річному і міжрічному часових масштабах визначаються об'ємами надходження морських вод через трубопровід, атмосферних опадів на поверхню лиману та випаровування з неї, припливу прісних вод з водозбору по водотоках.

На рис. 2 представлена багаторічна мінливість середньомісячних, максимальних і мінімальних за місяць позначок рівня води в лимані за період 2010-2021 рр., а на рис. 3 – мінливість середньорічних, найвищих та найнижчих за рік рівнів води Куяльницького лиману за цей же період. Видно, що з 2015 р. рівень води в Куяльницькому лимані зростав до 2018 р. включно. Середньорічний рівень води в лимані у 2018 р. був на 45 см вищий ніж у 2014 р. Найвищий рівень води в лимані в цей рік було виміряно 21 квітня (мінус 5,76 м БС) і в порівнянні з 2010-2014 рр. він був найбільшим.

Далі тенденція підвищення середньорічного рівня води в лимані змінилася його спадом протягом дуже посушливих 2019-2020 рр., з найменшою за період 2010-2021 рр. річною кількістю опадів (рис. 4). Так, загальна сума атмосферних опадів за 2019-2020 роки складає лише 500,3 мм, що, наприклад, на 87,3 мм менше ніж за лише один 2010 р. або на 53,9 мм – ніж за 2016 р. В середньому, річний шар атмосферних опадів, що випали на поверхню лиману в ці роки, був на 38 % меншим ніж у попередні чотири роки (2015-2016 рр.).

У 2021 р., через значне збільшення річної кількості атмосферних опадів (476,9 мм порівняно з 253,8 мм у 2020 р.) та продовження наповнення лиману морською водою в холодний період року, рівень води в лимані знову почав підвищуватись і середньорічна його позначка зрівнялась з тою, що була у 2019 р.



Умовні позначення:

- – основні станції в прибережних ділянках лиману та прибережній частині моря;
– main stations along the coastal areas of the estuary and the coastal part of the sea;
- – станції оцінки безпечності та якості ропи і пелюдів лиману;
– stations for evaluating safety and quality of the estuary’s brine and peloids;
- ▼ – додаткові пункти вимірювань на річках, балках та інших притоках лиману за наявності в них стоку;
– additional measurement points on rivers, gullies and other tributaries of the estuary in case of runoff presence therein

Рис. 1 – Схема розташування станцій, на яких проводились спостереження за станом Куяльницького лиману
Fig. 1 – Layout of the stations where the condition of the Kuyalnyk Estuary was monitored

За результатами розрахунків складових водного балансу лиману встановлено, що в продовж 2021 р. середньомісячний рівень води в лимані збільшився на 0,12 м (з позначки мінус 6,54 м БС – у січні, до позначки мінус 6,42 м БС

– у листопаді). За цей же період середньорічний рівень води в лимані становив мінус 6,31 м БС, найвищий – мінус 6,09 м БС, найнижчий – мінус 6,62 м БС. Зростання рівня води в лимані відбулося за рахунок того, що в 2021 р. втрати

води на випаровування (22,7 млн. м³) з водної поверхні лиману (площа якої в середньому за рік дорівнювала 41,5 млн. м²) були на 15,0 млн. м³ менші ніж об'єм надходження води до лиману

(37,7 млн. м³, з них: 52,5% або 19,8 млн. м³ – атмосферні опади; 27,6% або 10,4 млн. м³ – морська вода; 19,9% або 7,5 млн. м³ – вода інших приток лиману).

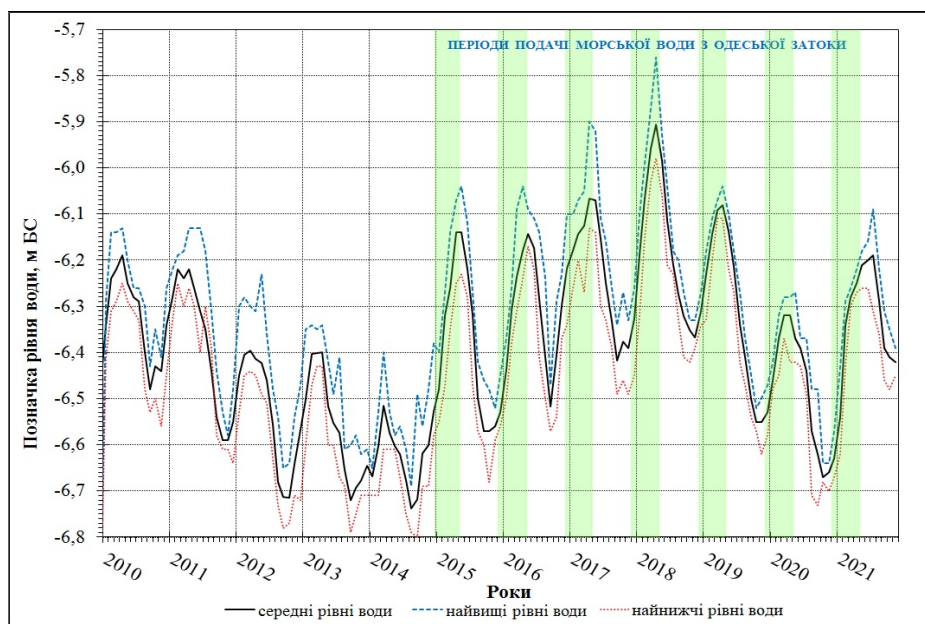


Рис. 2 – Мінливість середніх, найвищих та найнижчих за місяць рівнів води Куяльницького лиману (за даними водомірного поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2021 рр.

Fig. 2 – Variability of the average, highest and lowest monthly water levels of the Kuialnyk Estuary (according to the data of the Kuialnyk Estuary-Odesa water measuring station) for the period of 2010-2021

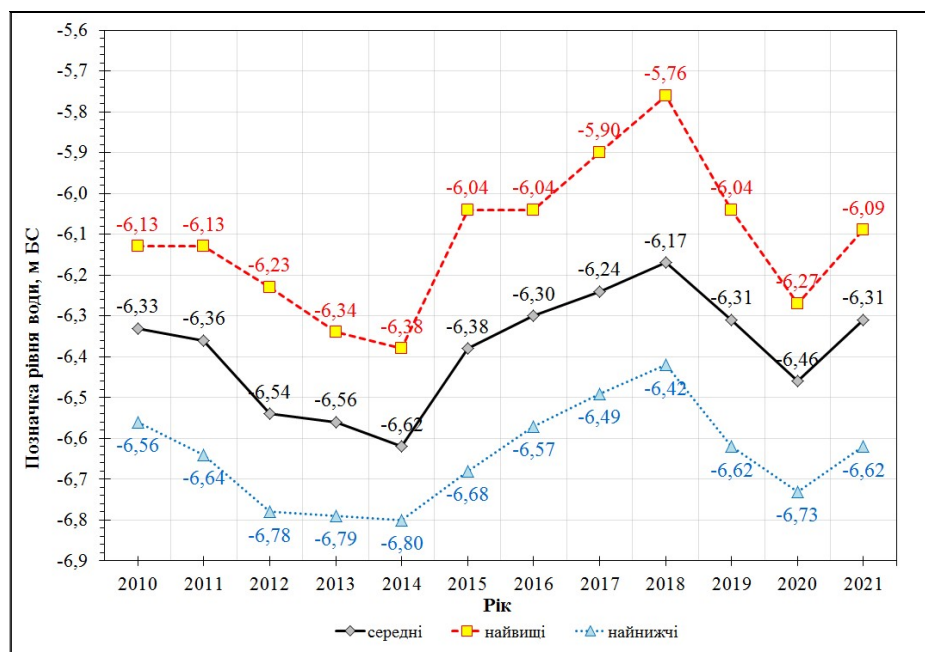


Рис. 3 – Мінливість середньорічних, найвищих та найнижчих за рік рівнів води Куяльницького лиману (за даними водомірного поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2021 рр.

Fig. 3 – Variability of the average, highest and lowest yearly water levels of the Kuialnyk Estuary (according to the data of the Kuialnyk Estuary-Odesa water measuring station) for the period of 2010-2021

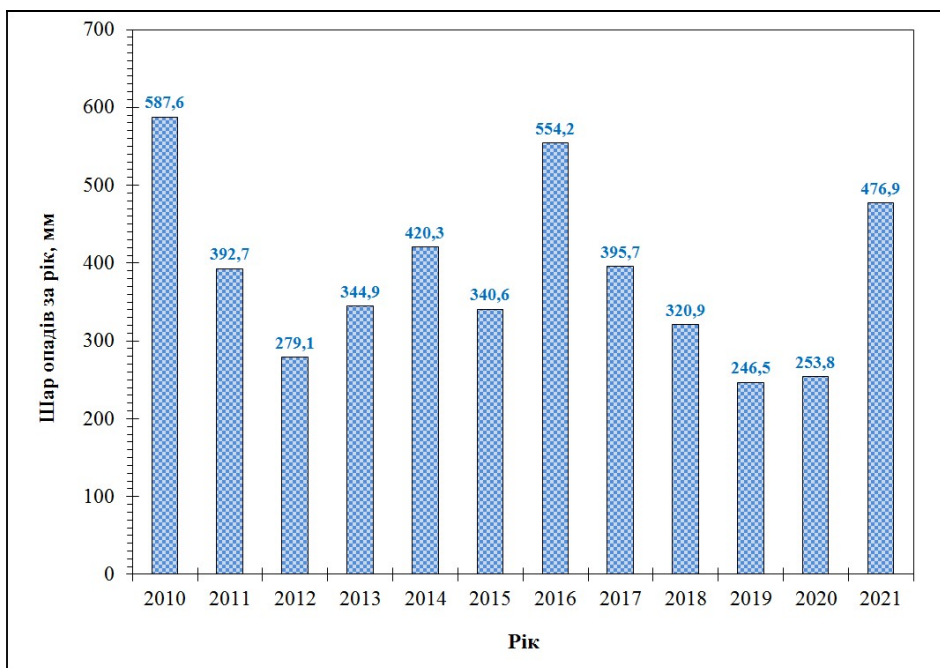


Рис. 4 – Мінливість річних сум атмосферних опадів в районі Куяльницького лиману (за даними метеорологічного поста «лиман Куяльницький – Одеса») за період 2010-2021 рр.

Fig. 4 – Variability of the annual rainfall near the Kuialnyk Estuary (according to the data of the Kuialnyk Estuary-Odesa meteorological station) for the period of 2010-2021

Зауважимо, що за результатами гідрологічних обстежень в жовтні-листопаді 2021 р. приплив води з річок Кубанка і Великий Куяльник у центральну та північну частини лиману дорівнював нулю, а русла в гирлах цих річок були пересохлі. Приплив води відбувався лише в південно-східну (з балок Корсунцівська і Гільдендорфська та скидного лотка з ВНС № 5) і південно-західну (зі скидного лотка з пересипу) частини лиману. Витрати води, виміряні у скидному лотку з пересипу дорівнювали 0,030-0,040 м³/с, у скидному лотку з ВНС № 5 – 0,001-0,002 м³/с, в гирлі б. Корсунцівська – 0,003 м³/с, в гирлі б. Гільдендорфська – 0,001 м³/с. Отже, у жовтні-листопаді 2021 р. приплив води відбувався головним чином в південну частину лиману (середній сумарний добовий об’єм – до 3,63 тис. м³), а стік річок і балок у північну та середню частини лиману під час обстежень майже дорівнював нулю (добовий об’єм стоку б. Гільдендорфська – не більше 90 м³).

В цілому, рівні води в лимані за умови періодичної подачі морської води (2015-2021 рр.) були значно вищі ніж в період до початку штучної подачі морської води в лиман (2010-2014 рр.), а саме: середні рівні – на 17 см, найвищі рівні – на 37 см, найнижчі рівні – на 12 см. В таблиці 1 представлені оцінки річних об’ємів морської води, яка надійшла з моря до

лиману, та відповідних природжень рівня моря. З рис. 5 видно, що при відсутності подачі морської води у 2015-2021 рр. середній рівень води в лимані, починаючи з 2020 р., дорівнював би позначці найнижчої точки дна водойми (мінус 7,80 м БС), тобто лиман був би переважно пересохлим. Всього, в період з 2015 по 2021 рр. за рахунок подачі морської води лиман додатково поповнився на 82,5 млн. м³, а природження рівня води в лимані склало більше 2,0 м.

За даними вимірювань мінералізації води в лимані (визначеної за прожареним залишком розчинених речовин у воді, тобто за вмістом лише неорганічних речовин) у жовтні-листопаді 2021 р. встановлено, що середня мінералізація води дорівнювала значенню 226,7 г/дм³. Найменша мінералізація води була спостережена в північній частині водойми (173,0 г/дм³), найбільша – в середній (250,2 г/дм³), а в південній – майже дорівнювала середньому в лимані значенню (230,1 г/дм³).

