

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
спеціальність 193 – Геодезія та землеустрій
освітня програма «Геоінформаційні системи та
технології»

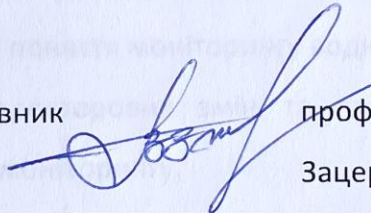
ТЕМА: «Моніторинг рівня води в Молочному лимані за
допомогою технологій ГІС та ДЗЗ»

Виконала



студентка 2-го курсу магістратури
кафедри геоінформатики
Новікова Вікторія Євгенівна

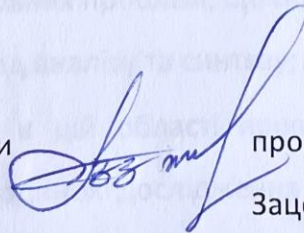
Науковий керівник



професор, доктор технічних наук
Зацерковний Віталій Іванович

Робота рекомендується до захисту (протокол № 8 засідання кафедри
геоінформатика від 15.05.2023 р.)

Завідувач кафедри



професор, доктор технічних наук
Зацерковний Віталій Іванович

Київ – 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	3
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
Розділ 1. ОПИС МОЛОЧНОГО ЛИМАНУ ТА ЙОГО ЕКОСИСТЕМИ.....	9
1.1. Загальні відомості про Молочний лиман	9
1.2. Екологічний стан Молочного лиману.....	11
Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ГІС ТА ДЗЗ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ГІДРОЛОГІЇ.....	14
2.1. Огляд технологій ГІС та їх застосування в гідрології.....	14
2.2. Огляд технологій ДЗЗ та їх застосування в гідрології.....	15
2.2.1. Застосування ДЗ в моніторингу якості води.....	17
Розділ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
3.1. Аналіз моніторингу рівня води.....	20
3.2. Quantum GIS – інструмент в ГІС.....	25
3.3. Google Earth Engine – інструмент в ГІС.....	27
Розділ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ.....	63

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГІС – Геоінформаційні системи

ДЗЗ – Дистанційне зондування Землі

РЕФЕРАТ

магістерської кваліфікаційної роботи

Новікової Вікторії Євгенівни

на тему: «Моніторинг рівня води в Молочному лимані за допомогою технологій

ГІС та ДЗЗ»

Актуальність дослідження зумовлена тим, що лиман є об'єктом з нестабільним рівнем води, а це в свою чергу впливає екосистему та економічний розвиток регіону.

Об'єкт дослідження – Молочний лиман Азовського моря.

Предмет дослідження – моніторинг рівня води в Молочному лимані за допомогою технологій ГІС та ДЗЗ.

Метою даної роботи є дослідження ключових параметрів і проведення якісного моніторингу рівня води у Молочному лимані, використання технологій ГІС та ДЗЗ для аналізу даних, що дозволить забезпечити вчасне виявлення змін.

Завданнями дипломної роботи є :

- дослідження поняття моніторингу водних об'єктів та його ключових аспектів;
- виявлення просторових змін та проведення аналізу їх залежностей для подальшого моніторингу.

В роботі були використані такі методи дослідження:

- емпіричні: метод аналізу літератури та джерел інформації: для ознайомлення з попередніми дослідженнями, збору відомостей про об'єкт дослідження та визначення основних проблем, що потребують уваги; вимірювання.
- теоретичні: метод аналізу та синтезу; порівняння.

Дослідження в цій області проводились не систематично, а в науковій доктрині наявні поодинокі дослідження щодо моніторингу рівня води в молочному лимані за окремі роки. Проте предметом даного дослідження є систематизація

отриманих раніше знань за визначення період часу. Даний період часу не був раніше предметом дослідження інших науковців. Саме тому **новизна** нашої роботи є надзвичайно високою.

Дипломна робота викладена на 70 сторінок, містить 5 таблиць, проілюстрована 17 рисунками, складається з: переліку скорочень, реферату, вступу, 4 розділів, висновків та списку використаної літератури, який включає 19 джерел.

Анотація

Моніторинг рівня води в Молочному лимані являється одним з ключових елементів вивчення акваторії Азовського моря на теперішній час. Стан та наповненість водного об'єкта впливає на екосистему та економіку регіону. Аналіз та інтерпретація даних місцевих лабораторій, даних ДЗЗ дозволяє моніторити та контролювати рівень води. Моделювання за допомогою ГІС технологій дає можливість робити прогнози та розробки стратегій щодо покращення екологічного стану лимана.

Ключові слова: Молочний лиман, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні технології, солоність води, моніторинг води.

Abstract

Water level monitoring in the Molochny estuary is one of the key elements of studying the water area of the Sea of Azov at the present time. The condition and filling of the water body affects the ecosystem and the economy of the region. The analysis and interpretation of data from local laboratories and data from the State Environmental Protection Agency allows monitoring and control of the water level.

Modeling with the help of GIS technologies makes it possible to make forecasts and develop strategies for improving the ecological condition of the estuary.

Key words: Milky estuary, remote sensing of the Earth, geo-information technologies, water salinity, water monitoring.

ВСТУП

Молочний лиман – це затоплена трансгресією (наступом) моря нижня частина долини р. Молочної. Протягом його геологічної історії морфометричні (від грец. *morve* – форма) показники постійно змінювалися. Рівень моря то опускався (регресія моря), то піднімався. Загальні контури Молочного лиману, близькі до теперішніх, виникли близько 1700–1800 років тому.

Моніторинг рівня води в лимані має важливе значення з кількох причин:

1. Екологія: Рівень води в лимані може впливати на екосистему, яка знаходиться в тому регіоні, зокрема на рослини та тварин. Наприклад, підвищення рівня води може спричинити затоплення бережних зон, що може призвести до знищення середовища мешканців цієї зони.
2. Економіка: Рівень води в лимані може впливати на економіку регіону, зокрема на сільське господарство та рибальство. Наприклад, підвищення рівня води може призвести до затоплення рибного майданчика та зниження кількості риби в лимані.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що лиман є об'єктом з нестабільним рівнем води, а це в свою чергу впливає на екосистему та економічний розвиток регіону.

Об'єкт дослідження – Молочний лиман Азовського моря.

Предмет дослідження – моніторинг рівня води в Молочному лимані за допомогою технологій ГІС та ДЗЗ.

Метою дипломної роботи є дослідження ключових параметрів і проведення якісного моніторингу рівня води у Молочному лимані, використання технологій ГІС та ДЗЗ для аналізу даних, що дозволить забезпечити вчасне виявлення змін.

Для виконання роботи були поставлені такі задачі:

- дослідити поняття моніторингу водних об'єктів та його ключових аспектів;

- виявити просторові зміни та провести аналіз їх залежностей для подальшого моніторингу

В роботі були використані такі методи дослідження:

- емпіричні:
 1. метод аналізу літератури та джерел інформації: для ознайомлення з попередніми дослідженнями, збору відомостей про об'єкт дослідження та визначення основних проблем, що потребують уваги;
 2. вимірювання.
- теоретичні:
 1. метод аналізу та синтезу;
 2. порівняння.

Дослідження в цій області проводились не систематично, а в науковій доктрині наявні поодинокі дослідження щодо моніторингу рівня води в молочному лимані за окремі роки. Проте предметом даного дослідження є систематизація отриманих раніше знань за визначення період часу. Даний період часу не був раніше предметом дослідження інших науковців. Саме тому **новизна** нашої роботи є надзвичайно високою.

Розділ 1

Опис Молочного лиману та його екосистеми

1.1. Загальні відомості про Молочний лиман

Великим прибережним водоймищем Приазов'я є Молочний лиман – гідрологічний заказник державного значення з 1974 року. Розташований на півдні Запорізької області. Західний берег лиману — в межах Якимівського району, східний — у межах Приазовського і (частково) Мелітопольського районів.

Довжина 35 км, ширина у південній частині 10 км, площа 213 кв. км (власний вимір), глибина коливається від 0,5 до 3 метрів. Дно вкрите товстим шаром мулу, змішаним з черепашковими відкладеннями, який має лікувальні властивості. Живиться Молочний лиман за рахунок водообміну з морем та річкового стоку. Прозорість води залежить від пори року і змінюється від 0,5 до 1,2 метри. Температура води в ньому влітку сягає +30 градусів за Цельсієм, а взимку утворюється льодовий покрив.

В лимані поширена прибережно-водяна рослинність - очерет південний, осоки, водорості, які є місцем гніздування багатьох видів птахів, місцем нересту та нагулу промислових видів прісноводних та морських риб. Тут водяться щука, лящ, судак, короп, 4 види кефалі, атерина, в останні роки - акліматизована дальносхідна кефаль-пеленгас, камбала, бички. Молочний лиман є і господарським об'єктом, в якому ведеться рибальство і рекреаційна діяльність.

Історичний аналіз літературних даних, пов'язаних з Молочним лиманом, дозволяє виділити чотири характерні стани (*Воровка та Затока, 2020*)

- відкритий (затока Азовського моря, період до XV ст.);
- закритий (солоне озеро, період з кінця XV ст. до 1943 року);

- напіввідкритий (сполучення з Азовським морем відбувається за рахунок широкої та добре функціонуючої протоки або декількох проток, період 1943-1972 рр.);
- напівзакритий (сполучення з Азовським морем відбувається за рахунок однієї протоки, що функціонує періодично або обмежено, період з 1972 року і дотепер).

У період напіввідкритого стану (після штучного створення протоки у 1943 році (Демченко, 2002)) відмічалось максимальне видове різноманіття риб через стабільність гідрохімічних показників, особливо, солоності.

Молочний лиман знаходиться у посушливому регіоні півдня України, де спостерігаються високі температури, особливо протягом останніх років, у зв'язку з глобальним потеплінням. Такі кліматичні умови спричинюють підвищене випаровування з його водної поверхні (*витратна частина водного балансу*) – до 155 млн м³ за рік, часом навіть до 250 млн м³. Загальний річковий стік у Молочний лиман (*дохідна частина водного балансу*) становить 68–70 млн м³. Він включає стік р. Молочної – 51 млн м³, інших малих річок - Джебельна (3 млн м³), Ташенак (9 млн м³) та промислово-побутові стоки м. Мелітополя (5 млн м³). Таким чином, витрата вологи (випаровуваність) перевищує її надходження у вигляді стоку більше ніж у 2,2 раза, тобто спостерігається від'ємний водний баланс. Неабияку роль у цьому процесі відіграло використання води лиману для господарських і побутових потреб (подібно до того, як у Середній Азії зникло практично ціле Аральське море від обміління річок Аму-дар'ї та Сир-дар'ї, що в нього впадають).

В результаті дії всіх чинників Молочний лиман почав міліти. Берегова лінія відступила в бік його акваторії на відстань до 500–1000 м. Були випадки, коли за 2 тижні вона відходила на 3–8 м. (<https://www.ecoleague.net/veresen/item/323-problema-molochnoho-lymanu-ta-shliakhy-ii-rozv-iazannia>)

1.2. Екологічний стан Молочного лиману

Для лиману характерно два різних екологічних стани. Перший характеризується певним з'єднанням лиману з морем за рахунок діючого каналу. В таких умовах він відрізняється високими показниками продуктивності, оптимальною солоністю води на рівні 17-25 г/л, високими показниками біологічного різноманіття. Такий стан лиману був характерний до кінця минулого сторіччя.

Другий стан визначається відокремленням лиману від моря. За таких умов відбувається підвищення солоності до 30-90 г/л (рис...), зниженням біорізноманіття, падіння рівня води та інші негативні явища. Така ситуація для лиману притаманна з 2002 р.

Аналізуючи цей стан за останні роки, слід відмітити наступні проблеми:

- падіння рівня води;
- несприятливі коливання гідрохімічного режиму, збільшення солоності;
- зменшення біологічного різноманіття,
- втрата рибопродуктивності;
- зменшення чисельності і видового різноманіття іхтіофауни та гніздової орнітофауни;
- втрата важливих для гніздування та сезонного пере-бування птахів біотопів;
- застійні процеси, заболочення та погршення рекре-аційних умов;
- розвиток передзаморних ситуацій (Демченко та ін., 2012).

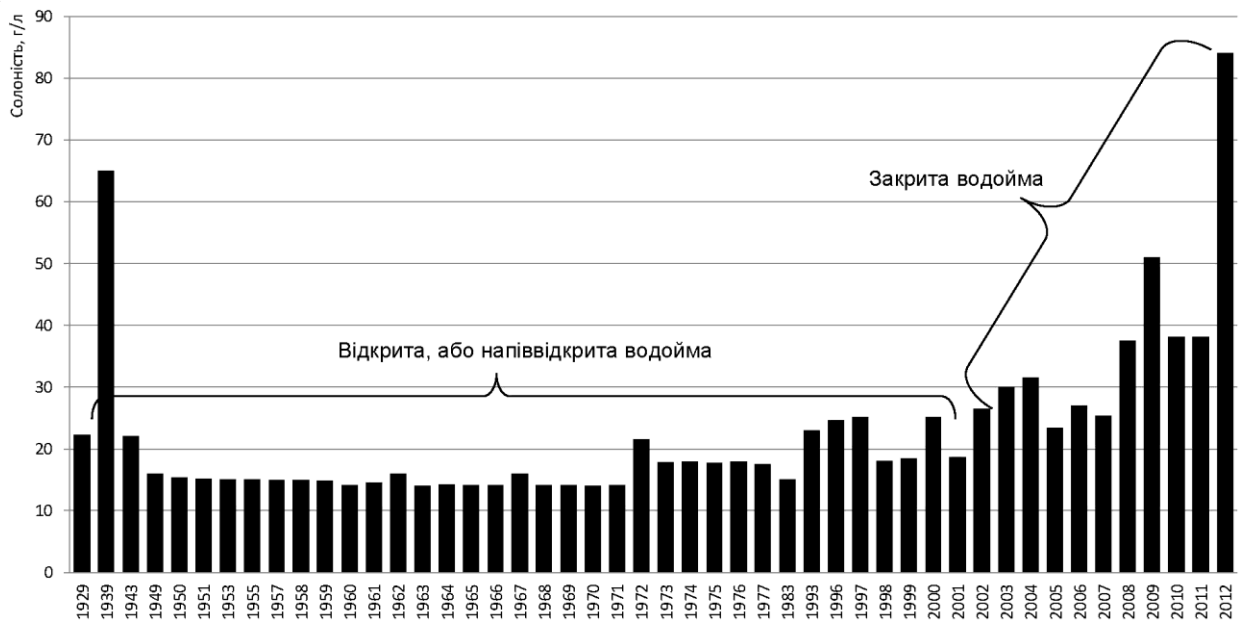


рис.1 – Багаторічна динаміка солоності Молочного лиману

«Сьогодні рівно місяць, як працює промоїна. Про результати говорити дуже рано, але проміжні підсумки не можуть не тішити. З моменту спостережень підйом води склав 60 см. Солоність залежно від нагінних явищ зі 120 проміле впала до 60 (іноді піднімається до 105) у будь-якому випадку тенденція до розпресування є. Далі буде...», - розповідає Дмитро Воловик, директор Приазовського національного парку на своїй сторінці у Facebook. (https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=pfbid0uCtNvzzPwWb4VQB2xEmcZdtvSeXwh5qYq7r4P6HDXDS2T1Cdcwn7KhfGz4itHfykl&id=100001090488489)

«Інститут морської біології продовжує важливі дослідження стану водойм Азово-Чорноморського регіону. На минулому тижні проводилися дослідження сучасного стану екосистеми Молочного лиману. Це стало можливо завдяки співпраці Інституту з науковцями Приазовського національного природного парку.

Довгий час стан водойми оцінювався як критичний у зв'язку з відсутністю водообміну з Азовським морем. В грудні 2019 року відбулося відновлення з'єднання лиману з морем та були побудовані захисні споруди у вигляді двох

хвилеломів. В цілому слід зазначити, що проведені роботи в межах каналу між лиманом та морем сприяли позитивній тенденції відновлення гідроекосистеми.

На сьогодні відмічається зменшення солоності вод Молочного лиману. Так, якщо в грудні 2019 року даний показник коливався в залежності від акваторії лиману від 80 до 100 ‰, то в сучасних умовах він знаходиться в межах 27-41 ‰. Зниження солоності та постійний водообмін між лиманом та морем сприяли міграції низки видів риб на нерест та нагул.

Загалом слід говорити про позитивні зміни в Молочному лимані та сподіваємося на подальше відновлення екосистеми.»

(<https://www.facebook.com/IMBNASU/posts/568500970694611/>)

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЇ ГІС ТА ДЗЗ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ГІДРОЛОГІЇ

2.1. Огляд технологій ГІС та їх застосування в гідрології

ГІС (геоінформаційні системи) - це інструмент для збору, обробки, аналізу та візуалізації геопросторових даних. У гідрології технології ГІС можуть бути застосовані для аналізу інформації про гідрологічні системи, включаючи збір даних про річкові басейни, джерела води та інші водні ресурси. Дані, зібрані з використанням ГІС, можуть бути використані для створення карт, аналізу гідрологічних процесів, прогнозування повеней та забезпечення водних ресурсів.

Основні переваги використання технологій ГІС в гідрології включають:

- Збір та обробка даних про гідрологічні системи в одному місці;
- Можливість аналізу гідрологічних процесів в різних масштабах;
- Підвищення точності та швидкості обробки даних;
- Можливість створення візуалізацій та картографічних матеріалів.

Результатом застосування технологій ГІС в гідрології може бути:

- Моделювання повеней та затоплень;
- Прогнозування водних ресурсів та їх використання;
- Аналіз впливу людської діяльності на водні ресурси;
- Визначення впливу кліматичних змін на водні ресурси;
- Розробка планів управління водними ресурсами та боротьби зі забрудненням води.

Однією з найбільш важливих застосувань технологій ГІС в гідрології є моделювання гідрологічних процесів. Такі моделі дозволяють спрогнозувати рух води та її вплив на навколишнє середовище. Вони можуть бути використані для вивчення змін клімату та водних ресурсів, розробки планів управління водними ресурсами, розробки стратегій зменшення ризиків повеней та забезпечення безпеки водопостачання.

2.2. Огляд технологій ДЗЗ та їх застосування в гідрології...

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - це процес збору інформації про Землю за допомогою супутників, літаків та інших датчиків без прямого контакту з поверхнею Землі. В гідрології, технології ДЗЗ використовуються для збору та аналізу гідрологічної інформації, такої як джерела води, рух води, забруднення води та рівнів поверхневих вод.

Основними перевагами космічних знімків є: одночасність охоплення значної площі акваторії, безперервність інформаційного змісту знімка для кожної точки зображення, висока періодичність реєстрації стану водних мас і прибережних територій.

Альтиметри - це прилади, які вимірюють висоту точок на поверхні Землі відносно референцного еліпсоїда, а також висоту морського рівня. Дані альтиметрів можна використовувати для визначення рівня моря і, відповідно, рівня води у лимані. Наприклад, радіолокаційний альтиметр Jason-3 здійснює вимірювання висоти морського рівня з точністю більш ніж 3 сантиметри.