При порівнянні середньої величини мінералізації води в лимані у жовтні-листопаді 2021 р. з середніми значеннями мінералізації води за минулі роки (включно з першим роком поповнення лиману морською водою та останнім роком до його початку) встановлено, що вона була приблизно на 1 г/дм³ менша ніж до початку

Таблиця 1 – Річні об'єми морських вод, які надійшли до лиману через трубопровід, та відповідні прирощення рівня води в Куяльницькому лимані

Table 1 – Annual volumes of seawater entering the estuary through the pipeline and corresponding increments to the water level in the Kuialnyk Estuary

Роки	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Об'єм морських вод, млн.м ³	10,0	13,7	13,0	13,0	12,5	10,6	12,3
Середня площа водної поверхні, км ²	38,8	41,6	43,8	45,7	41,4	35,5	41,4
Прирощення рівня, м	0,26	0,33	0,30	0,28	0,3	0,3	0,25

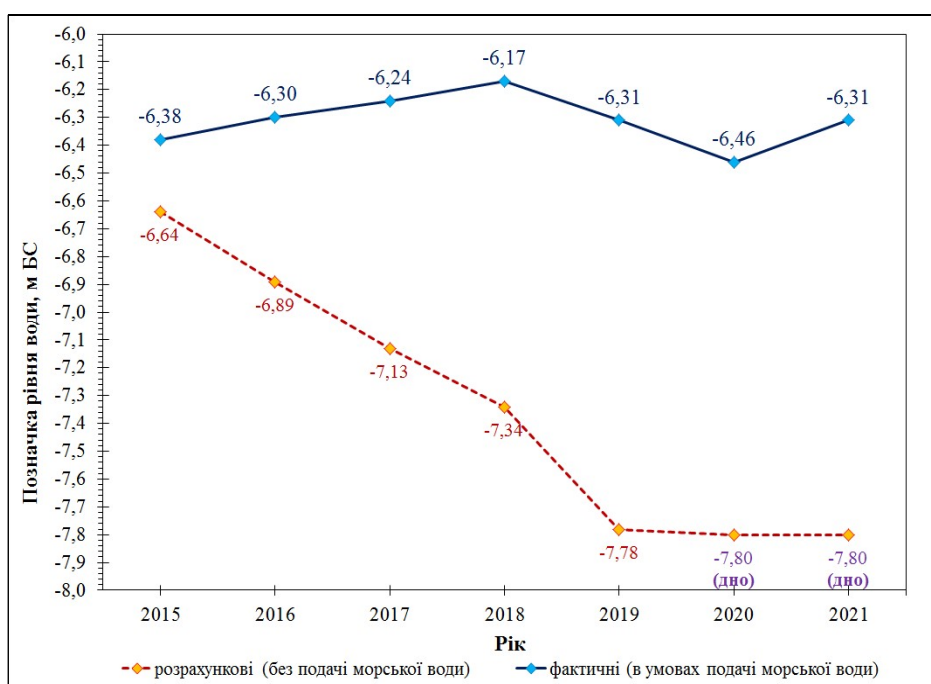


Рис. 5 – Мінливість фактичних (в умовах подачі морської води) та розрахункових (без подачі морської води) середньорічних рівнів води Куяльницького лиману за період з 2015 по 2021 рр.

Fig. 5 – Variability of actual (in case of seawater supply) and estimated (without seawater supply) average yearly water levels of the Kuialnyk Estuary for the period from 2015 to 2021

подачі морської води в лиман у грудні 2020 р. (228 г/дм³), дорівнювала величині мінералізації води у жовтні-листопаді 2018 р. (227 г/дм³), але була на 11 г/дм³ більша ніж у жовтні-листопаді 2017 р. (216 г/дм³), на 18 г/дм³ – ніж у жовтні-листопаді 2016 р. (209 г/дм³), на 25 г/дм³ – ніж у листопаді 2015 р. (202 г/дм³), на 35 г/дм³ – ніж до початку запуску морської води у грудні 2014 р. (192 г/дм³).

Слід зазначити, що під час гідрологічних обстежень у жовтні-листопаді 2021 р. на дні лиману не було виявлено кірки нерозчиненої солі, яка спостерігалась протягом другої половини 2020 р.

Для оцінки можливих середньорічних значень мінералізації води лиману за умови відсутності подачі морської води в 2015-2021 рр. використовувалась формула [23]:

$$M = 0,65 \cdot \exp(-0,92 \cdot H),$$

де M – середньорічна мінералізація води в лимані, г/дм³; H – середньорічний рівень води, м БС. Якщо розрахункове значення мінералізації води було більше 420 г/дм³, то приймалось, що надлишок розчинених солей кристалізується і переходить (випадає) в осад на дно лиману, а мінералізація води дорівнює 420 г/дм³.

Таблиця 2 – Середньорічні значення рівнів і мінералізації води в лимані в умовах подачі морської води та при її відсутності
Table 2 – Average yearly values of the estuary’s water levels and mineralization under the conditions of seawater supply and its absence

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
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
2015	-6,38	176	-6,64	292,0
2016	-6,30	181	-6,89	368,0
2017	-6,24	190	-7,13	420↓ ¹
2018	-6,17	225	-7,34	420↓ ¹
2019	-6,31	290	-7,78	420↓ ¹
2020	-6,46	290	прсх ²	– ³
2021	-6,31	288	прсх ²	– ³

Примітки:

- ¹ – умовне позначення (420↓) означає, що надлишок розчинених солей кристалізується і переходить (випадає) в осад на дно лиману, а мінералізація води прирівнюється до 420 г/дм³;
² – умовне позначення (прсх) означає, що ложе лиману сухе (без води), а позначка найнижчої точки дна лиману дорівнює мінус 7,80 м БС;
³ – умовне позначення (–) означає, що вся соль кристалізувалася і знаходиться на дні лиману, тому що ложе лиману сухе або без води.

За результатами розрахунків представлених у табл. 2 можна зробити висновок, що у разі відсутності подачі морської води до лиману, починаючи з 2017 р. мінералізація води досягла б значення 420 г/дм³, а надлишок розчинених солей кристалізувався і почав переходити (випадати) в осад на дно лиману. В цих умовах суттєво збільшилася би вірогідність гіпсування донних відкладів.

Однак, за умов подачі морської води до лиману, яка фактично відбувалася у 2014-2021 рр., значення мінералізації є набагато меншими ніж в умовах її відсутності. Навіть після двох поспіль посушливих і маловодних 2019 - 2020 років, найбільша мінералізація води у жовтні-листопаді 2021 р. (серед виміряних ОДЕКУ в різних частинах лиману) становила лише 288 г/дм³.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОХІМІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ЛИМАНУ

Аналіз зміни характеристик гідрохімічного стану Куяльницького лиману виконувався із залученням наявних даних спостережень за жовтень-грудень 2018 р. (коли рівень води в лимані був найвищим з початку поповнення його морською водою), грудень 2020 року (коли рівень води в лимані був найнижчим з початку поповнення його морською водою) та жовтень-листопад 2021 р.

Оцінку якості води та донних відкладів лиману проводили в порівнянні з екологічними нормативами (ЕН) якості морського середовища [24].

Вода лиману. Дослідженнями встановлено, що ропа Куяльницького лиману, не зважаючи на малі глибини в лимані та відносно знижену температуру води під час моніторингу, мало

насичена киснем (від 2 до 5 разів менше за морську воду), що є наслідком занадто високого рівня мінералізації води. В жовтні-листопаді 2021 року вміст розчиненого кисню в водах лиману коливався в межах 1,51-2,88 мг/дм³. Низький рівень БПК₅ (0.06-1.79 мг/дм³) характеризує низький рівень біологічної активності як внаслідок зниженої температури води, так і внаслідок непридатності занадто мінералізованої води для розвинення біологічних об'єктів. Рівень рН в ропі Куяльницького лиману нижчий ніж в морській, що характеризує ропу як середовище зі зниженим рівнем фотосинтезу.

На рис. 6 представлена динаміка концентрацій біогенних речовин у воді лиману у вищевказані місяці 2018, 2020 та 2021 рр. Звертають на себе увагу такі особливості їх мінливості у вказані роки. Середні концентрації фосфору мінерального в 2021 році були значно більші ніж в попередні роки, а органічного фосфору – були найбільші в 2020 р., а в 2021 році зменшились майже до рівня 2018 року. Максимальні концентрації мінерального фосфору спостерігались в районі Ковалівки (станція Р5) в 2021 р. – більше 0,8 мг/дм³, а органічного фосфору в 2020 р. – 2,4 мг/дм³.

Мінімальні концентрації мінерального азоту в водах Куяльницького лиману спостерігались у грудні 2020 р. У 2021 максимальні найбільші його концентрації (близько 1,2 мг/дм³) були зафіксовані на станції Р2 (дамба, оголовок) в листопаді. По концентраціях органічного азоту спостерігається незначне їх зростання з 2018 по 2021 роки. Максимальні концентрації органічного азоту в 2021 році спостерігались на станції Р5 (Ковалівка, ЛЕП) – 15,0 мг/дм³ в жовтні та 12,5 мг/дм³ в листопаді. Необхідно відзначити, що вміст органічного азоту в лимані значно превалює над його мінеральною формою і складає більше 90% від загального азоту.

Концентрації кремнію в 2020 та 2021 роках знизилися у порівнянні з 2018 роком і на всіх станціях в лимані не перевищували 1 мг/дм³.

Стабільним джерелом надходження біогенних речовин до Куяльницького лиману є водотік зі скидного лотка з пересипу (П1).

В 2018, 2020 роках та в жовтні 2021 року максимальні концентрації органічного вуглецю (С_{орг}) у воді лиману фіксувались біля станції Р1 (санаторій Куяльник) і досягали 16,5 мг/дм³. Це пояснюється підвищенням його вмістом у водотоці зі скидного лотка з пересипу (станція П1) який, за відсутності інших джерел наповнення Куяльницького лиману у вказаному

районі, впливає на концентрацію С_{орг} в водах прилеглої ділянки лиману. Але в листопаді 2021 року, максимальні концентрації С_{орг} (16,3 мг/дм³) фіксувались біля станції Р5 (Ковалівка, ЛЕП). Можливо під час дощів в цьому районі стався змив органічної речовини до Куяльницького лиману. Середні показники концентрацій С_{орг} в 2021 році знаходились на рівні 2018 року.

В 2021 році, так саме як і в 2018 та 2020 роках, концентрації головних іонів (натрію, хлоридів, магнію і сульфатів) в ропі лиману на порядок перевищували їх значення у воді Одеської затоки. У воді лиману середні концентрації іонів натрію зросли відносно 2018 та 2020 років; іони кальцію, магнію, гідрокарбонатів знаходяться на рівні 2018 та 2020 років, концентрації калію, сульфатів, хлоридів, карбонатів знизились. Концентрації карбонатів у ропі лиману в 2018, 2020 та 2021 роках були нижчими, ніж у морській воді. Концентрації гідрокарбонатів на всіх станціях Куяльницького лиману в 2021 році були нижчими за концентрації, які спостерігались у грудні 2020 року, та знаходяться на рівні з таким же періодом 2018 року.

Запуск морської води не погіршує гідрохімічний стан лиману, оскільки ропи і морська вода належать до одного типу вод – хлоридно-натрієвих.

Насичення води Куяльницького лиману сульфатом кальцію більше 100% в жовтні та листопаді 2021 року не спостерігалось, але осадження гіпсу могло відбутися в літні місяці. Середній рівень насиченості сульфатом кальцію води Куяльницького лиману в 2021 році знаходився на рівні 2018 року. Але зафіксовано зростання насиченості сульфатом кальцію води Куяльницького лиману на станціях Р1, Р3 відносно спостережень за той же період 2020 року (рис. 7).

Результати аналізу вмісту токсичних металів у воді показали, що в ропі Куяльницького лиману миш'як (As) і свинець (Pb) знаходяться в дуже малих концентраціях, а мідь (Cu), цинк (Zn) і залізо (Fe) превалюють над іншими. Рівень концентрацій хрому (Cr) та цинку (Zn) з 2018 року зростає, а ртуті (Hg) та кадмію (Cd), навпаки, зменшується.