Для визначення рівня води у лимані можна використовувати дані альтиметрів, які знаходяться на супутниках. Супутники, які мають альтиметри, періодично здійснюють прохід над лиманом і вимірюють висоту морського рівня у цій точці. Якщо порівняти ці вимірювання з висотою морського рівня в інших точках, можна визначити рівень води у лимані.

Також можна використовувати дані з лазерних альтиметрів, які можуть бути встановлені на літаках або дронах. Вони здійснюють вимірювання відстані від літака або дрона до поверхні води і можуть бути використані для визначення рівня води.

На практиці розрізняють такі *види досліджень*
([https://uk.wikipedia.org/wiki/Космічна гідрологія](https://uk.wikipedia.org/wiki/Космічна_гідрологія)):

- дослідження річок;
- дослідження водосховищ, озер;
- дослідження боліт;
- дослідження льодовиків;
- дослідження вод морів, Світового океану;
- гідроаерологічні дослідження (космічна метеорологія);
- спеціальні гідрологічні дослідження;
- дослідження підземних вод.

За допомогою даних ДЗЗ в гідрології проводять:

- Моніторинг процесів заростання гирлових зон річок, верхів'я водосховищ та заболочування прилеглих територій
- Моніторинг «цвітіння» води
- Моніторинг теплового забруднення водойм
- Дослідження розподілу температур поверхні океану
- Дослідження руслових процесів
- Історична реконструкція гідрографічної мережі та оцінка трансформації ландшафтів
- Моніторинг процесів висихання водойм
- Динаміка льодової обстановки внутрішніх водойм

2.2.1. Застосування ДЗ в моніторингу якості води

Якість води – це процес визначення хімічних, фізичних і біологічних характеристик водних об'єктів та визначення джерела будь-якого можливого забруднення або зараження, яке може призвести до деградації якості води. Ці показники якості води можна класифікувати як:

Біологічні: бактерії, водорості,

Фізичні: температура, каламутність і прозорість, колір, солоність, завислі тверді речовини, розчинені тверді речовини,

Хімічні: рН, розчинений кисень, біологічна потреба в кисні, поживні речовини (включаючи азот і фосфор), органічні та неорганічні сполуки (включаючи токсиканти),

Естетичні: запахи, плями, колір і плаваючі речовини.

Повідомлялося про різноманітні дослідження щодо корисності дистанційного зондування як інструменту моніторингу якості води (Ritchie та Charles, 1996; Dekker та ін., 2002 та Schalles та ін., 1998).

Дистанційне зондування для моніторингу якості води було розпочато на початку 1970-х років (Ritchie та ін., 1974), було розроблено ранній емпіричний підхід до оцінки завислих відкладень за загальним рівнянням наступним чином:

$$Y=A+BX \text{ або } Y=ABX. \quad (2.2.1)$$

де Y – це вимірювання дистанційного зондування (тобто яскравість, коефіцієнт відбиття, енергія),

X – якість води (тобто завислий осад, каламутність).

A та B є емпірично отриманими факторами, отримані зі статистичних залежностей, які визначаються за значенням спектрального коефіцієнта

За спектральним коефіцієнтом відбиття можна отримати інформацію про смугу або довжину хвилі, яка підходить для цього параметра якості води. Пізніше це рівняння застосував інший дослідник для оцінки параметру якості води.

Завислі речовини складаються з органічних і неорганічних речовин. Важливу роль у воді відіграють зважені речовини управління якістю, оскільки це стосується загального первинного виробництва та потоків важких металів мікробруднювачі. Завислі речовини є найпоширенішими забруднювачами поверхневих вод. Зважені відкладення підвищують випромінювання від поверхневих вод у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах електромагнітного спектру (Ritchie та Charles, 1996). Методи дистанційного зондування можна використовувати для оцінки та картографування концентрацій зважених речовин у внутрішніх районах води, надаючи як просторову, так і часову інформацію. з TSM і підійде для оцінки зважених речовин (Dekker та ін., 2002).

Евтрофікацію водойм можна кількісно визначити концентрацією хлорофілу, що міститься у водоростях. Хлорофіл є одним із фотосинтезуючих агентів, що сприяє забарвленню води.

Каламутність води є вираженням оптичних властивостей води, які викликають розсіювання світла та поглинається, а не передається прямими лініями. Тому це зазвичай розглядається як протилежність ясності. Каламутність води в основному спричинена наявністю зважених речовин та часто використовується для розрахунку концентрації річкових завислих відкладень (Wass et al., 1997).

Розчинена органічна речовина, яка впливає на колір води, називається гільвіном, її також називають кольоровою розчиненою органікою, водний гумус, гельбстоф або жовта речовина. Ці терміни стосуються всіх розчинних органічних речовин (які можуть пропускатись фільтр 0,45 мкм), що значно сприяє поглинанню світла певної довжини хвилі.

Розчинена органічна речовина (CDOM) складається з природних речовин; водорозчинні, біогенні, гетерогенні органічні речовини від жовтого до коричневого кольору (Aiken et al., 1985). CDOM – частка розчиненого органічна речовина, яка поглинає світло як в ультрафіолетовому, так і у видимому діапазоні. Розчинені

органічні речовини також впливають на об'ємний спектр відбивання, але майже виключно на коротших довжинах хвиль (Bukata et al., 1985).

CDOM поглинає видиме світло, особливо нижче ~ 500 нм, і його поглинання експоненціально зростає зі зменшенням довжини хвилі. Тим не менш, (Strombeck, 2001) повідомив, що поглинання червоного світла може бути значним при високих концентраціях CDOM. З вигідної точки зору, сильне поглинання CDOM в УФ-частині спектра захищає фітопланктон та іншу біоту від шкідливого ультрафіолетового випромінювання (Green and Blough, 1995).

Однак на зростаючих рівнях поглинання CDOM може вплинути на первинну продуктивність і структуру екосистеми, зниження кількості та якості фотосинтетично активного опромінення фітопланктону.

Концентрації CDOM також зростають у прибережних водах через утворення *in situ* фолієвої кислоти, що виробляється з розкладання морських водоростей (Sieburth and Jensen 1969), як побічний продукт первинного виробництва, стимульованого поживних речовин (Del Castillo та ін., 1999) та антропогенного надходження промислових або побутових стоків з населених територій (Bricaud та ін., 1981).

Розділ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналіз моніторингу рівня води

Водні об'єкти добре розрізняються на космічних знімках, що дає можливість ефективно здійснювати їх дистанційне картографування та моніторинг. Космічні знімки дозволяють стежити за розвитком різноманітних процесів у ріках, озерах, водосховищах, виявляти їх наслідки, обумовлені як природними, так і антропогенними факторами.

За допомогою даних ДЗЗ та програмних комплексів щодо їх обробки можна вирішити багато важливих гідрологічних завдань, в тому числі таких як (Томченко, 2014):

- отримувати різномасштабні карти ландшафтів водозаборів та оцінювати ступінь їх антропогенного порушення;
- виконувати контроль гідрографічної мережі та споруд на заплавах і призаплавних ділянках, особливо в районах великих міст та в зонах великомасштабного гідротехнічного будівництва;
- здійснювати інвентаризацію водойм та водотоків;
- здійснювати моніторинг і прогнозування процесів заростання гирлових зон, заболочування прилеглих територій та трансформацію ландшафтів (у т. ч. історичну реконструкцію);
- визначати біологічну продуктивність водойм, оцінювати біоресурси (запаси фітомаси вищої водної рослинності, ступінь розвитку угруповань зоо- і фітопланктону, площі нерестилищ, місць нагулу риби та кормівлі водоплавної птиці тощо);
- виявляти антропогенно спровоковані і природні зміни водної маси

(природне та антропогенне евтрофування, зміну прозорості води, загальної мінералізації, наявність суспензій тощо);

- виявляти джерела забруднення водного середовища (точкових і дифузійних), їх інгредієнтів, у тому числі органічної й мінеральної суспензії, поверхневих плівок нафтопродуктів, розчиненої органічної речовини, виявлення зон «цвітіння» води, теплових забруднень і визначення шляхів міграції забруднень;
- здійснювати екологічний моніторинг на базі ГІС-технологій;
- визначати інтенсивність і масштаби процесів ерозії і абразії берегів, зсувних явищ, селевих переміщень і осідання ґрунту (суфозії), границь карстових зон, реєструвати переформування русел річок і відмілин;
- відслідковувати шкідливий вплив вод (підтоплення, засолення, катастрофічні паводки);
- здійснювати моніторинг та моделювання процесів затоплення території під час повеней за серією космічних знімків та тривимірними моделями рельєфу;
- визначати масштаби антропогенного навантаження (міських агломерацій, промисловості і сільського господарства) на прилеглі до водної системи ділянки суші (у т. ч. і рекреації);
- здійснювати моніторинг водного і льодового режимів водойм, спостерігати за процесами сніготанення в цілях прогнозування стоку, виконувати контроль льодової обстановки при проходженні паводку на річках;
- виявляти ділянки порушення санітарних зон в районах водозаборів;

- оцінювати стан водоохоронних територій, природоохоронних об'єктів та дотримання положень чинного законодавства, регулюючого взаємовідносини людини і природи.

Моніторинг рівня води - це процес збору та аналізу даних про рівень води в річках, озерах, ставках та інших водоймах. Дані, зібрані під час моніторингу рівня води, можуть використовуватися для розуміння гідрологічних процесів, виконання прогнозування повеней та суховіїв, оцінки водних ресурсів та розробки стратегій управління ними.

Особливості методики проведення моніторингу вод обумовлені необхідністю урахування вимог Постанови Кабінету Міністрів України від 19.09.18 № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод», яка набирає чинності з 1 січня 2019 року (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>), а також Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23.10.2000 (*Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 2000*).

З 2019 року в Україні передбачено виконання трьох видів державного моніторингу вод для масивів поверхневих вод: діагностичний, операційний та дослідницький, які здійснюються за басейновим принципом.

Діагностичний моніторинг здійснюється для визначення основних антропогенних впливів на стан водних об'єктів, оцінки змін, викликаних антропогенними чинниками, та (у подальшому) розроблення програми державного моніторингу вод.

Операційний моніторинг здійснюється для масивів вод, у яких існує ризик недосягнення екологічних цілей, а також масивів вод, з яких здійснюється забір води для задоволення питних потреб населення в обсязі – 100 куб.м на добу.

Дослідницький моніторинг здійснюється для масивів поверхневих вод з метою встановлення причин відхилення від екологічних цілей, з'ясування масштабу та наслідків аварійного забруднення вод та встановлення причин наявності ризику недосягнення екологічних цілей.

До **об'єктів** державного моніторингу природних вод України відносять:

- поверхневі води, до яких належать природні водойми і водотоки (річки, струмочки), штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;
- підземні води і джерела;
- внутрішні морські води і територіальне море, морську економічну зону;
- джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скиди рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобутку корисних копалин в межах акваторій поверхневих і морських вод;
- води поверхневого стоку з сільськогосподарських угідь;
- фільтрацію забруднювальних речовин з технологічних водойм і сховищ;
- масовий розвиток синьо-зелених водоростей;
- надходження забруднювальних речовин з донних відкладень (повторне забруднення) та ін.

До головних **суб'єктів** державного моніторингу стану вод суші та вмісту забруднювальних речовин у водних об'єктах належать:

- Міністерство екології і природних ресурсів (зокрема, Державна екологічна інспекція України, що координується цим міністерством);

- МОЗ (координує Державну санітарно-епідеміологічну службу);
- Міністерство внутрішніх справ України (координує Державну службу України з надзвичайних ситуацій, в склад якої входить Український гідрометеорологічний центр);
- Міністерство регіонального розвитку, будівництва і житлово-комунального господарства України;
- Міністерство аграрної політики і продовольства (МАП);
- Державне агентство водних ресурсів та їх органи на місцях.

Основний обсяг робіт із моніторингу річок виконують пункти спостережень Українського гідрометеорологічного центру. Ці пункти розподілені за 10 річковими басейнами України. Найбільше пунктів спостережень розташовано в басейні Дніпра, розвинена мережа спостережень у басейнах Дунаю та Дністра.

Сучасна гідрологічна мережа України налічує 374 пости. Крім того, постійний контроль за якістю зворотних вод, що надходять у водні об'єкти, виконують комунальні та промислові підприємства, які здійснюють очищення стічних вод.

Рівень води у лимані може бути вплинутий різними факторами:

- Природні фактори: до природних факторів, які можуть вплинути на рівень води у лимані, відносяться припливи та відпливи, зміна рівня моря, зміна водних потоків в річках та струмках, сезонні опади та випаровування води, а також геологічні процеси.
- Антропогенні фактори: до антропогенних факторів, які можуть вплинути на рівень води у лимані, відносяться забруднення водойми, зведення гребель та

інших гідротехнічних споруд, зменшення водного потоку через зрошення та зрошувальні системи, зменшення водного потоку через водозабір на підприємствах та для питної води, видалення рослинності з берегів річок та лиманів, а також забій ґрунту під забудову та інфраструктуру.

- Природно-антропогенні фактори: до природно-антропогенних факторів, які можуть вплинути на рівень води у лимані, відносяться зміни в місцевому кліматі, вирубка лісу, забій ґрунту під сільське господарство та інші форми землекористування, зрошувальні та інші гідротехнічні системи тощо.

3.2. Quantum GIS – інструмент в ГІС

GIS (раніше відомий як «**Quantum GIS**») — вільна крос-платформена геоінформаційна система (ГІС). Основним призначенням системи є обробка і аналіз просторових даних, підготовка різної картографічної продукції. Інтерфейс QGIS побудований на базі бібліотеки Qt. Підтримуються різноманітні векторні і растрові формати з ESRI Shapefile і GeoTIFF включно.

Гарі Шерман почав розробку Quantum GIS на початку 2002 року, і це стало інкубатором проекту Open Source Geospatial Foundation в 2007 році. Версія 1.0 була випущена в січні 2009 року. QGIS широко використовує бібліотеки Qt. QGIS дозволяє інтеграцію плагінів, використовуючи або C++ або Python. На додаток до Qt, необхідні залежності QGIS включають GEOS і SQLite. GDAL, GRASS GIS, PostGIS і PostgreSQL також рекомендується, бо вони забезпечують доступ до додаткових форматів даних.

GIS QGIS дозволяє користувачам створювати карти з безліччю шарів, використовуючи різні картографічні проєкції. Карти можуть бути зібрані в різні формати і використовуватися з різною метою. У системі QGIS карти можуть складатися з растрових або векторних шарів. Типовими для такого роду програмного забезпечення, векторні дані зберігаються як точка, лінія, полігон.

Підтримуються різні види растрових зображень. Програмне забезпечення може виконувати геоприв'язку зображень.

QGIS працює під керуванням різних операційних систем, включно з MacOS X, Linux, UNIX та Windows. Для користувачів Mac, перевага QGIS над GRASS GIS у тому, що вона не вимагає віконної системи X11 для переміщення, а сам інтерфейс набагато чистіший і швидший. QGIS може також використовуватися як графічний інтерфейс користувача у GRASS. QGIS має невеличкий розмір файлу порівняно з комерційними ГІС і вимагає менше пам'яті і потужності процесора; отже, його можна використовувати на старих комп'ютерах або паралельно з іншими додатками, де потужності процесора можуть бути обмежені.

QGIS веде активна група добровольців-розробників, які регулярно випускає оновлення та виправлення. Станом на 2012 рік, розробники перевели в QGIS 48 мов і цей додаток використовується на міжнародному рівні в академічному або професійному середовищі.

Як вільне програмне забезпечення відповідно до ліцензії GNU GPL, QGIS можуть бути вільно змінені для виконання різних або більш спеціалізованих завдань. Є два приклади: QGIS Браузер і QGIS серверних додатків, які використовують один і той же код для доступу до даних і візуалізації, але являють різні інтерфейси. Також є безліч плагінів розширювати базову функціональність програмного забезпечення.

QGIS дозволяє використання DXF, шейп файли, покриття і персональні бази геоданих. MapInfo, PostGIS і ряд інших форматів підтримуються в QGIS. Вебсервіси, в тому числі Web Map Service та Web Feature Service, також підтримуються, щоб дозволити використання даних із зовнішніх джерел.

<https://uk.wikipedia.org/wiki/QGIS>

3.3. Google Earth Engine – інструмент в ГІС

Google Earth Engine — це обчислювальна платформа, яка дозволяє користувачам виконувати геопросторовий аналіз в інфраструктурі Google. Є кілька способів взаємодії з платформою. Редактор коду — це веб-інтегроване середовище розробки для написання та виконання сценаріїв. Explorer — це легка веб-програма для вивчення нашого каталогу даних і виконання простих аналізів. Клієнтські бібліотеки надають оболонки Python і JavaScript навколо нашого веб-API.

Редактор коду Earth Engine на code.earthengine.google.com — це веб-інтегроване середовище розробки для JavaScript API Earth Engine. Для цього потрібно ввійти за допомогою облікового запису Google, для якого ввімкнено доступ до Earth Engine. Функції редактора коду призначені для швидкої та легкої розробки складних геопросторових робочих процесів.

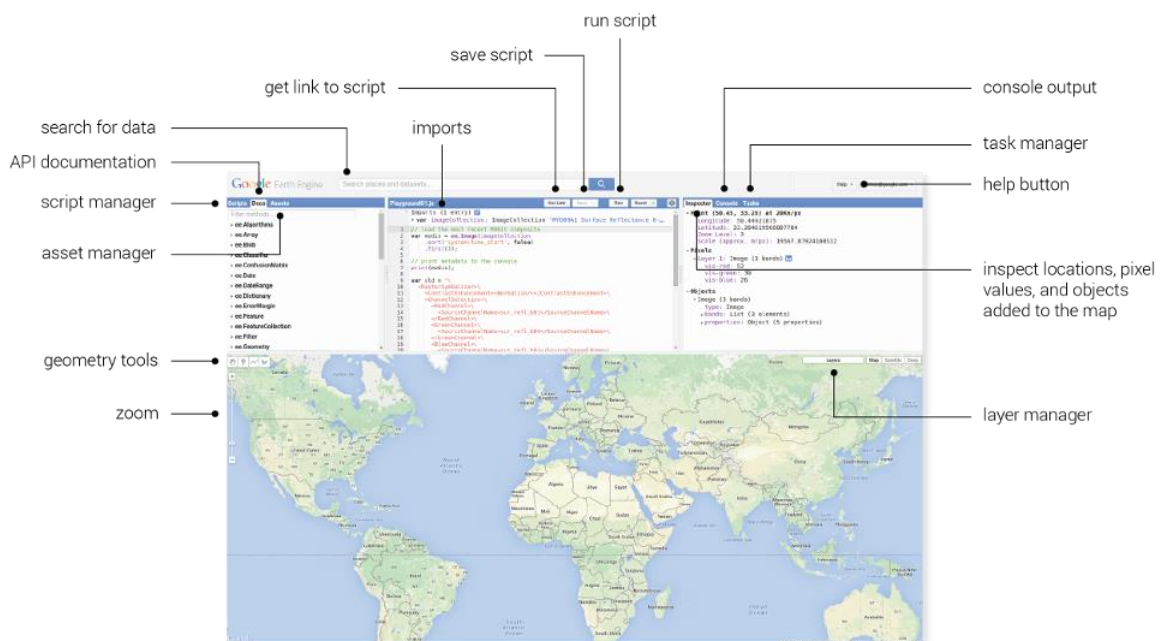


Рис. 3.3. – Елементи редактору коду

Клієнтські бібліотеки надають функції оболонки JavaScript і Python для API Earth Engine. Ви можете використовувати їх для створення користувацьких програм і локального коду Earth Engine за допомогою інтерпретатора JavaScript або

Python. Репозиторій на GitHub містить низку демонстрацій, які ілюструють, як використовувати клієнтські бібліотеки(<https://earthengine.google.com/platform/>).