В 2021 році на станціях в лимані зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) для морських вод [20, 24, 25]: Cu – на всіх станціях від 4,43 рази до 33,7 разів; Cr – на станції Р4 в 1,128 рази; Zn – на станції Р1 в 1,08 рази; Fe на станціях Р1

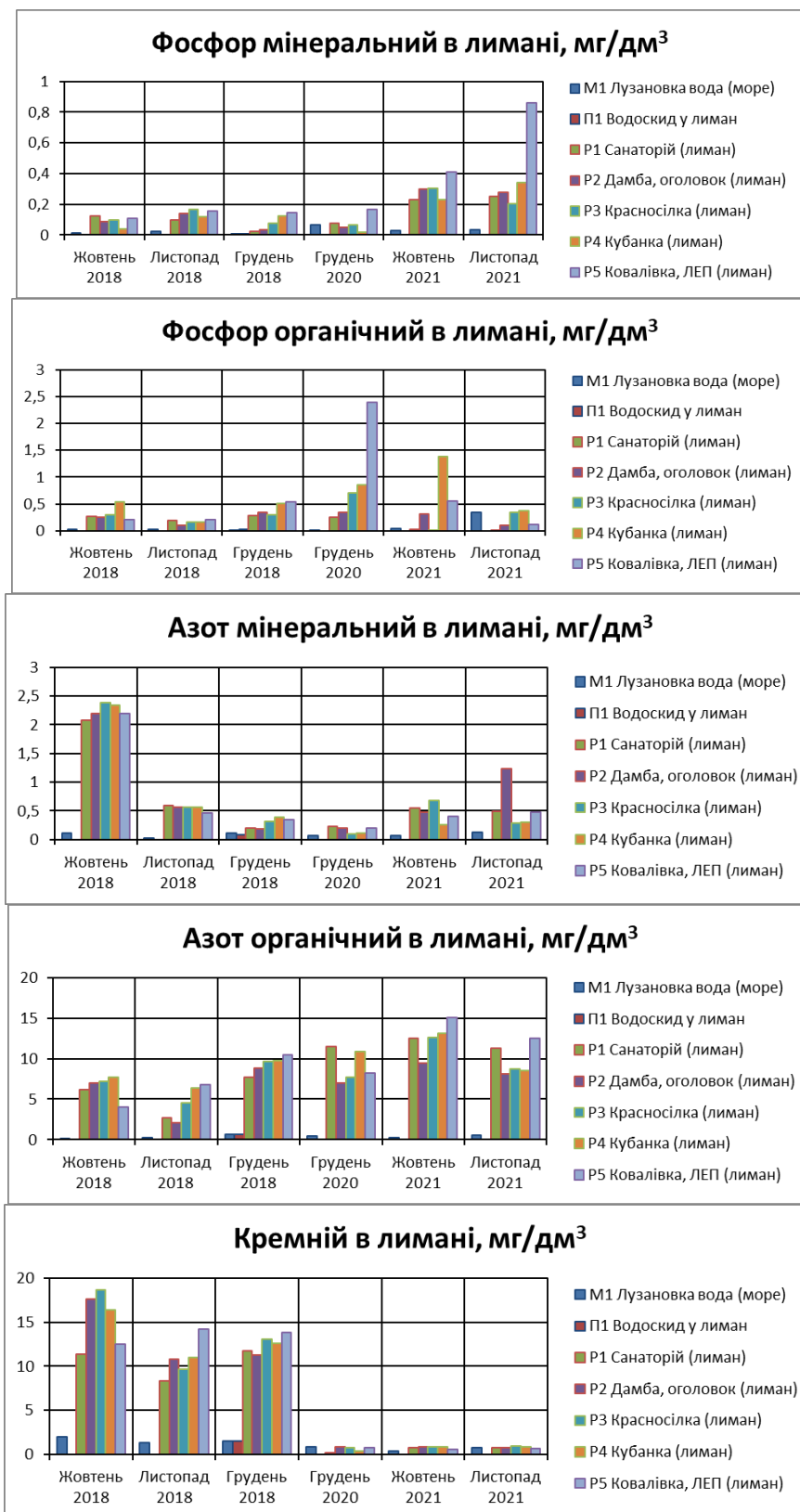


Рис. 6 – Мінливість концентрації біогенних речовини у водах Куяльницького лиману в періоди вимірювань 2018, 2020 та 2021 років

Fig. 6 – Variability of concentration of nutrients in the water of the Kuialnyk Estuary during the measurement periods of 2018, 2020 and 2021

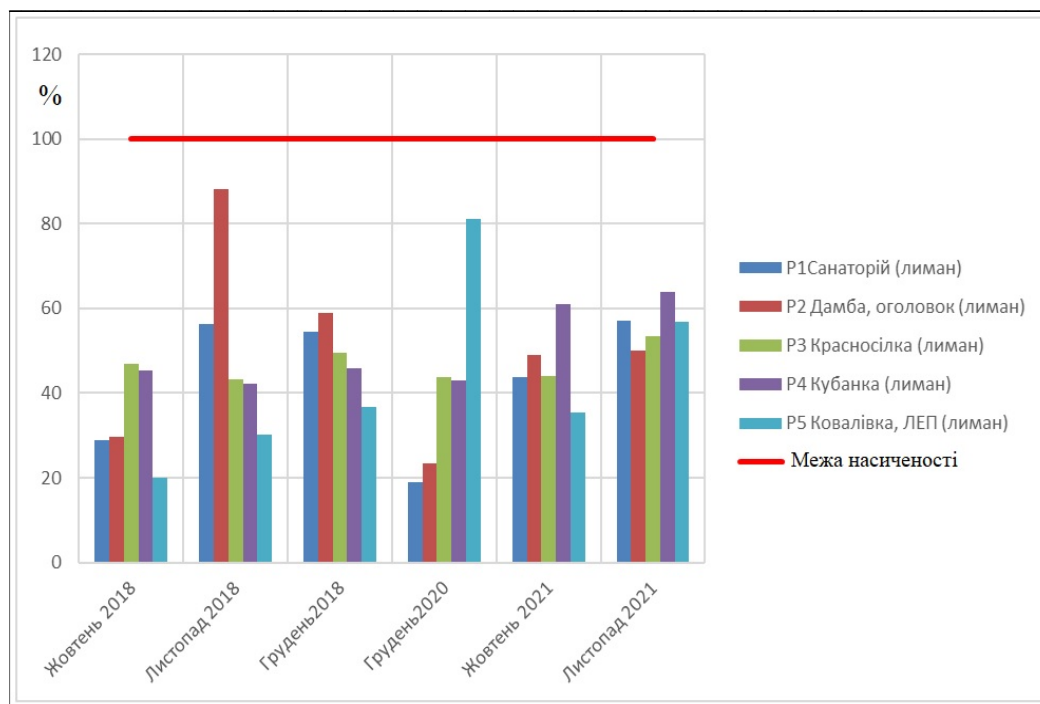


Рис. 7 – Насичення сульфатом кальцію води Куяльницького лиману (%) на станціях спостереження у 2018, 2020 та 2021 рр.
Fig. 7 – Calcium sulfate saturation of the Kuialnyk Estuary's water (%) measured at the monitoring stations in 2018, 2020 and 2021

в 1,32 рази, P2 в 4,5 рази, P3 в 6,78 рази, P4 в 4,7 рази.

Також зафіксовано перевищення ГДК у водотоках до лиману на станціях П1 (зі скидного лотка з пересипу) та П3 (Корсунці): для Си в 14,2 та 6,9 разів, відповідно; Сг – в 3,16 та 3,38 рази; Fe – в 1,52 рази та в 3,98 рази.

На морській станції спостереження (М1, Лузанівка) відмічались перевищення ГДК по Zn в 1,12 рази.

У році лиману концентрації більшості хлорорганічних сполук (зокрема, ДДТ, ГХЦГ, дільдрін, Ar-1254) досягали свого максимуму в 2020 році. Максимальна їх концентрація, яка в багато разів перевищувала фонові значення, спостерігалась на станції P2 (дамба оголовок). В 2021 році концентрації хлорорганічних сполук значно зменшилися і наблизилися до рівня 2018 року. На всіх станціях спостережень (в морській воді, ропі Куяльницького лиману та в водотоках) в 2021 році зафіксовані перевищення ЕН [24] по концентрації ліндану в 1,65 - 3,2 рази.

Рівень забруднення вод лиману поліциклическими ароматичними вуглеводнями (ПАВ) у 2021 році зменшився, порівняно з 2020 роком, але залишився вищим, ніж в ті ж місяці 2018 року. У 2021 р. зафіксовані перевищення ЕН концентраціями ПАВ: за бензо (ghi) періленом на станції P1 (Санаторій) в 1,46 рази,

Індено(1,2,3-сд)піреном на станції P1 (Санаторій) в 1,04 рази: фенантреном в морській воді в 1,58 рази. Забрудненню ропи лиману ПАВ сприяє їх надходження з водами водотоків. В 2020 році концентрація ПАВ в водах водотоків Куяльницького лиману була вищою, ніж в 2021 році, що відповідно відобразилось на рівні забруднення ропи лиману. Такій залежності рівня забруднення ропи лиману ПАВ від водотоків, навіть з малим об'ємом їхнього стоку води, сприяє погана розчинність ПАВ в воді (їх осад в донні відклади) та відсутність достатньої кількості чистої води для розбавлення у водотоках.

На всіх станціях Куяльницького лиману та у водотоках у 2021 році зафіксоване перевищення ГДК у воді по сумі нафтових вуглеводнів (НВ).

Донні відклади лиману. Результати аналізу токсичних металів в донних відкладах в 2018, 2020 та 2021 роках показали, що їх забруднення токсичними металами на всіх станціях спостережень незначне і не перевищувало ЕН для морських донних відкладів [24]. Порівняно з 2018 та 2020 роками в 2021 році середній рівень концентрацій миш'яку (As), ртуті (Hg) і заліза (Fe) дещо підвищилися; свинцю (Pb), міді (Cu), кадмію (Cd) – не змінився; хрому (Cr), цинку (Zn) – знизилась. Стабільний рівень концентрації металів в донних відкладах

свідчить про відсутність значущих джерел потрапляння металів до лиману.

В 2021 році, порівняно з 2018 та 2020 роками, концентрації хлорорганічних сполук зросли, що обумовлено осадженням з ропи лиману високих концентрацій хлорорганічних сполук, які були зафіксовані в 2020 році.

В донних відкладах у 2021 році були виявлені перевищення ЕН:

- по сумі ДДТ та його метаболітів, ліндану, та його ізомеру β -ГХЦГ, сумі ізомерів ліндану – на всіх станціях спостереження;

- ізомеру ліндану (α -ГХЦГ) – на станції Р2 (дамба оголовок);

- гексахлорбензолу, альдріну, Ar-1254 – на станціях Р2 (дамба оголовок), Р4 (Кубанка);

- гептахлору – на станції Р4 (Кубанка).

Високі концентрації хлорорганічних сполук в донних відкладах свідчать про потрапляння в лиман забруднених стоків (наприклад, дощової води з сільськогосподарських угідь) в попередні періоди, а також про прискорене осадження погано розчинних забруднювачів з води при зменшенні її об'єму в лимані через інтенсивне випаровування і нестачу надходження чистої прісної води.

Також, в 2021 році, порівняно з 2018 роком, рівень концентрацій ПАВ, як і хлорорганічних сполук, в донних відкладах підвищився, але є нижчим ніж у 2020 році, що відповідає зафіксованим змінам концентрації ПАВ у ропі. Зафіксовані перевищення ЕН концентраціями фенантрону та флуорантену на всіх станціях спостережень.

Підвищені концентрації ПАВ в донних відкладах свідчать про потрапляння в лиман забруднень з джерел пірогенного або петрогенного походження. Зважаючи на місце розташування Куяльницького лиману, вірогідніше, що джерела забруднення ПАВ мають пірогенне походження (спалювання органічного палива – наприклад, викиди від автомобілів, що переміщуються Об'їзною дорогою, сміття на незаконних звалищах). Також стан донних відкладів погіршується через забруднення ПАВ, так саме як і відносно хлорорганічних сполук, внаслідок прискореного осадження погано розчинних забруднювачів з води при зменшенні її об'єму в лимані через інтенсивне випаровування і нестачу надходження чистої прісної води.

У жовтні 2021 року концентрація органічного вуглецю в донних відкладах лиману залишилась на рівні 2018 та 2020 років (рис. 8).

Концентрація НВ у жовтні 2021 р. хоча і знизилась порівняно з жовтнем-листопадом 2018 р., але, як і в попередні роки, перевищувала ЕН (50 мг/кг) на всіх станціях відбору проб.

5. РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРОБІОЛОГІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ЛИМАНУ

Визначення видового складу, чисельності та біомаси зоопланктону у воді лиману та оцінка планктоностоку. За весь час моніторингових спостережень у зоопланктоні в районі досліджень прилеглому до трубопроводу і каналу виявлено 11 таксонів. Постійним компонентом зоопланктону була *Acartia clausi* + *A. tonsa* (у 100% проб з моря). Частим компонентом був нещодавній вселенець у Чорне море *Oithona davisae* Ferrari F.D. & Orsi, 1984 (у 85 % проб). На станції біля водозабору (М1) в окремі місяці виявлені такі види: у березні – індикатор евтрофних вод *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, 1921, в квітні – представники меропланктону личинки *Rissoa splendida* Eichwald, 1830 та в лютому коловертки роду *Keratella*. На виході з каналу максимальне значення чисельності зоопланктону складало 1010 екз. \cdot м⁻³ (лютий), а біомаси – 5,634 мг \cdot м⁻³ (березень). Мінімальні значення на виході з каналу сягали 10 екз. \cdot м⁻³ (січень), а біомаси – 0,141 мг \cdot м⁻³ (грудень).

У результаті проходження через канал відсоток втрат зоопланктону складав від 41% (квітень) до 99% (лютий) за чисельністю та від 27% (березень) до 99% (лютий та грудень) за біомасою, решта організмів швидко гинула від солоносного шоку при потраплянні до лиману. Загальний обсяг організмів зоопланктону, що надходив до лиману під час запуску морської води протягом 6 місяців склав 43,6 кг [26]. Такий обсяг планктоностоку не надавав суттєвого впливу на якість води в лимані.

Визначення видового складу, чисельності та біомаси фітопланктону у воді лиману. На протязі всього періоду подачі морської води в 2015 р. у фітопланктоні Куяльницького лиману відбувалось «цвітіння» зеленої мікроводорості *Dunaliella salina* (Dunal) Teodor. При цьому її кількісний розвиток був всього вдвічі меншим її максимально можливої концентрації – 40 \cdot 10⁶ кл. \cdot л⁻¹ [27].

Однак, вже в 2016 р. під час пуску морської води в лиман через зниження солоності відбувалась загибель *D. salina* зі зменшенням її

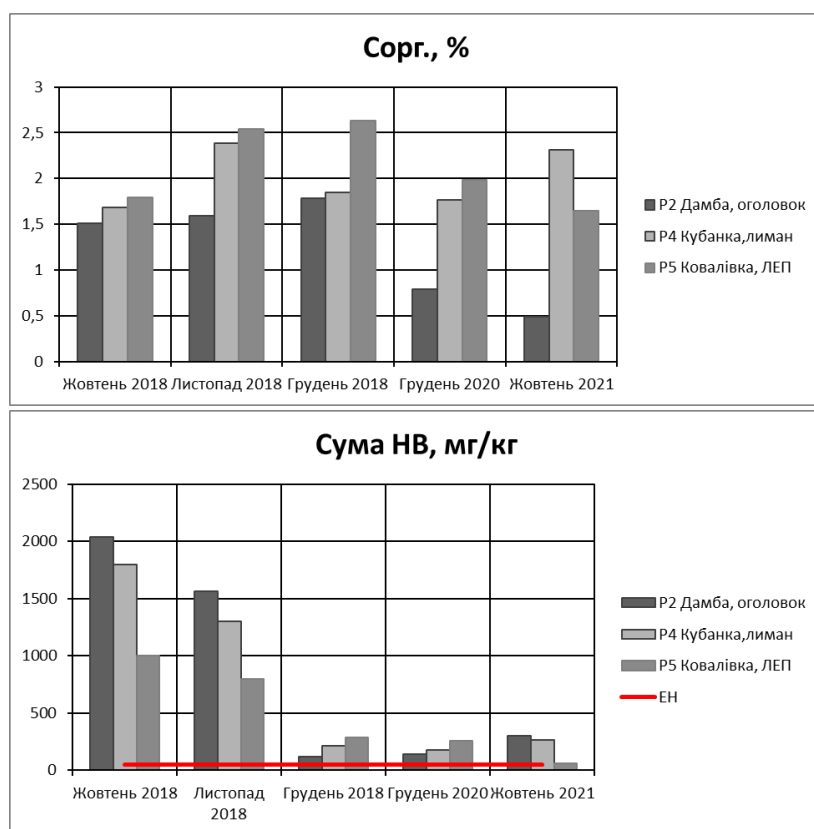


Рис. 8 – Зміни концентрації органічного вуглецю (C_{org}) та суми нафтових вуглеводнів (НВ) в донних відкладах Куяльницького лиману у періоди спостережень в 2018, 2020 та 2021 рр.

Fig. 8 – Changes in concentration of organic carbon (C_{org}) and amount of petroleum hydrocarbons (PC) in the bottom sediments of the Kuialnyk Estuary during the observation periods in 2018, 2020, and 2021

частки від загальної біомаси фітопланктону від 91,9 до 1,6 %. Кількісні показники фітопланктону в центральній та північній частині лиману були приблизно в одних і тих же межах коливань значень, що і до моменту відкриття каналу.

Найбільша біомаса мікродоростей в лимані ($3752,77 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) відмічена в районі випуску морської води, під час функціонування каналу (лютий 2017 р.). Відбувалось «цвітіння» води ($1,34 \cdot 10^6 \text{ кл.} \cdot \text{л}^{-1}$) викликане діатомовою лиманною водорістю *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, а також інтенсивного розвитку досягала діатомова водорістю *Melosira moniliformis* (O. Mull Ag.), яка, як відомо, значно розвивається у водах з високими показниками органічного забруднення [28, 29]. Значення чисельності та біомаси даних видів мікродоростей були в декілька разів вищими, ніж у морі [30]. На решті акваторії лиману (в центральній та північній частинах) масового розвитку досягала *D. salina*. Після закриття

каналу, у квітні – листопаді на всій акваторії лиману *D. salina* складала 100 % чисельності та біомаси фітопланктону.

Загалом, у 2016 - 2018 рр. в результаті відкриття каналу в лимані в районі випуску морської води відбувалась загибель *D. salina* зі зменшенням її частки від загальної біомаси фітопланктону від 100 до 0 %. Однак, на решті станцій акваторії лиману кількісні показники *D. salina* були приблизно в одних і тих же межах коливань значень, що і до моменту відкриття каналу. Восени 2021 р. (канал закритий) у фітопланктоні лиману розвивалась лише *D. salina*, однак рівня «цвітіння» води цей вид не досягав.

На основі аналізу даних спостережень 2015 - 2021 рр. за розвитком кількісних показників *D. salina* в Куяльницькому лимані після початку запуску морської води, необхідно відмітити, що в 2017 р. відбувся спалах розвитку *D. salina*, а у 2018 р. зареєстровані мінімальні значення (рис. 9).

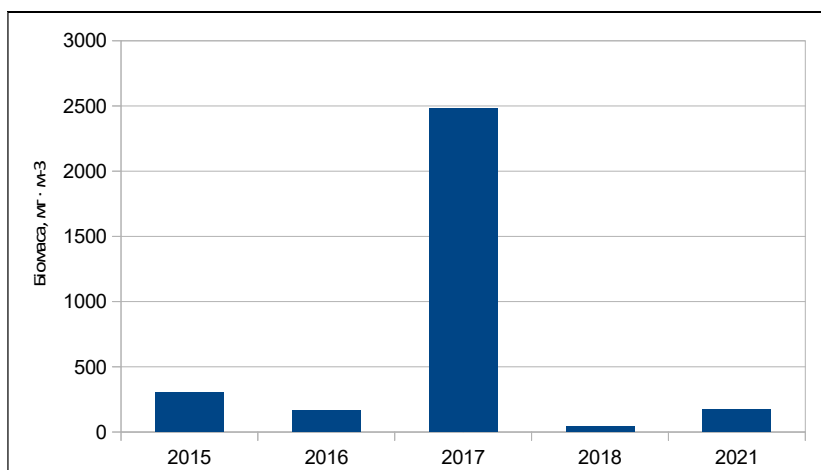


Рис.9 – Середнє значення біомаси *D. salina* (мг · м⁻³) в листопаді з 2015 по 2021 рр.
 Fig 9 – Average value of biomass *D. salina* (mg · m⁻³) in November from 2015 to 2021

В результаті досліджень 2015-2021 рр. виявлено, що запуск морської води в Куяльницький лиман здійснював неоднозначний вплив на кількісний розвиток *D. salina*: максимальна біомаса була в 2017 р., та мінімальна – у 2018 р. У 2017 р. в районі випуску морської води відбувався інтенсивний розвиток морських видів фітопланктону з досягненням рівня “цвітіння” води (*Skeletonema costatum*), а також мікроводорості індикатора органічного забруднення (*Melosira moniliformis*).

Оцінка співвідношення різних екоморф артемії. Під час екологічного моніторингу Куяльницького лиману у 2016-2018 та 2020-2021 рр. по всій акваторії лиману реєструвалась лише одна екологічна морфа артемії – *Artemia partenogenetica* var. *körppeniana*, яка притаманна для ультрагалінних умов, що вказує на відсутність преферентних умов для розвитку різноманітних екологічних варіацій артемії в Куяльницькому лимані. Це підтверджує недостатність лише штучного наповнення лиману морською водою і вказує на малу кількість прісних водотоків по берегах лиману та загального об’єму прісного стоку, необхідного для популяційного поліморфізму артемій. Існуючий сольовий режим Куяльницького лиману не в змозі забезпечити повноцінний популяційний поліморфізм артемій та стримує реалізацію адаптивних можливостей рачків. Лише навесні (березень-квітень) у зоні змішування морської води та поверхневої води лиману, у безпосередній близькості до водоспускного лотка реєструвалися рачки, які були віднесені до морфи *A. partenogenetica* var. *milhausenii*. Хоча раніше по всій акваторії

лиману відмічались усі можливі фенотипічні варіації артемії [31].

Незначні об’єми надходження прісних вод з водотоків, дефіцит атмосферних опадів, постійне збільшення мінералізації лиманної ропи протягом сезону розвитку рачків, призводять до зростання строків онтогенезу, зменшення плодючості та перешкоджають створенню самостійних фенотипічних груп *Artemia* в Куяльницькому лимані. В цілому, популяція, що складається з фенотипічно різних морф, може легко пристосуватися до просторової мінливості в лимані мінералізації, температури води, кормової бази та інших чинників. Все це можливо лише за умов наявності локальних акваторій з меншою, порівняно з загальною, мінералізацією води в лимані, які утворюються завдяки чисельним джерелам прісної або слабко мінералізованої води.

Біотестування. Під час моніторингових досліджень щодо визначення гострої летальної токсичності морської води у місяці, що передували її запуску в лиман та безпосередньо під час запуску, гостра токсичність жодного разу не була виявлена, морська вода була охарактеризована як нетоксична та такою, що відповідала встановленим токсикологічним нормативам якості. Це дозволяло надавати дозвіл на запуск морської води до лиману.

В результаті проведеного біотестування проб води з малих водотоків Куяльницького лиману протягом 2016-2018 та 2020 рр. виявлено хронічну токсичність проб води скидного лотку (П1) зі ставків пересипу (залізобетонний лоток), водотоку Гільдендорфської балки (П3) та водотоку Корсунцовської балки (П4).

Встановлена хронічна токсичність [32] вказує на суттєву антропогенну трансформацію та високий рівень забруднення води малих водотоків Куяльницького лиману. Отримані результати збігаються з проведеним аналізом гідрохімічних показників водотоків та водою південної частини водозбору Куяльницького лиману [33], екологічний стан яких оцінено як «посередній» зі ступенем чистоти вод «помірно забруднені». Низька якість води малих водотоків може негативно впливати на розвиток ранніх наупліальних стадій *A. partenogenetica*, для яких вкрай важлива наявність локально опріснених акваторій у прибережній зоні лиману.

Лише восени 2021 року за результатами проведеного методом біотестування аналізу проб поверхневої води з водотоку зі скидного лотка з пересипу (станція П1) та водотоку Гільдендорфської балки (П4) не виявлено вірогідної різниці показників плодючості тест-об'єктів, що вказувало на певне зменшення техногенного навантаження на ці водотоки.

Визначення флористичного складу угруповання фітобентосу, індексу фітоценозу та оцінка якості води. Куяльницький лиман характеризується високою мінералізацією вод, яка може досягати 300 г/дм³, тому бентосні водорості фіксуються лише в місцях локального опріснення лиману. Фітобентос лиману характеризується невеликим видовим різноманіттям, із виявлених 87 видів переважають одноклітинні водорості – представники діатомових, синьозелені водорості (*Oscillatoria margaritifera* Kützinger ex Gomont і *Lyngbya* sp.) і зелені багатоклітинні водорості, які мають тонкі розгалужені, включно мікроскопічні, таломі (*Cladophora siwaschensis* K.I.Meyer, *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey, *Ulothrix implexa* (Kützinger) Kützinger) [34, 35].