Розділ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для якісного моніторингу рівня води у лимані можна аналізувати наступні фактори:

1. Рівень води: даний параметр є ключовим індикатором для моніторингу водоймища, його зміна може свідчити про зміну режиму стоку, водопостачання або підземних вод.
2. Температура води: зміна температури води може вказувати на процеси термокарсту, відкриття водних джерел, зміну стоку води, зміну техногенного впливу на водоймище.
3. Кількість опадів: кількість опадів може впливати на рівень води, що в свою чергу може впливати на екосистему лиману та прибережної зони.
4. Хімічний склад води: аналізування хімічного складу води може допомогти виявити зміни в якості води, що може бути пов'язано з викидами забруднюючих речовин або змінами в гідрохімічних режимах.
5. Вміст солі у воді: зміна вмісту солі у воді може вказувати на зміну процесів випару, підземних вод або морського впливу.
6. Забруднення водоймища: моніторинг забруднення води може допомогти виявити викиди забруднюючих речовин, що може впливати на стан екосистеми водоймища.
7. Висота рельєфу: висота рельєфу може впливати на гідродинаміку водоймища та на розподіл ресурсів води.
8. Рух води: дослідження руху води може допомогти виявити зміни в течії, що може вказувати на зміну гідрологічних режимів та стану водоймища.

Дослідження проводилося на основі відкритих даних про кількість опадів, температурний режим регіону, солоність води та загальної площі водного басейну.

Для проведення моніторингу та аналізу проводились роботи у застосунку QGIS, на сайтах <https://earthexplorer.usgs.gov/> та <https://earthengine.google.com/>.

Моніторинг рівня води проводився у декілька етапів:

- 1) Визначення періоду. Для проведення моніторингу та аналізу було вибрано було вибрано 2013-2021рр.
- 2) Завантаження знімків. Всі знімки були завантажені з сайту <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Для моніторингу було вибрано по 1 найбільш вдалому знімку зі спутника Landsat 8 на рік. Для 2019 року було вибрано два знімки, оскільки в різний період часу рівень води в лимані різко змінювався.
- 3) Визначення складових факторів, що впливають на рівень води у лимані.
- 4) В редакторі коду на сайті <https://earthengine.google.com/> було отримано графіки опадів і температури повітря у даній місцевості за визначені роки.
- 5) Окреслення меж Молочного лиману на основі OSM(Open Street Map) та визначення площі для подальшого порівняння у застосунку QGIS.
- 6) Також у застосунку QGIS було окреслено межі лиману за всі роки та розраховано площі.
- 7) Складено порівняльну таблицю площі лиману та проведено аналіз змін.
- 8) Створено таблицю з кількістю опадів за конкретним роком та проведено аналіз змін.
- 9) Створено таблицю з показниками температурного режиму та проаналізовано зміни.

В застосунку QGIS було окреслено межі Молочного лиману на основі OSM(Open Street Map) та визначено площу для подальшого порівняння – 213 км² (рис.3.1). Нижче наведено скріншоти з QGIS – порівняння меж лиману на основі OSM та конкретним роком (рис. 4.2 – 4.11)



рис. 4.1 – Територія Молочного лиману на основі OSM

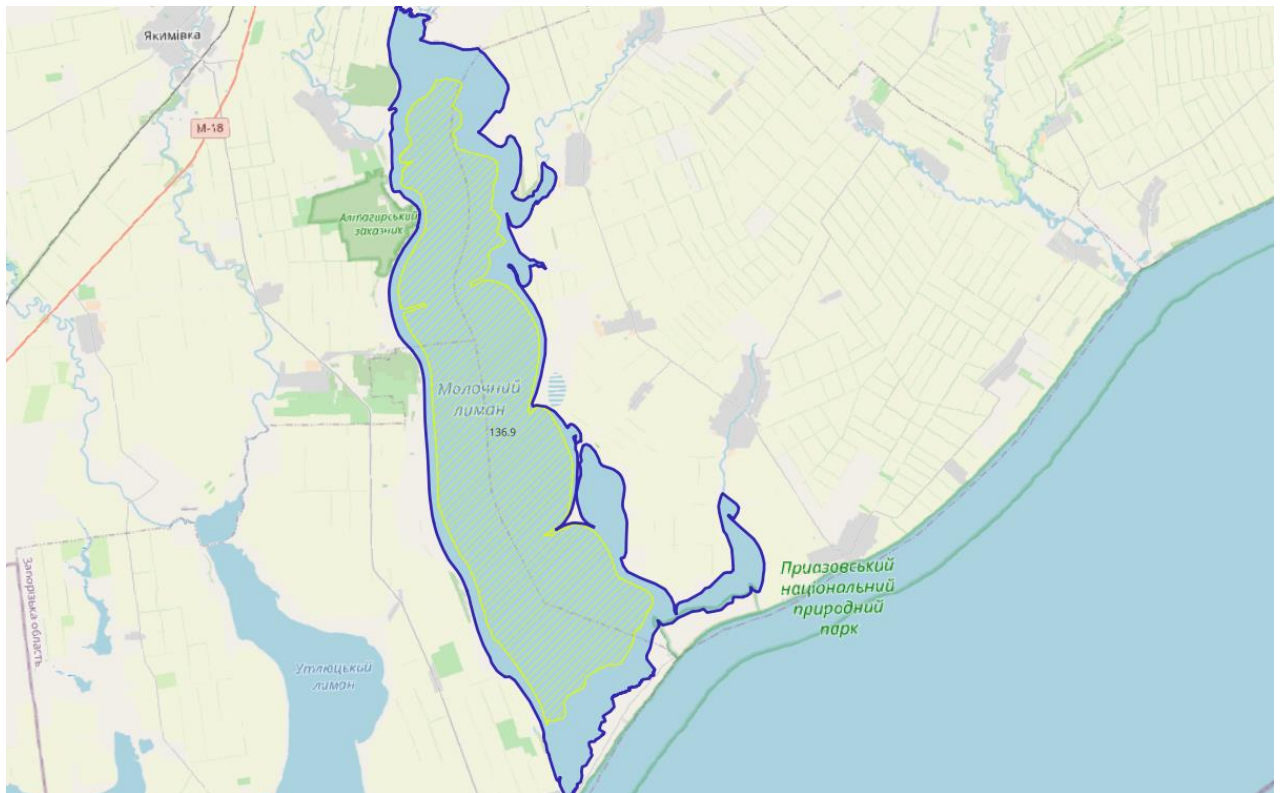


рис. 4.2 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2013 році

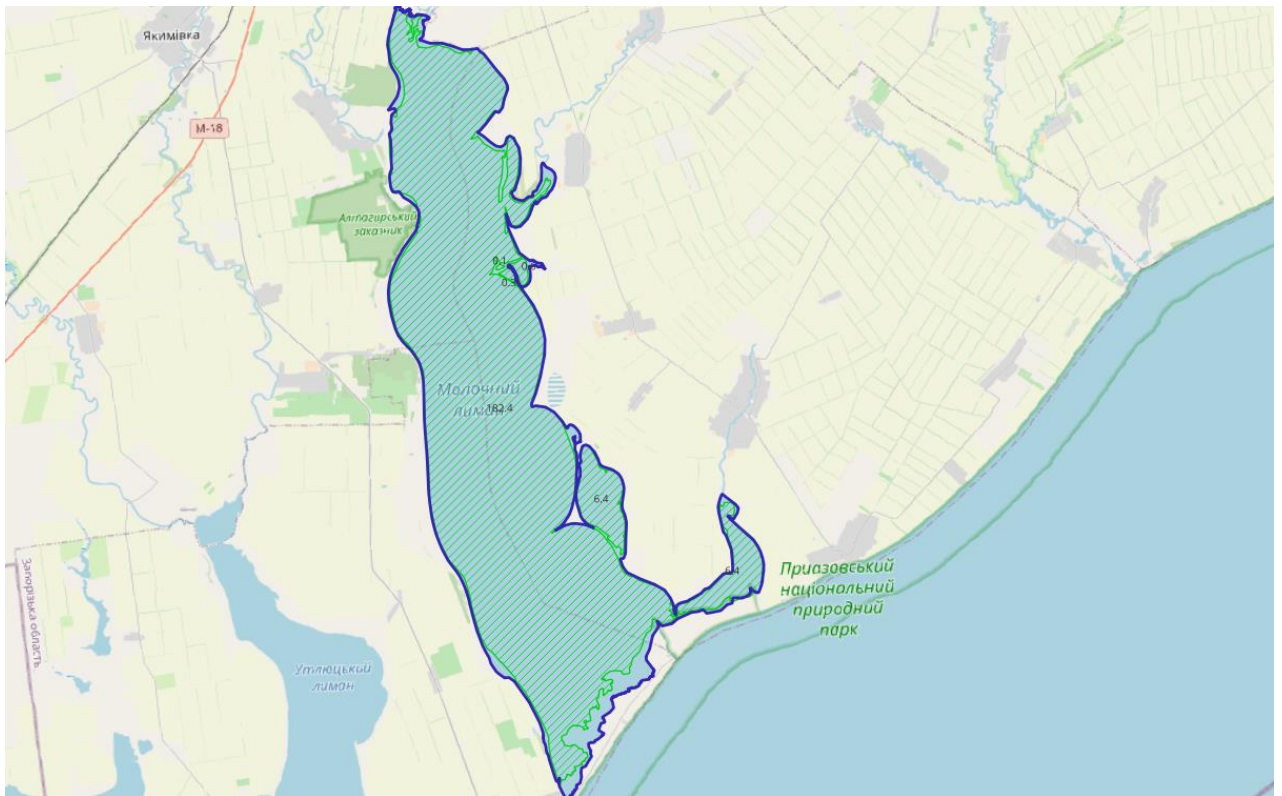


рис. 4.3 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2014 році

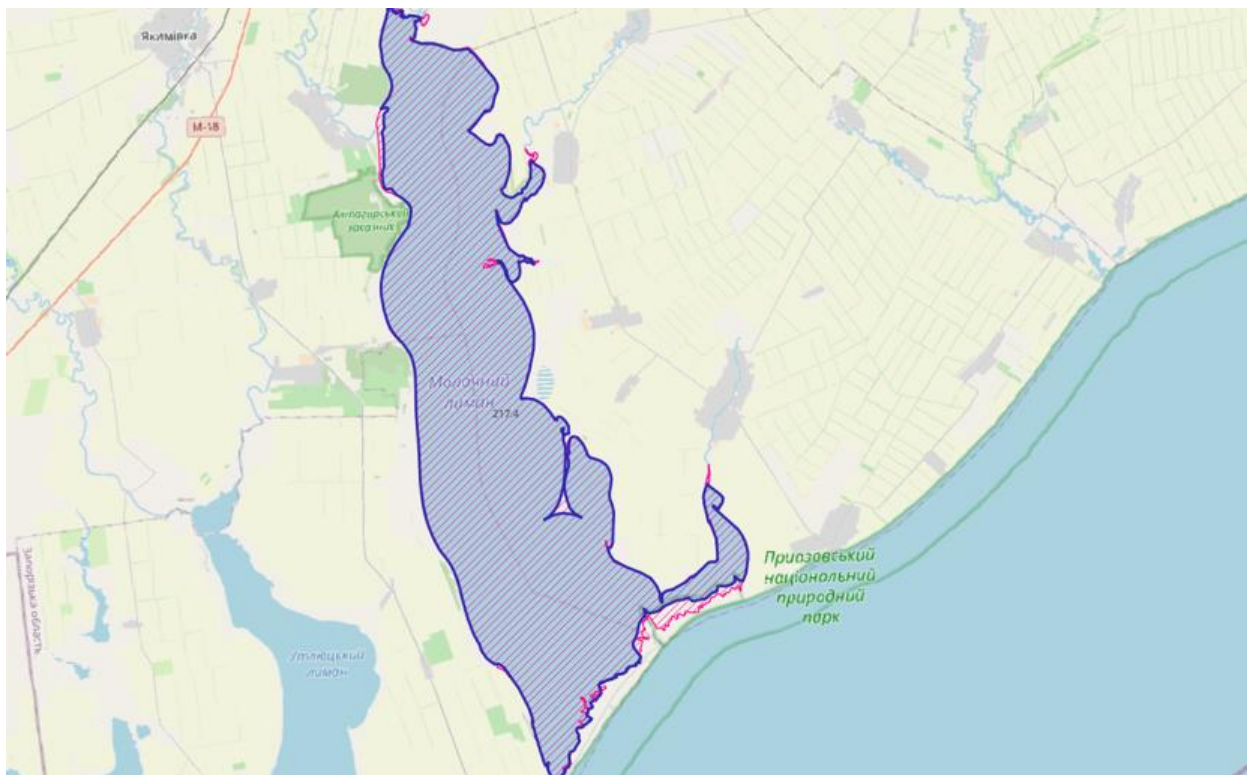


рис. 4.4 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2015 році

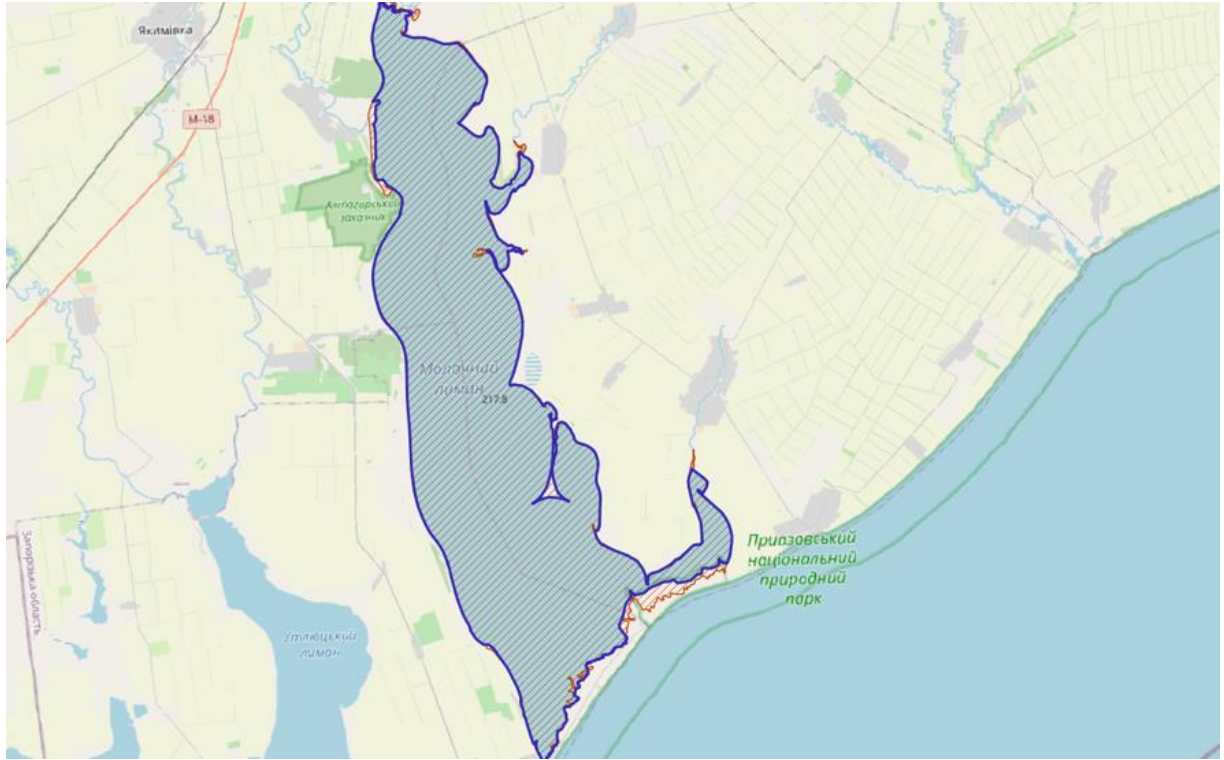


рис. 4.5 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2016 році