За період досліджень (2014-2021 рр.) в південній частині Куяльницького лиману в районі запуску морської води виявлено 29 видів водоростей, що відносяться до відділів *Chlorophyta*, *Ochrophyta*, *Rhodophyta*, *Bacillariophyta*, які потрапили до лиману з морською водою. У зв'язку з тим, що морська вода надходить до лиману при температурі води не вище 8°C, безпосередньо в акваторію надходить зимово-весняний комплекс морської альгофлори. Це типові водорості твердих субстратів Одеського узбережжя, які розвиваються в означений період: *Ceramium virgatum* Roth, *Polysiphonia elongata* (Huds.) Spreng., *Pyropia leucosticta* (Thuret) Neefus & J.Brodie, *Cladophora vagabunda* (Linnaeus) Hoek,

Ulva intestinalis Linnaeus, *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb. *Cocconeis scutellum* var. *scutellum* C. Agardh, *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz., *Licmophora abbreviata* C.Agardh, *Melosira moniliformis* (O.F.Müller) C.Agardh, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert. та ін.

Надходження морської води лише в зимово-весняний період дало змогу запобігти потраплянню в лиман великої біомаси макрофітів, які мають пік розвитку в літній період року і утворюють на берегах Одеської затоки масові викиди. Потрапляння макрофітів до лиману могло би призвести до погіршення екологічної ситуації в ньому, Відбувалось би накопичування цих водоростей, з подальшим їх розкладанням в товщі води і на берегах, що призвело би до зниження лікувально-рекреаційного потенціалу лиману.

Угруповання фітообростання, яке формувалося на водозапускних лотках під дією морських вод прилеглої частини моря з середньою солоністю 12,34 ‰, складалося з супраліторальних видів, характерних для зимово-весняного періоду Одеської затоки. В обростанні бетонних конструкцій водозапускного лотку виявлено 24 види макро- і мікрowodоростей: *Chlorophyta* – 9, *Ochrophyta* – 3, *Bacillariophyta* – 12. Найменша кількість видів спостерігалася в перший рік дослідження – 4 види макрофітів (*Berkeleya rutilans* (Trentepohl ex Roth) Grunow, *E. siliculosus*, *U. implexa*, *Urospora penicilliformis* (Roth.) Aresch.) і 6 видів мікроепіфітів (*Diatoma vulgare* Bory de Saint-Vincent, *M. moniliformis*, *Melosira moniliformis* var. *subglobosa* (Grunow) Hustedt, *Navicula pennata* var. *pontica* Mer., *R. abbreviata*, *Tabularia fasciculata* D.M. Williams et Roud. В подальшому кількість видів зростала і в 2017 році була зафіксована їх найбільша кількість – 8 видів макроводоростей і 12 видів мікроепіфітів, що перевищує в два рази число видів в перший рік спостережень. Це свідчить про поступове освоєння нового субстрату водоростями. У наступні роки видовий склад водоростей фітообростання лотків був подібний до 2017 року і відрізнявся лише річними особливостями (температура води, термінами початку і припинення запуску морської води в лиман).

З початку формування альгосистеми на водозапускних лотках було відмічено, що першими видами макроводоростей, які колонізували штучний біотоп, були види з високою екологічною активністю в діапазоні 100-300 м²·кг⁻¹ (*U. penicilliformis*, *U. implexa*,

E. siliculosus). В наступні роки кількість видів збільшилася за рахунок видів з меншою екологічною активністю (16-60 м²·кг⁻¹): *Capsosiphon fulvescens* (C.Agardh) Setchell & N.L.Gardner, *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing, *Punctaria latifolia* Greville, *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link, що свідчить про повноцінне освоєння субстрату макролітами [36].

Найвища інтенсивність автотрофного процесу компонентів фітообростання за показником індексу поверхні (П), спостерігалася в квітні в період максимальної сонячної активності і перевищувала значення в інші місяці в 1,5 – 2 рази. В 2017 році значення П досягли максимального значення (380 од. в квітні) внаслідок повного освоєння штучного субстрату макроводоростями і інтенсивного розвитку видів водоростей з високою екологічною активністю (*Acrosiphonia arcta* (Dillwyn) Gain, *R. riparium*, *Ulothrix flacca* (Dillwyn) Thuret, *U. penicilliformis*, *E. siliculosus*).

За час надходження морської води до лиману на лотках сформувалось повноцінне фітообростання супраліторальної зони, яке за сім років повністю освоїло новий субстрат. Короткочасність подачі води (біля п'яти місяців) не дає змоги розвинути на ньому масовим субліторальним видам водоростей, притаманним Одеській затоці (*C. vagabunda*, *U. intestinalis*, *C. virgatum*, *P. elongata*, *P. leucosticta*), хоча таломі і спори цих видів потрапляють до лиману. Після припинення подачі води фітообростання лотків функціонує в режимі супраліторальних умов, при яких змочування відбувається в основному за рахунок опадів або невеликих протікань з труби.

Надходження води по скидному залізобетонному лотку, який призначений для відведення дренажно-зливових вод з прилеглої до Об'їздної дороги території та ставків пересипу (П1), може бути потенційно загрозливим для екосистеми лиману. Екологічний статус водних мас, які надходять по лотку до екосистеми лиману оцінюється в залежності від питомої поверхні видів (S/W_p) макроводоростей, які в ньому зростають. В 2017 і 2018 рр. в лотку був зафіксований розвиток синьозелених водоростей (*Lyngbya* sp., S/W_p 509,37±8,66 м²·кг⁻¹), що вказує на погіршення якості води в лотку в цей період. У жовтні і листопаді 2021 р. тут спостерігався типовий для осіннього періоду флористичний склад нитчастих зелених водоростей (*Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium riparium*, *Ulothrix*

implexa), які спостерігаються цілорічно. В осінній період 2021 року, на відміну від минулих років, в лотку не відмічалася синьозелена водорість *Lyngbya* sp., що свідчить про покращення екологічної ситуації. Значення морфофункціонального індикатора – середньої питомої поверхні флористичного складу S/W_x становило 189,91 м²·кг⁻⁴, що відповідає категорії екологічного статусу класу – «Задовільний» (Moderate) за вимогами Рамкової Водної Директиви ЄС [37].

6. РЕЗУЛЬТАТИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ СТАНУ ПРИРОДНИХ ЛІКУВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ ЛИМАНУ

За даними незалежних спостережень, виконаних фахівцями Українського науково-дослідного інституту медичної реабілітації та курортології МОЗ України, загальна мінералізація ропа (визначена за сумою катіонів та аніонів) впродовж 2021 р. коливалася у межах від 171,59 г/дм³ (у березні) до 296,50 г/дм³ (у вересні).

Найнижчі значення мінералізації у березні є результатом поповнення лиману морською водою в зимовий період та випадіння значної кількості атмосферних опадів з початку року. До липня включно відбувалось зростання загальної мінералізації ропа до 230 г/дм³. У вересні відмічалось зростання мінералізації ропа до значень 268,41 г/дм³ (на станції Т1 – “курорт Куяльник”) та 296,50 г/дм³ (на станції Т2 – поблизу с. Кубанка).

За вмістом основних катіонів та аніонів ропа Куяльницького лиману характеризується як йодо-бромний борний міцний розсіл хлоридний магнієво-натрієвий, нейтральний. У лікувальних концентраціях ропа містить ряд біологічно активних компонентів та сполук: йод, бром та ортоборну кислоту.

Мікробіота ропа Куяльницького лиману у 2021 р. була не досить різноманітною по відношенню до попередніх років. Але ропа була визнана суттєво бактерицидною за впливом на тест-культуру кишкової палички і мала задовільний санітарно-мікробіологічний стан. Порівняння результатів мікробіологічних досліджень ропа Куяльницького лиману на станції Т1 (“курорт Куяльник”) за 2021 р. з попередніми роками свідчить про зростання інтенсивності розвитку сульфатвідновлювальних бактерій.

В результаті виконання моніторингових досліджень було встановлено, що характер

біологічної дії та безпеки застосування ропи Куяльницького лиману корелює з величиною загальної мінералізації ропи. При порівнянні в ході експерименту дії ропи з мінералізаціями 318 г/дм³ та 215 г/дм³ визначено, що в першому випадку відмічаються зміни інтенсивності біологічної дії, які дозволяють припустити зниження біологічної активності ропи та, навіть, виникнення негативного впливу. У 2021 р. вплив ропи Куяльницького лиману при мінералізації 268 г/дм³ у порівнянні з ропою з мінералізацією на рівні 318 г/дм³ у 2020 р. характеризувався відновленням її біологічної дії, але негативні ознаки все ж таки зберігались.

Відклади Куяльницького лиману за основними фізико-хімічними показниками відносяться до мулових сульфідних грязей (пелоїдів) і на даний час можуть бути класифіковані як соленасичені, середньосульфідні, слабкокислі.

Мінералізація розчину пелоїдів у 2021 р. в порівнянні з 2020 р. знизилась й становила на станції Т1 – 262,66 й на Т2 – 219,63 г/дм³, але за період спостережень з 2016 по 2021 рр. мінералізація розчину пелоїдів не знижувалась нижче 200 г/дм³.

Фізико-хімічний склад колоїдних дисперсій пелоїдів Куяльницького лиману практично не відрізняється від попередніх років. За показниками Eh (2017-2021 рр.) та рН (2020-2021 рр.) якість пелоїдів ділянки “курорту Куяльник” (станція Т1) не відповідає встановленим кондиціям та Медичному (бальнеологічному) висновку. В пелоїдах лиману за роки досліджень спостерігалась значна зміна значень водневого показника (рН), реакція середовища переходить від нейтральної (7,10 од. рН у 2016 р.) до слабкокислої (5,75 од. рН у 2021 р. – ділянка Т1' станції Т1 в районі “курорту Куяльник”) при кондиційних вимогах 6,50-7,40 од. рН. Зниження значень показника рН впливає на рівновагу форм знаходження сірководню в пелоїдах.

Також встановлено зростання значень показника Eh від -190 mV у 2016 р. до -110 mV у 2021 р. (ділянка Т1' станції Т1 в районі “курорту Куяльник”), при кондиційних вимогах -400 – -150 mV. Зміна значень показника Eh в сторону окисних показань (навіть до плюсових значень в центральній (с. Кубанка) та північній (с. Ковалівка) частинах лиману) свідчить про затухання процесів пелоїдогенезу.

На всіх досліджених ділянках Куяльницького лиману в пелоїдах спостерігали схожу активність розвитку груп бактерій та їх

представництво. Найбільшими з них за кількістю були гнилісні, потім амоніфікувальні та маслянокислі бактерії. В ході досліджень простежено зміни у складі мікробіоти пелоїдів, перерозподіл активності мікробіологічних груп, які приймають участь у процесах пелоїдогенезу (рис. 10).

Виявлено недостатню кількість мікробіоти, яка є базовою у процесах пелоїдогенезу (сульфат відновлювальні *Desulfovibriodesulfuricans*, тіонові *Thiobacillusthioparus*), але значне домінування амоніфікувальної, гнилісної мікробіоти. У 2021 році порівняно з 2020 р. у 100 разів підвищилася кількість сульфатвідновлювальних бактерій у пелоїдах на ділянці Т1' станції Т1 та у 10 разів – на ділянці Т1". Зміна рівноваги активності складу мікробіоти призводить до того, що для пелоїдів експлуатуємої ділянки взагалі притаманий гнилісний запах, який не властивий для мулових (сульфідних) пелоїдів.

Санітарно-мікробіологічний стан пелоїдів у 2021 р. покращився порівняно з 2020 р., але все ж таки був незадовільним. Титр лактозопозитивних кишкових паличок у 2021 р. склав 0,1 г, тоді як у 2020 р. – 0,01 г (норматив дорівнює 10 г). За період спостережень з 2016 по 2021 рр. санітарно-мікробіологічний стан пелоїдів всіх досліджуваних ділянок був незадовільний за титром лактозопозитивних кишкових паличок (окрім 06.06.17 р.).

Отримані експериментальні дані за 2021 р. щодо курсового зовнішнього застосування на інтактних тваринах (щурах) пелоїдів станції Т1 (“курорт Куяльник”) показали, що вони мають біологічну активність, але коливання показників центральної та вегетативної нервових систем, периферійної крові та імунної системи відбуваються на нижній межі фізіологічного коридору; структурно-функціональний стан шлунку, печінки та нирок – на верхній межі фізіологічного коридору. Крім того, спостерігається збільшення вмісту сечовини у крові на 23 % при достовірному зменшенні її екскреції з добовою сечею, що вказує на формування дисбалансу між активністю детоксикаційної функції печінки та вивідної функції нирок.