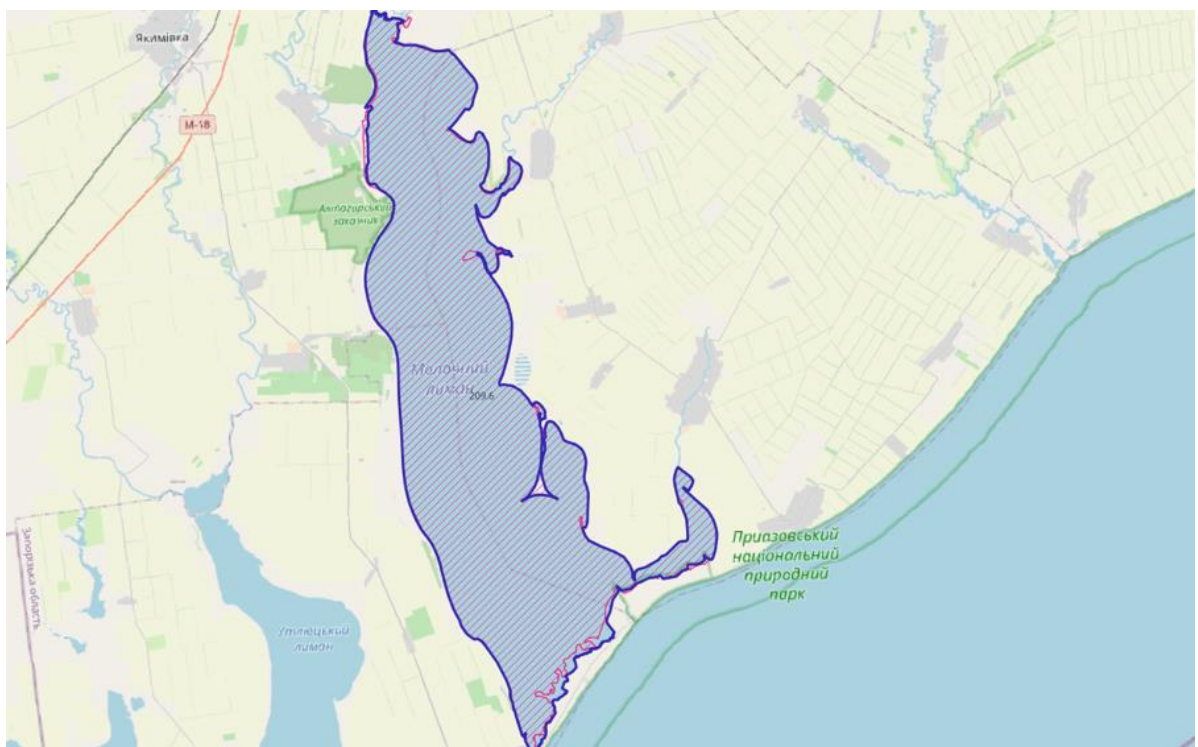


рис. 4.6 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2017 році

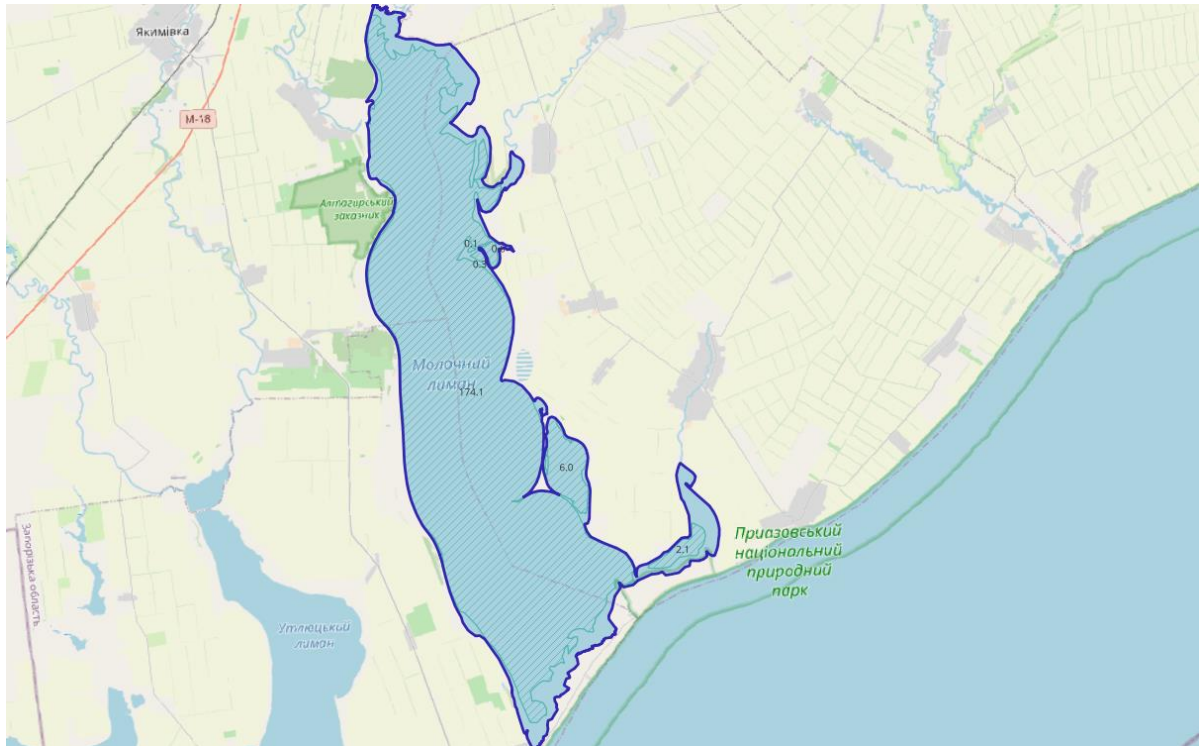


рис. 4.7 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2018 році

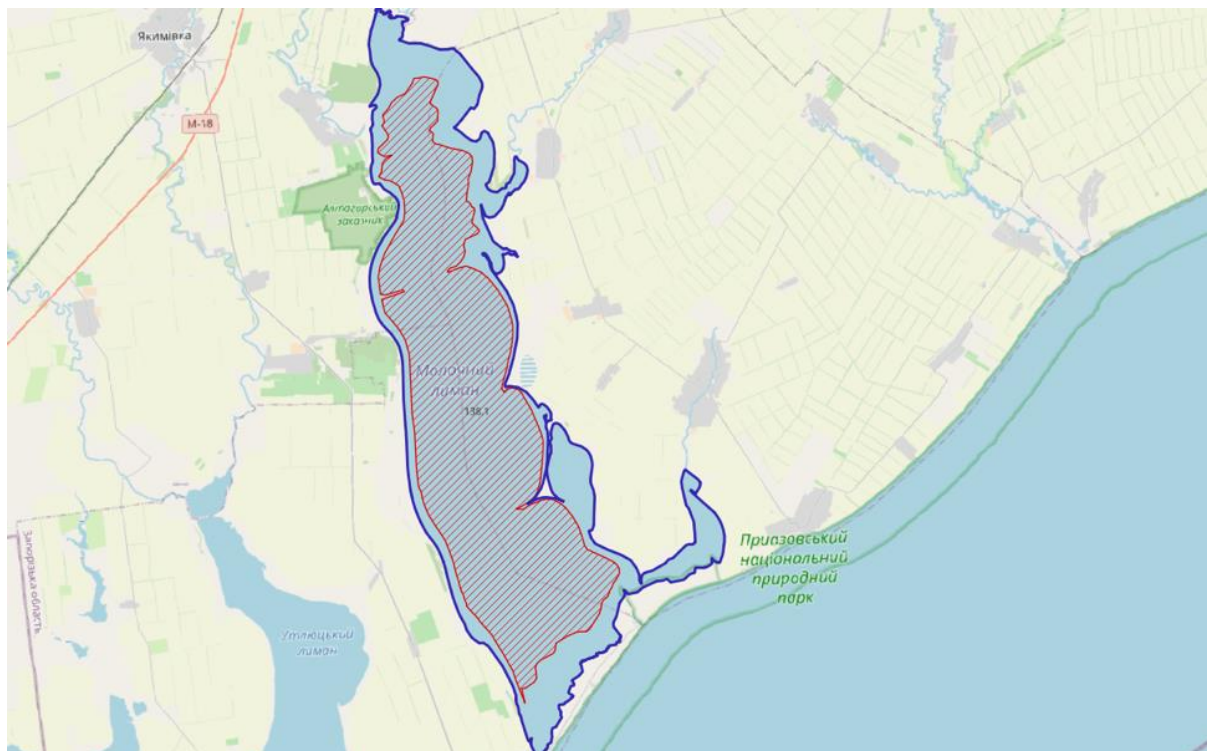


рис. 4.8 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану у вересні 2019 року

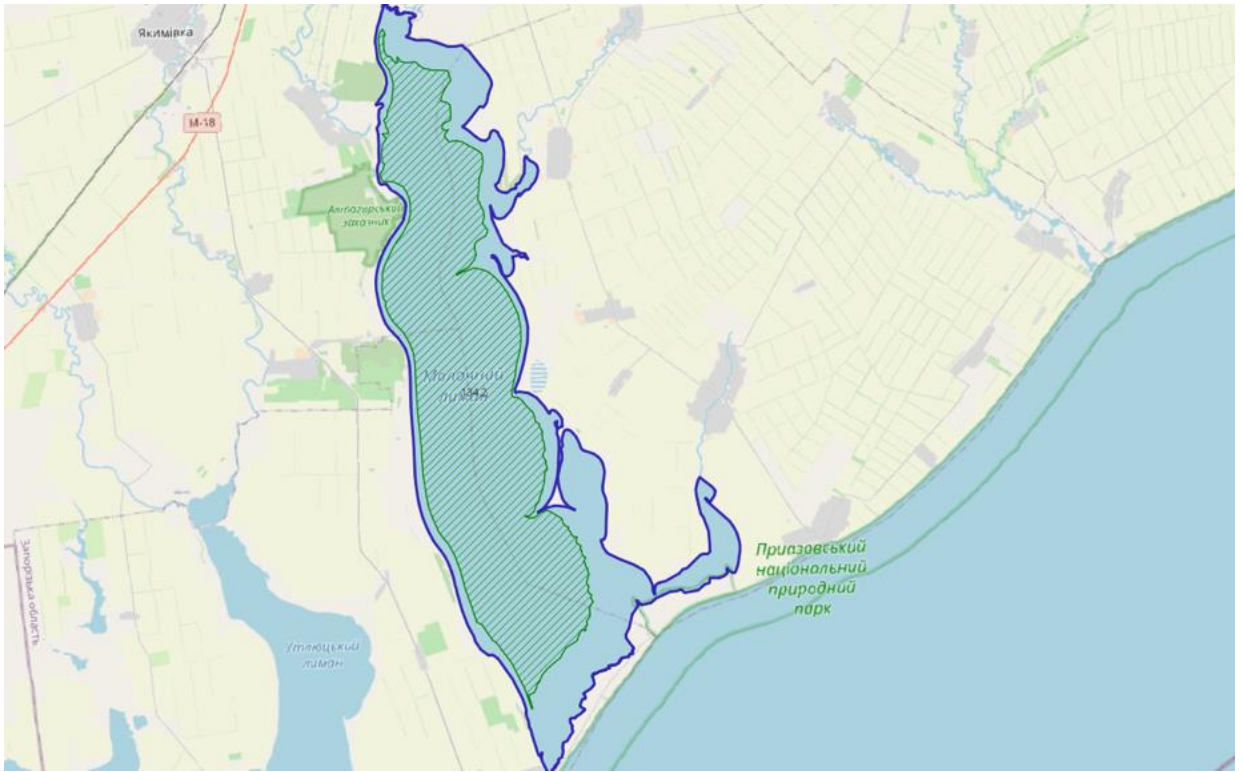


рис. 4.9 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану у листопаді 2019 року