Порівняльна оцінка щодо характеру біологічної активності пелоїдів за різні періоди досліджень корелює з коливаннями загальної мінералізації, яка за період досліджень з 2016 по 2021 рр. коливалась у межах 216,41-324,03 г/дм³. При дослідженні впливу пелоїдів з мінералізацією 324,03 г/дм³, яку було визначено у 2020 р.,

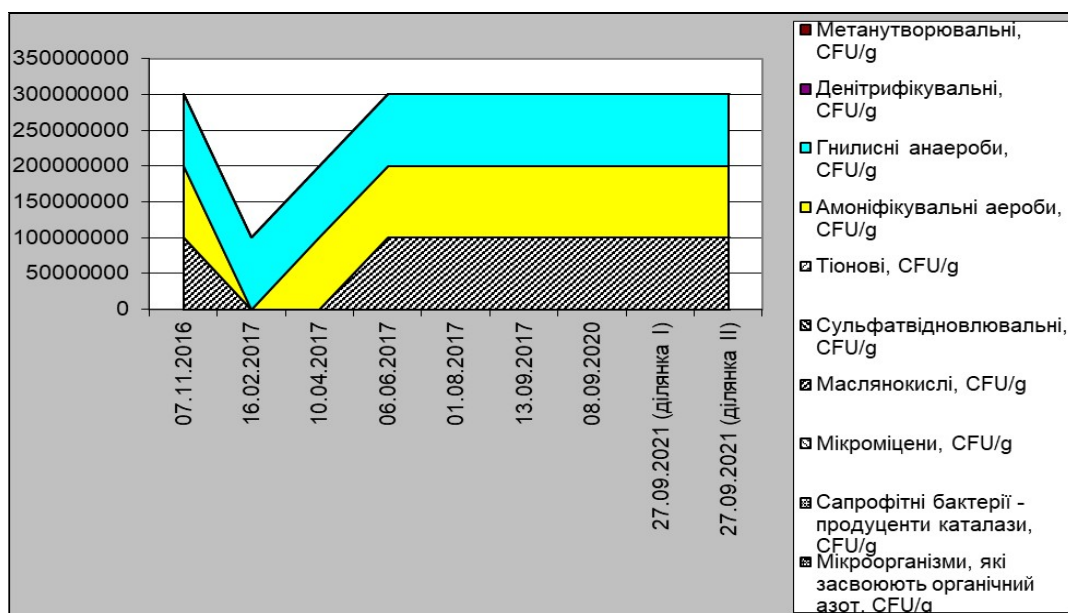


Рис. 10 – Динаміка розвитку та кількісне співвідношення різних груп мікроорганізмів на станції Т1 (“курорт Куяльник” - ділянки Т1' та Т1''). Показані тільки виявлені групи зі списку праворуч

Fig. 10 - Dynamics of development and quantitative ratio of different groups of microorganisms at station T1 (“Kuyalnik resort” - sections T1' and T1''). Only detected groups from the list on the right are shown

встановлено значні ознаки негативного впливу на процеси сечоутворення, функціональний стан печінки та зниження активності окисно-відновних процесів. При мінералізації нижче 250 г/дм³ ознаки негативного впливу пелоїдів зникали. Дослідженнями пелоїдів у 2021 р. встановлено тенденції до відновлення їх біологічної активності, але ознаки негативного впливу все ж таки залишаються.

Отже, з метою збереження природних лікувальних ресурсів Куяльницького лиману нагальним є питання підтримання мінералізації на рівні не вище 250 г/дм³ та встановлення округів санітарної охорони.

Пелоїди на станції Т2 – с. Кубанка (сумісно мулові сульфідні пелоїди та глинисті мули) в цілому відповідали вимогам, які висуваються до лікувальних пелоїдів. При курсовому зовнішньому застосуванні мулові сульфідні грязі цієї ділянки, які досліджено разом з глинистим мулом, є безпечними для організму піддослідних тварин, володіють біологічною активністю, але за характером своєї дії відзначаються меншою силою.

Санітарно-мікробіологічний стан вод водотоків – зі скидного лотка з пересипу, балки Корсунцівська та балки Гільдендорфська у 2021 р. був незадовільним. Кількість

коліформних бактерій в 1 л, при нормі не більше 5000 CFU в 1 л, дорівнювала на станції П1 – 9300, П3 – 9300, П4 – 46000 CFU в 1 л. Санітарно-мікробіологічний стан водотоку балки Корсунцівська лише у 2016 р. був задовільний. Водотоки зі скидного лотка з пересипу (П1) та балки Гільдендорфська мали незадовільний санітарно-мікробіологічний стан у всі строки спостережень.

7. ВИСНОВКИ

Загальний висновок полягає у тому, що завдяки поповненню лиману морською водою в холодний період 2020-2021 рр., збільшенню кількості атмосферних опадів та зменшенню випаровування з водної поверхні лиману в 2021р., рівень води в Куяльницькому лимані підвищився, внаслідок чого його гідроекологічний стан покращився порівняно з 2020 р. В той же час актуальним залишається вирішення таких проблем, як зменшення мінералізації вод в лимані шляхом збільшення надходження до нього чистих прісних вод з різних джерел замість морської води, яка містить солі; запобігання надходженню до лиману забруднень від антропогенних джерел (зі стоком вод з водотоків, які впадають до Куяльницького

лиману: скидного лотка з пересипу, балок Корсунцівська, Гільдендорфська та ін.).

За результатами гідрохімічного обстеження ропа Куяльницького лиману встановлено, що її екологічний стан у 2021 році, порівняно з 2020 роком, покращився, але через забруднення нафтовими вуглеводнями, окремими токсичними та поліциклічними ароматичними вуглеводнями якість води в 2021 році оцінюється як задовільна.

За результатами медико-біологічного обстеження ропа лиману була визнана суттєво бактерицидною за впливом на тест-культуру кишкової палички, мала задовільний санітарно-мікробіологічний стан. Порівняння результатів мікробіологічних досліджень в 2021 р. ропа Куяльницького лиману в районі лікувальних грязей, що експлуатуються санаторієм ім. І. І. Пирогова, з попередніми роками свідчить про зростання інтенсивності розвитку сульфатвідновлювальних бактерій.

Екологічний стан донних відкладів Куяльницького лиману у 2021 році, порівняно з 2020 роком погіршився. Через забруднення нафтовими вуглеводнями, хлорорганічними пестицидами та поліциклічними ароматичними вуглеводнями якість донних відкладів оцінюється як дуже погана.

Фізико-хімічний склад колоїдних дисперсій пелоїдів Куяльницького лиману практично не відрізняється від попередніх років. За показниками Eh (2017-2021 рр.) та pH (2020-2021 рр.) якість пелоїдів ділянки курорту Куяльник не відповідає установленим кондиціям та Медичному (бальнеологічному) висновку. Санітарно-мікробіологічний стан пелоїдів у 2021 р. покращився порівняно з 2020 р., але все ж таки був незадовільним. Характер біологічної активності пелоїдів за різні періоди досліджень корелює з коливаннями загальної мінералізації. З метою збереження унікального родовища природних лікувальних ресурсів Куяльницького лиману нагальним є питання підтримання мінералізації ропа на рівні не вище 250 г/дм³. Це рекомендоване порогове значення мінералізації ропа визначено за результатами експериментальних досліджень на інтактних тваринах щодо характеру біологічної дії та безпеки застосування ропа й пелоїдів Куяльницького лиману.

Прямий вплив на рівень забруднення токсичними речовинами води та донних відкладів Куяльницького лиману має стихійне засмічення побутовими відходами (пластикові

сміття, старі автомобільні покривки, будівельний мусор тощо) його узбережжя. Всі водотоки лиману містять у собі комунальні стоки з прилеглих до нього населених територій, з якими до лиману потрапляють мінеральні та органічні сполуки азоту і фосфору. Санітарно-мікробіологічний стан вод водотоків – зі скидного лотка з пересипу, балки Корсунцівська та балки Гільдендорфська у 2021 р. був незадовільним.

Поповнення Куяльницького лиману морською водою в холодний період 2020-2021 рр., у сукупності із суттєвим збільшенням кількості атмосферних опадів, порівняно з попередніми посушливими 2019, 2020 рр. призвело до збільшення середньорічної відмітки рівня води в лимані до рівня 2019 р. та загального покращення гідроекологічного стану лиману порівняно з попереднім 2020 р. Тому, за відсутності альтернативи (сталих джерел живлення Куяльницького лиману достатніми об'ємами прісної води) та необхідності підтримання водності лиману на рівні, що забезпечує сприятливі для грязеутворення значення мінералізації ропа, як вимушений захід, рекомендується продовжити в холодний період наступних років поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки за умови, що температура морської води в Одеській затоці нижча за 8°C. Морська вода що подається до лиману має позитивний вплив, що обумовлено значною різницею концентрацій головних іонів в морській воді та воді лиману.

З іншого боку, поповнення Куяльницького лиману морською водою у прохолодні періоди року спочатку планувалось лише як тимчасова екстрена міра на термін не більш ніж три-чотири сезони (у 2014-2018 рр.) – до відновлення природного стоку річок, які живлять Куяльницький лиман (насамперед, річки Великий Куяльник). Однак, за фактом, поповнення лиману морською водою у прохолодні періоди року триває вже сім сезонів поспіль, починаючи з 2014-2015 рр., що призводить до накопичення в лимані солей і збільшення мінералізації його вод. Кількість солей, яка потрапила в лиман з морською водою, становить близько 1 млн. тон (або приблизно 10% від початкової ваги солей в лимані – до початку запуску морської води в грудні 2014 р.). Подовження запуску морської води без збільшення надходження до лиману прісних вод може привести до непередбачуваних негативних наслідків для його лікувальних природних

ресурсів та їх втрати. Про це свідчать також й результати гідробіологічного моніторингу лиману. Існуючий сольовий режим Куяльницького лиману не в змозі забезпечити повноцінний популяційний поліморфізм артемій та стримує реалізацію адаптивних можливостей рачків. Це підтверджує недостатність лише штучного наповнення лиману морською водою і вказує на недостатній для нормального розвитку артемій та її популяційного поліморфізму об'єм надходження до лиману прісного стоку.

Тому поповнення лиману морською водою більше не може далі розглядатися як основний спосіб компенсації дефіциту водного балансу лиману.

Істотним джерелом збільшення припливу прісних вод до лиману є часткове відновлення природного стоку річок його басейну. Однак, очікується, що цей захід буде втрачати свою ефективність через зменшення їх природної водності у майбутньому внаслідок змін клімату. Окрім того, всі водотоки лиману містять у собі комунальні стоки з прилеглих до нього населених територій. Враховуючи це, потрібно вивчити можливість використання додаткових (альтернативних стоку річок) джерел чистої та прісної води для періодичного поповнення лиману. Такими додатковими джерелами поповнення Куяльницького лиману можуть бути: суттєво очищені стічні води на виході з СБО «Північна», очищені води Хаджибейського лиману, води р. Дністер (перекид річкової води наземними водоводами або з використанням існуючої мережі зрошувальних систем), підземні води.

Окрім вищевказаних, були розроблені такі узагальнені рекомендації відносно реалізації заходів щодо створення сприятливого гідроекологічного стану Куяльницького лиману, збереження та відтворення його природних ресурсів.

1) Для підтримання високого природно-ресурсного потенціалу Куяльницького лиману, з огляду на важливу участь артемій у формуванні цілощойної ропи та використанні латентних яєць у аквакультурі, рекомендується відновлення природного режиму функціонування малих річок та водотоків із забезпеченням обмеження господарської діяльності у водоохоронних зонах лиману. Ці заходи мають бути спрямовані на забезпечення утворення на всій акваторії лиману локальних опріснених акваторій протягом всього року.

2) Підсилити контроль за потраплянням в лиман забруднених вод з локальних антропогенних джерел (водотоків), які практично є комунальними стоками з прилеглих до лиману територій. Організувати будівництво очисних споруд в районі водостоку зі ставків пересипу та прилеглих до них територій, населених пунктах Красносілка та Корсунці, а також для джерел забруднення, які розташовані на річках Великий Куяльник і Кубанка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: монографія / Од. держ. екол. ун-т.; за ред. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Одеса : ТЕС, 2016. 332 с. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/648/>
2. Куяльницький лиман: реалії та перспективи рекреаційного використання: монографія / Буркинський Б. В., Бабов К. Д., Нікіпелова О. М., Погребний А. Л., Ніколенко С. І.; НАН України. Ін-т проблем ринку та економіко-еколог. дослідж.; ДУ "Укр. наук.-дослід. ін-т мед. реабілітації та курортології МОЗ України". Одеса : Гельветика, 2019. 313 с.
3. Закон України «Про оголошення природної території Куяльницького лиману Одеської області курортом державного значення» від 5 грудня 2018 року № 2637-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2637-19#Text> (дата звернення: 10.10.2022)
4. Указ Президента України №3/2022 «Про створення національного природного парку «Куяльницький»». URL: <https://www.president.gov.ua/documents/32022-41117> (дата звернення: 10.10.2022)
5. Проектований Національний природний парк "Куяльницький" як основа оптимізації довкілля та стійкого розвитку регіону / Дубина Д. В., Еннан А. А., Дзюба Т. П. та ін. *Укр. бот. журн.* 2018. 75(5). С. 457–469. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.05.457>
6. Степаненко С. Н. Причини обмеления Куяльницкого лимана и пути его спасения. Одесса : Экология, 2013. 35 с. URL: http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Kniga_2013_S.N.Stepanenko.pdf
7. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (северо-западное Причерноморье, Украина) / Эннан А. А., Шихалеев И. И., Шихалеева Г. Н. и др. *Вісн. Одес. нац. ун-ту. Хімія.* 2014. 19 (3). С. 60-69.
8. 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. URL: <https://oda.odessa.gov.ua/statics/pages/files/5dc14f6901216.pdf> (дата звернення: 10.10.2022)
9. Адабовский В. В., Богатова Ю. И. Особенности современного гидролого-гидрохимического режима Куяльницкого лимана и прогнозная оценка его составляющих в условиях возможного пополнения водоема морскими и пресными водами. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2013. №13. С. 127-137.

10. Обоснование безопасности наполнения обмелевшего Куяльницького лимана морской водой. Химические аспекты / Антонович В. П., Желтвай И. И., Чивирева Н. А. та ін. *Вісник ОНУ. Хімія*. 2013. Том 18, вип. 3(47). С. 16-27.
11. Особливості розвитку бактеріопланктону Куяльницького лиману в 2015-2017 рр./ Ковальова Н. В., Медінець В. І., Медінець С. В. та ін. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2017. (17). С. 20-28.
12. Біологічні наслідки поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки/ Медінець В. І., Ковальова Н. В., Дерезюк Н. В. та ін. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. 1-2 (27). С.35-51.
13. Лобода Н. С., Гриб О. М. *Гідрокологічні проблеми Куяльницького лиману та шляхи їх вирішення. Гідробіологічний журнал*. 2017. 53 (4). С. 95-104.
14. Гриб О. М. Наукове обґрунтування та практична реалізація заходів по управлінню гідрокологічним 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: Гідрокологія*. 2015. № 3-4 (64). С. 130-133. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPU_2015_3-4_33
15. 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. <https://doi.org/10.31481/uhmj.20.2017.13>
16. Лобода Н. С., Отченаш Н. Д., Гриб О. М. Опис штучних водойм на водозборі річки Великий Куяльник та регламентування їх роботи у сучасності та майбутньому. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. 21. С. 50-59. <https://doi.org/10.31481/uhmj.21.2018.06>
17. 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. <https://doi.org/10.31481/uhmj.23.2019.05>
18. Обґрунтування ефективності заходів по відновленню стоку річки Великий Куяльник з метою стабілізації гідрологічного режиму Куяльницького лиману на початку XXI сторіччя (до 2030 р.) / Лобода Н. С., Тучковенко Ю. С., Гриб О. М., Кушнір Д. В. *Проблеми гідрології, гідрохімії, гідрокології*. Київ : Ніка-Центр, 2019. С. 100-115. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/6655/>
19. Наукові дослідження гідрокологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки: науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки. *Том 1. Гідрологічні обстеження. Узагальнені висновки і рекомендації*. Звіт з НДР остаточний (наук. кер. Ю. С. Тучковенко). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0121U113773, 2021. 128 с.
20. Наукові дослідження гідрокологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки: науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки. *Том 2. Гідрохімічні обстеження*. Звіт з НДР остаточний (наук. кер. В. М. Коморін). Бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0121U113773, 2021. 125 с.
21. Наукові дослідження гідрокологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки: науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки. *Том 3. Гідробіологічні обстеження*. Звіт з НДР остаточний (наук. кер. О. В. Кошелев). Бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0121U113773, 2021. 36 с.
22. Наукові дослідження гідрокологічного режиму і стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки: науково-дослідні роботи з гідрологічного, гідрохімічного, гідробіологічного та медико-біологічного обстеження стану Куяльницького лиману та морської води з Одеської затоки. *Том 4. Медико-біологічні обстеження*. Звіт з НДР остаточний (наук. кер. К. Д. Бабов, Цуркан О.І.). Бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0121U113773, 2021. 111 с.
23. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: монографія / за ред. Ю. С. Тучковенко, Є. Д. Гопченко. Одеса: ТЭС, 2011. 224 с. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/654/>
24. Екологічні нормативи якості морського середовища. Одеса: УкрНЦЕМ, 2008. 15 с. URL: http://www.sea.gov.ua/uploads/state_ecological_mar_env.pdf (дата звернення: 25.10.2022)
25. Bijlagen van het Verslag der Handelingen van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, Netherlands, vergaderjaar 1993-1994, 21250, Derde Nota Waterhuishouding, Nr.28, Evaluatienota Water, 1994, 160 p.
26. Мірас Р. В. Вплив з'єднувального каналу Куяльник-Чорне море на показники зоопланктону. *Морський екологічний журнал*. 2021. Т. 15. № 1. С. 63-69.
27. Масюк Н. П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. и перспективы его практического использования: монография. Киев: Наукова думка, 1973. 245 с.
28. Прошкина-Лавренко А. И., Алфимов Н. М. Об использовании диатомовых водорослей при оценке санитарного состояния морских вод. *Ботан. журн.* 1954. Т. 39, Вып. 1. С. 108-112.
29. Кузьминова Н. С., Руднева И. И. Влияние сточных вод на морские водоросли. *Альгология*. 2005. 15. № 1. С. 128 -141.
30. Garkusha O. P. Phytoplankton's contemporary state of the Kuialnytsky Estuary in conditions of connection with the Black Sea. *International scientific conference "Marine ecosystems: research and innovations"*: Book of abstracts, 27-29 October. Odessa, 2021. 26 p.
31. Кошелев О. В. Екоморфологічні особливості *Artemia parthenogenetica* (Bowen and Sterling, 1978). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Гідрокологія*. 2015. № 3-4 (64). С. 351 – 354.

32. Кошелєв О. В. Визначення хронічної токсичності води малих водотоків Куяльницького лиману методом біотестування. *Морський екологічний журнал*. 2021. Т. 15. № 1. С. 45-51.
33. Гідрохімічні показники та якість вод водотоків та водойм південно-східної частини водозбору Куяльницького лиману (балки Гільдендорфська, Корсунцівська, озера пересипу) / Лобода Н. С., Гриб О. М., Яров Я. С., Гриб К. О. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т. 3. С. 42-49.
34. Герасимюк В. П., Эннан А. А., Шихалеева Г. Н. Видовой состав водорослей бентоса Куяльницького лимана (северо-западное Причерноморье, Украина). *Альгология*. 2011. Т. 21. № 2. С. 226-240.
35. Мінічева Г. Г., Калашнік К. С. (2015). Прогноз розвитку макрофітобентосу Куяльницького лиману при різних рівнях солоності. *Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжлимання: сучасний стан, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*. 18-20 листопада. Одеса: ТЕС, 2015. С. 77-80.
36. Мінічева Г. Г., Калашнік К. С. Формування фітоперифітону на гідроспородах з'єднувального каналу Чорне море - Куяльницький лиман. *Морський екологічний журнал*. Т. 14 (1). 2020. С. 25-33.
37. Minicheva G. Use of the Macrophytes Morphofunctional Parameters to Assess Ecological Status Class in Accordance with the EU WFD. *Marine Ecological Journal*. 2013. Vol. XII. № 3. Pp. 5 – 21.
5. Dubyna, D.V. et al. (2018). Projected Kuialnytsky National Nature Park as a basis for optimization of the environment and sustainable development of the region. *Ukr. Bot. J.*, 75(5), pp. 457-469. (in Ukr.) <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.05.457>
6. Stepanenko, S.N. *Prichyny obmeleniya Kuyal'nitskogo limana i puti ego spaseniya [The reasons for the shallowing of the Kuyal'nitsky estuary and ways to save it]*. Odessa: Ecology, 2013. Available at: http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/Kniga_2013_S.N.Stepanenko.pdf (Accessed: 05.10.2022) (in Russ.)
7. Ennan, A.A. et al. (2014). Prichiny i posledstviya degradatsii Kuyal'nitskogo limana (severo-zapadnoe Prichernomor'ye, Ukraina) [Reasons and consequences of the Kuyalnyk Estuary degradation] *Odessa National University Herald. Chemistry*. 19(3). pp. 60-69. Available at: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/9993/9510> (Accessed: 05.10.2022) (in Russ.)
8. *Rehionalna prohrama zberezhenia i vidnovlennia vodnykh resursiv u baseini Kuialnytskoho lymanu na 2019-2023 roky, zatverdzhena rishenniam Odeskoi oblasnoi rady № 1095-VII vid 25.10.2019. [The regional program for the preservation and restoration of water resources in the basin of the Kuyalnytsky estuary for 2019-2023, approved by the decision of the Odesa Regional Council No. 1095-VII dated October 25, 2019]* Available at: <https://oda.odessa.gov.ua/statics/pages/files/5dc14f6901216.pdf> (Accessed: 10.10.2022) (in Ukr.)
9. Adobovsky, V. & Bogatova, Yu. (2013). Peculiarities of the modern hydrological and hydrochemical regime of Kuyalnik liman and predictive estimation of its components under conditions of its replenishment with sea and fresh waters. *Ukrainian hydrometeorological journal*, 13, pp. 127-137. (in Russ.)
10. Antonovich, V.P., Zheltvay, I.I., Chivireva, N.A. et al. (2013). Rationale of Kuyalnik Estuary filling environmental safety by the Black Sea waters. Chemical aspects. *Odessa National University Herald. Chemistry*, T.18, 3(47), pp. 16-27. (in Russ.)
11. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Medinets, S.V. et al. (2017). Characteristics of bacterioplankton in the Kuyalnyk Estuary development in 2015-2017. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, 17, pp.20-28 (in Ukr.)
12. Medinets, V.I., Kovalova, N.V., Derezyuk, N.V. et al. (2017). Biological consequences of Kuyalnik Estuary filling with marine water from Odessa Bay. *Man and environment. Issues of neoecology*, 1-2 (27), pp. 35-51
13. Loboda, N.S. & Gryb, O.M. (2017). Hydroecological problems of the Kuyalnyk liman and ways of their solution. *Hydrobiological Journal*, 53(6), pp. 87-95.
14. Grib, O.M. (2015). Naukove obgruntuvannia ta praktychna realizatsiia zakhodiv po upravlinniu hidroekologichnym rezhymom Kuialnytskoho lymanu na osnovi modeliuвання водно-соллового балансу водоимы в умовakh zmin hlobalnogo klimatu. [Scientific substantiation and practical implementation of measures on management hydroecologically mode of Kuyal'nitskiy Liman based on the simulation of water-salt balance of the reservoir on conditions of global climate change]. *Nauk. zapysky Ternop. nats. Pedahoh. un-tu im. Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia*. [Scientific Issue Ternopil Volodymyr

REFERENCES

1. Loboda, N.S. & Gopchenko, E.D. (eds). (2016). *Vodnyi rezhym ta hidroekologichni kharakterystyky Kuialnytskoho lymanu [Water regime and hydroecological characteristics of Kuyal'nitskyi liman]*. Odessa State Environmental University. Odessa : TEC. Available at: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/648/> (in Ukr.)
2. Burkynskiy, B.V., Babov, K.D., Nikipelova, O.M. et al. (2019). *Kuialnytskyi lyman: realii ta perspektyvy rekreatsiinoho vykorystannia [Kuyal'nitsky estuary: realities and prospects of recreational use]*. Institute of market and economic & ecological researches, SI Ukrainian Research Institute of Medical Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine. Odessa : Helvetica. (in Ukr.)
3. *Zakon Ukrainy «Pro oholoshennia pryrodnoi terytorii Kuialnytskoho lymanu Odeskoi oblasti kurortom derzhavnogo znachennia» vid 5 hrudnia 2018 roku № 2637-VIII. [Law of Ukraine No.637-VIII "On declaring the natural territories of the Kuyalnyk Estuary in Odesa Region as a resort of state importance" dated December 5, 2018].* Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2637-19#Text> (Accessed: 10.10.2022) (in Ukr.)
4. *Ukaz Prezydenta Ukrainy №3/2022 "Pro stvorennia natsionalnogo pryrodnogo parku "Kuialnytskyi" [Decree of the President of Ukraine No. 3/2022 "On Establishment of the Kuyalnyk National Nature Park"]*. Available at: <https://www.president.gov.ua/documents/32022-41117> (Accessed: 10.10.2022) (in Ukr.)

- Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 3-4 (64), pp. 130-133. (in Ukr.)
15. Tuchkovenko, Y.S., Kushnir, D.V., & Loboda, N.S. (2017). Results of the numerical modelling of intra-annual variability of hydrological characteristics of the Kuialnytskyi Lyman lagoon under various runoff volumes of the Velykyi Kuialnyk River. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 20, pp. 105-119. (in Russ.) <https://doi.org/10.31481/uhmj.20.2017.13>
 16. Loboda, N.S., Otchenash, N.D., & Hryb, O.M. (2018). Description of artificial reservoirs within the catchment area of the Great Kuyalnik River and regulation of their operation at the present time and in future. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 21, pp. 50-59. (in Ukr.) <https://doi.org/10.31481/uhmj.21.2018.06>
 17. Loboda, N.S., Kuza, A.M., & Kozlov, O.M. (2019). Assessment of possible changes of water resources of the rivers belonging to the Kuyalnytskyi Liman catchment at the beginning of the 21st century (2021 -2050) according to the models of the climatic scenario RCP4.5. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, (23), pp. 42-53. (in Ukr.) <https://doi.org/10.31481/uhmj.23.2019.05>
 18. Loboda, N.S., Tuchkovenko, Yu.S., Grib, O.M. & Kushnir, D.V. (2019). Obgruntuvannia efektyvnosti zakhodiv po vidnovlenni stoku richky Velykyi Kuialnyk z metoiu stabilizatsii hidrolohichnoho rezhymu Kuialnytskoho lymanu na pochatku XXI storichchia (do 2030) [Justification of effectiveness of the measures aimed at restoring the runoff of the Velykyi Kuialnyk River in order to stabilize the hydrological regime of the Kuialnyk Estuary at the beginning of the 21st century (by 2030)]. *Problemy hidrolohii, hidrokhimii, hidroekolohii*. [Problems of hydrology, hydrochemistry, hydroecology]. Kyiv: Nika-Center. pp. 100-115. (in Ukr.) Available at: <http://eprints.library.odku.edu.ua/6655/>
 19. *Scientific studies of the hydroecological regime and condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay: scientific and research works on hydrological, hydrochemical, hydrobiological and medical-biological studies of the condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay. Volume 1. Hydrological studies. Generalized conclusions and recommendations*. Final report on research activity (scientific supervisor: Yu. S. Tuchkovenko). UkrISTEI database, library of Odesa State Environmental University. SR No. 0121U113773, 2021. (in Ukr.)
 20. *Scientific studies of the hydroecological regime and condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay: scientific and research works on hydrological, hydrochemical, hydrobiological and medical-biological studies of the condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay. Volume 2. Hydrochemical studies*. Final report on research activity (scientific supervisor V. M. Komorin). Library of Odesa State Environmental University. SR No. 0121U113773, 2021. (in Ukr.)
 21. *Scientific studies of the hydroecological regime and condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay: scientific and research works on hydrological, hydrochemical, hydrobiological and medical-biological studies of the condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay. Volume 3. Hydrobiological studies*. Final report on research activity (scientific supervisor O. V. Koshelev). Library of Odesa State Environmental University. SR No. 0121U113773, 2021. (in Ukr.)
 22. *Scientific studies of the hydroecological regime and condition of the Kuialnyk Estuary and seawater from the Odesa Bay: scientific and research works on hydrological, hydrochemical, hydrobiological and medical-biological studies of the condition of the Kuialnyk Estuary and seawater taken from the Odesa Bay. Volume 4. Medico-biological studies*. Final report on research activity (scientific supervisor K. D. Babov, O.I. Tsurkan). Library of Odesa State Environmental University. SR No. 0121U113773, 2021.
 23. *Environmental standards of marine environment quality* (2018). Odesa: Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea, 2008. (in Ukr.) Available at: http://www.sea.gov.ua/uploads/state_ecological_mar_env.pdf (Accessed: 25.10.2022)
 24. *Bijlagen van het Verslag der Handelingen van de Tweede Kamer der Staten-Generaal* (1994). Netherlands, vergaderjaar 1993-1994, 21250, Derde Nota Waterhuishouding, Nr.28, Evaluatienota Water.
 25. Tuchkovenko, Yu.S. & Hopchenko, E.D. (eds). (2012). *Aktual'nye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya [Actual problems of lagoons of the northwestern Black Sea region]*. Odesa State Environmental University. Odesa: TES Publ. (in Ukr.)
 26. Migas, R.V. (2021). Influence of the connecting channel Kuyalnyk – Black Sea on zooplankton indicators. *Marine ecological journal*, 15(1), pp. 63-69. (in Ukr.)
 27. Masyuk, N.P. (1973). *Morfologiya, sistematika, ekologiya, geograficheskoe rasprostranenie roda Dunaliella Teod. i perspektivy ego prakticheskogo ispol'zovaniya [Morphology, systematics, ecology, geographical distribution of the genus Dunaliella Teod. and prospects for its practical use]*. Kyev: Naukova dumka. (in Russ.)
 28. Proshkina-Lavrenko, A.I. & Alfimov, N.M. (1954). Ob ispol'zovanii diatomovykh vodorosley pri otsenke sanitarnogo sostoyaniya morskikh vod [On the use of diatoms in assessing the sanitary state of sea waters]. *Botan. Zhurn [Botanical journal]*, 39(1), pp.108-112.
 29. Kuzmynova, N.S. & Rudneva, I.I. (2005). Vliyanie stochnykh vod na morskije vodorosli [Influence of wastewater on seaweed]. *Algologiya [Algology]*, 15(1), pp. 128 -141. (in Russ.)
 30. Garkusha, O.P. (2021). Phytoplankton's contemporary state of the Kuialnytsky Estuary in conditions of connection with the Black Sea. *International scientific conference "Marine ecosystems: research and innovations"*: Book of abstracts, 27-29 October. Odesa.
 31. Koshelev, A.V. (2015). Ecomorphological features *Artemia parthenogenetica* (Bowen and Sterling, 1978) Kuyalnik Estuaries. *Naukovyy zapysky Natsional'nyy pedahohichnyy universytet imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya: Biologiya. Spetsialnyi vypusk: Hidroekolohiia [Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Biology. Special issue: Hydroecology]*, 3-4(64), pp. 351-354 (in Ukr.)
 32. Koshelev, O.V. (2021). Determination of the chronic toxicity of water of small watercourses of the Kuyalnytsky Estuary by the method of bioassay. *Marine ecological journal*, 15(1), pp. 45-51. (in Ukr.)
 33. Loboda, N., Grib, O., Yarov, Y. & Grib, K. (2016). Hydrochemical indicators and water quality of

- watercourses and water reservoirs in south-eastern part of Kuyalnik liman watershed (beams Gildendorfskaya, Korsuntsovskaya, rerash lakes). *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 3(42), pp.42-49.
34. Gerasimiuk, V.P., Shichaleeva, G.N. & Ennan, A.A. (2011). Species composition of algae of the Kuyalnik Estuary (North-Western Black Sea area, Ukraine). *Algologiya [Algology]*, 21(2), pp. 226-240. (in Russ.)
35. Minicheva, G.G. & Kalashnik, K.S. (2015). [Forecast of macrophytobenthos development of the Kuyalnytsky estuary at different levels of salinity]. *Pryrodno-resursnyi potentsial Kuyalnytskoho ta Khadzhybeiskoho lymaniv, terytorii mizhlymannia: suchasnyi stan, perspektyvy rozvytku: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Natural resource potential of Kuyalnik and Khadzhibei estuaries, the territory between the estuaries: Modern state, outlook of development: Proceedings of All-Ukrainian theoretical and practical conference]*. 18-20 November 2015). Odesa: TES, pp. 34-37. (in Ukr.)
36. Minicheva, G.G. & Kalashnik, K.S. (2020). Formation of phytoplankton on the hydrotechnical structures of the connecting channel Black sea – Kuyalnitsky liman. *Marine ecological journal*, 14(1), pp. 25-33. (in Ukr.)
37. Minicheva, G. (2013). Use of the Macrophytes Morphofunctional Parameters to Assess Ecological Status Class in Accordance with the EU WFD. *Marine Ecological Journal*, XII(3), pp. 5 – 21.

RESULTS OF THE HYDROLOGICAL, HYDROCHEMICAL, BIOLOGICAL AND MEDICO-HYDROBIOLOGICAL STUDIES OF THE KUIALNYK ESTUARY

**Yu. S. Tuchkovenko¹, O. P. Garkusha², O. M. Gryb¹,
S. G. Gushcha³, Yu. M. Denha⁴, K. S. Kalashnik²,
Kh. O. Koieva³, V. N. Komorin⁴, O. V. Koshelev²,
G. G. Minicheva², N. S. Loboda¹, A. L. Pohrebnyi³,
Yu. V. Oleynik⁴, S. M. Stepanenko¹, O. I. Tsurcan³**

¹ Odessa State Environmental University,
15 Lvivska Str., Odesa, 65016, Ukraine,

sience@odeku.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3275-9065>

² Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine,
37 Pushkinska Str., Odesa, 65048, Ukraine,

imb@nas.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0002-2550-5369>

³ State Institution «Ukrainian Research Institute of Medical
Rehabilitation and Resort Therapy of the Ministry of Health of Ukraine»
6 Lermontovskiy lane, Odesa, 65014, Ukraine,

otsurkan75@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7816-5425>

⁴ Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea,
89 Frantsuzsky Blvd., Odesa, 65009, Ukraine,

aceem@te.net.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4847-0496>

The Kuyalnyk Estuary belongs to the group of closed estuaries of the Northwestern Black Sea coast and is a unique water body of national importance with therapeutic properties. The natural territories of the Kuyalnyk Estuary were declared as a resort of national importance and form a part of the Kuyalnyk National Nature Park.

The purpose of the research is to introduce the results of the hydrological, hydrochemical, hydrobiological and medico-biological studies of the condition of the Kuyalnyk Estuary and seawater in the Odesa Bay that were conducted in 2021 and to compare them with the results of previous years. This would help to determine the conditions under which the estuary's natural system is functioning, to ensure preservation and restoration of its natural resources, to prevent their pollution, clogging and depletion, as well as to identify changes of the natural resources of the Kuyalnyk Estuary in the context of its artificial replenishment with seawater from the Odesa Bay and varying hydro-ecological factors.

The general conclusion is as follows: replenishment of the estuary with seawater during the cold period of 2020-2021, increasing amount of atmospheric precipitation and decreasing rate of evaporation from the estuary's water surface in 2021 raised the Kuyalnyk Estuary's water level. This led to significant improvement of the estuary's hydro-ecological condition compared to 2020, however, because of its contamination with petroleum hydrocarbons, some toxic and polycyclic aromatic hydrocarbons, the water quality in 2021 is still assessed as satisfactory. The quality of the bottom sediments of the Kuyalnyk Estuary from the environmental perspective is assessed as very

poor because of their contamination with petroleum hydrocarbons, organochlorine pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons. The physicochemical composition of colloidal dispersions of the Kuialnyk Estuary's peloids is barely different as compared to previous years. As per indicators of Eh (2017-2021) and pH (2020-2021), the quality of the peloids within the area used by the sanatorium did not meet the established conditions and the Medical (Balneological) Conclusion. Compared to 2020, the sanitary and microbiological condition of peloids improved in 2021, however, was still unsatisfactory. The characteristics of peloids' biological activity during different periods of studies correlate with general mineralization fluctuations. Maintaining oil mineralization at a level not higher than 250 g/dm³ is quite important in order to preserve the unique deposit of natural healing resources of the Kuialnyk Estuary.

Therefore, solving the following problems remains a priority: reducing the mineralization of the estuary's water via increase of the rate of clean fresh water supply from various sources instead of using salty seawater; preventing the pollution from anthropogenic sources from entering the estuary (through water runoff from the watercourses flowing into the Kuialnyk Estuary such as the chute from the sandbar, Korsuntsivska and Hildendorfska gullies and others).

Keywords: the Kuialnyk Estuary, hydrological, hydrochemical, hydrobiological, medico-biological studies, current condition.

Подання до редакції : 03. 11. 2022

Надходження остаточної версії : 20. 11. 2022

Публікація статті : 27. 12. 2022