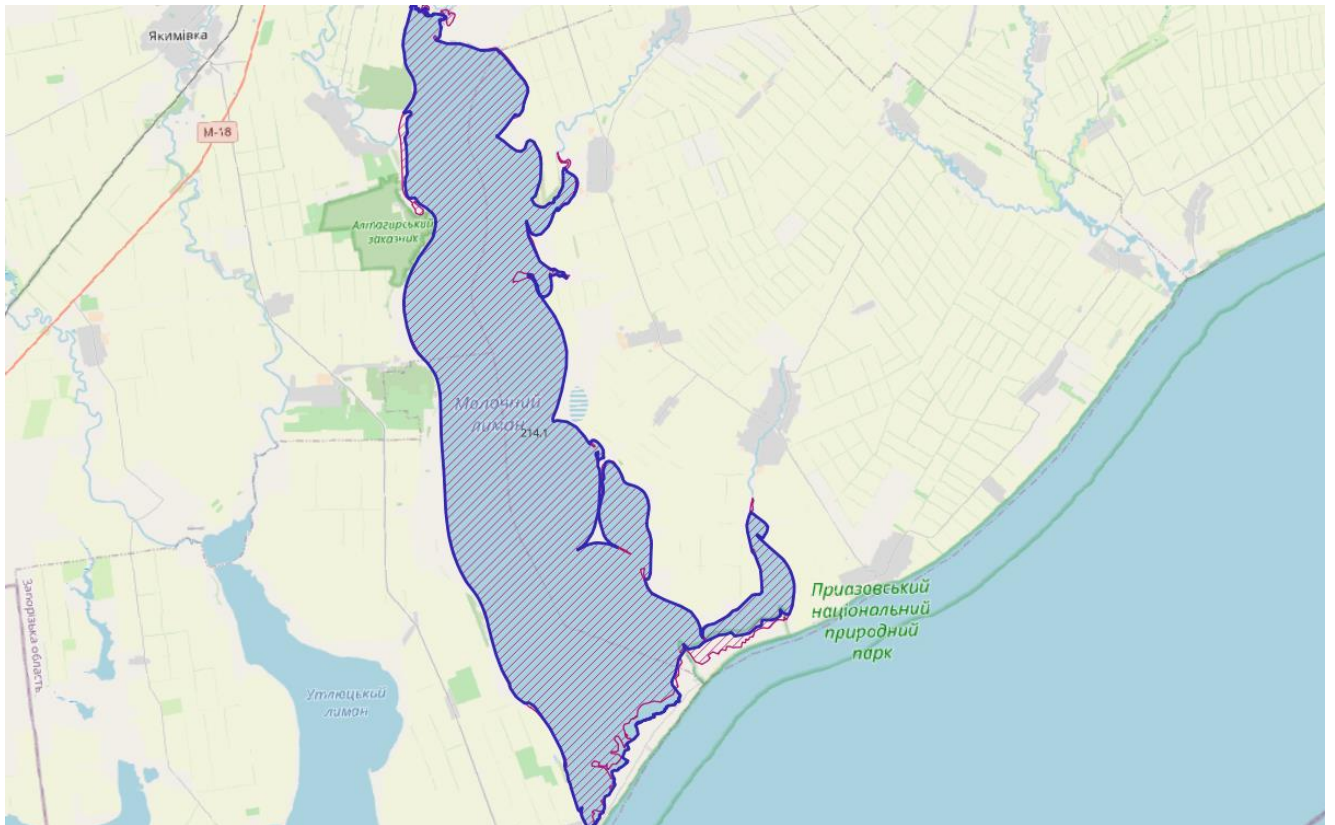


рис. 4.10 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2020 році

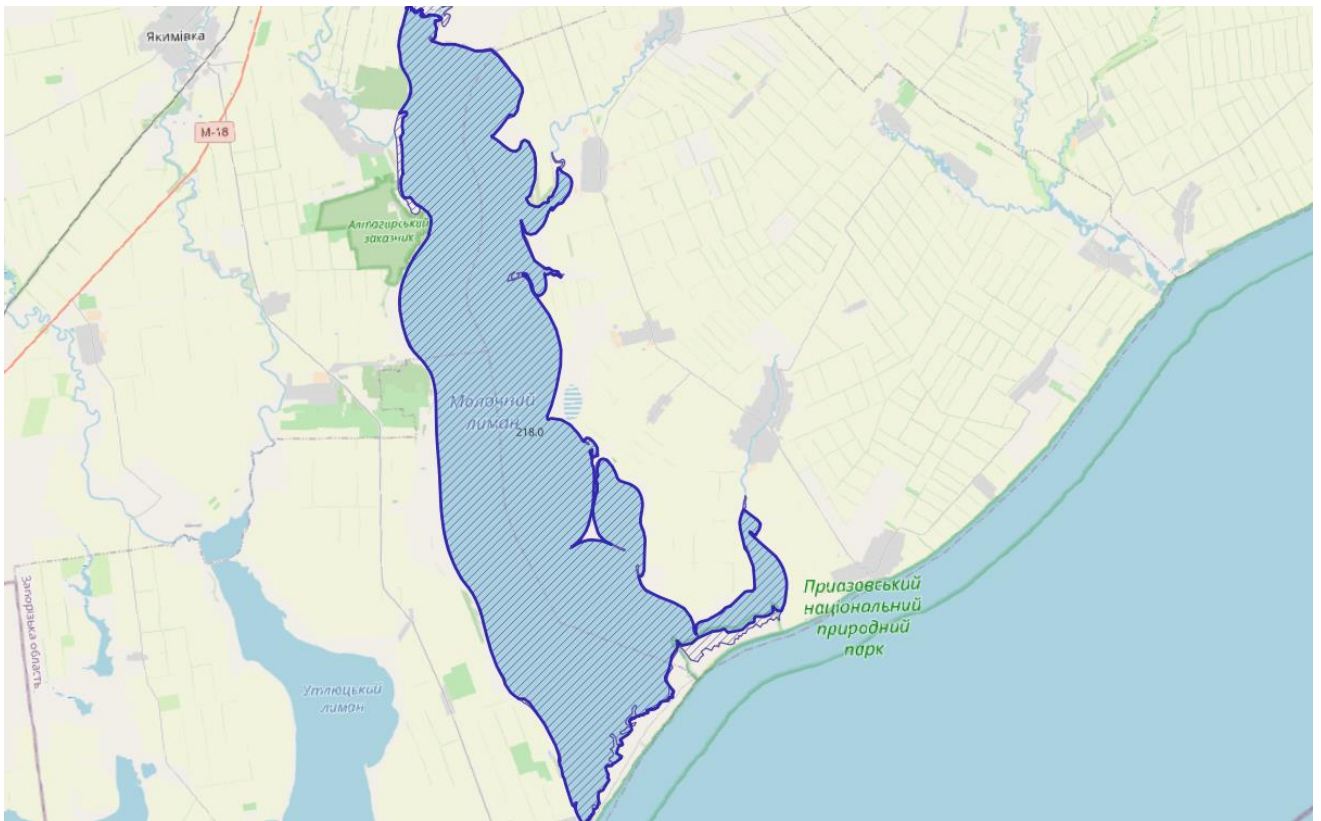


рис. 4.11 – Межі території лиману на основі OSM (визначено синім кольором) та реального стану в 2021 році

В таблиці 4.1 було прораховано площу лиману за конкретним роком у відсотковому відношенні до показників загальної площі.

Таблиця 4.1 – Порівняння площі Молочного лиману за 2013-2021 рр

Молочний лиман	213 км ²		
Рік	Площа	% від загальної площі	% відношення втрат або заливів
2013р	136,9 км ²	64,3	- 35,7
2014р	196,1 км ²	92,1	-7,9
2015р	217,4 км ²	102,1	+ 2,1
2016р	217,8 км ²	102,3	+ 2,3
2017р	209,6 км ²	98,4	-1,6

2018р	183,04 км ²	85,9	-14,1
2019р вересень	138,1 км ²	64,8	-35,2
2019р листопад	134,2 км ²	63	-37
2020р	214,1 км ²	100,5	+ 0,5
2021р	218 км ²	102,3	+ 2,3

З таблиці можна зробити висновок, що лиман у 2013р та 2019р був з найменшим водним балансом.

За допомогою редактора коду на сайті <https://earthengine.google.com/> було виведено кількість опадів за період 2013-2021рр (рис. 4.13).

Для цього було намальовано на карті багатокутник, що окреслює територію Молочного лиману. Далі було перейменовано отриманий багатокутник на «roi» та завантажено дані про опади з архіву інфрачервоних опадів Climate Hazards Group with Station data (CHIRPS) і визначено діапазон дат, який цікавить.

```
// Load collection
var CHIRPS= ee.ImageCollection('UCSB-CHG/CHIRPS/PENTAD');

//Define date range of interest
var precip = CHIRPS.filterDate('1981-01-01','2018-12-31');
```

Побудовано повний часовий ряд для регіону.

```
var TS5 = ui.Chart.image.series(precip, roi,
ee.Reducer.mean(),1000, 'system:time_start').setOptions({
title: 'Precipitation Full Time Series',
vAxis: {title: 'mm/pentad'}, });
print(TS5);
```

Діаграма одного року (2021 рік) (рис. 3.12).

```

var precipyear=CHIRPS.filterDate('2021-01-01','2021-12-31');
var TS1 = ui.Chart.image.series(precipyear, roi,
ee.Reducer.mean(),1000, 'system:time_start').setOptions({
title: 'Precipitaon 1-Year Time Series',
vAxis: {title: 'mm/pentad'}, });
print(TS1);

```

Картографуємо свої результати просторово

```

var yearPrecip = precipyear.mean().clip(roi);

var meanPrecip = precip.mean().clip(roi);
Map.addLayer(yearPrecip, {min: 0, max: 40,
palette:['lightblue','blue','darkblue']}, 'Year
Precipitation'); Map.addLayer(meanPrecip, {min: 0, max:
40,
palette:['lightblue','blue','darkblue']}, 'Mean Precipitation');

```

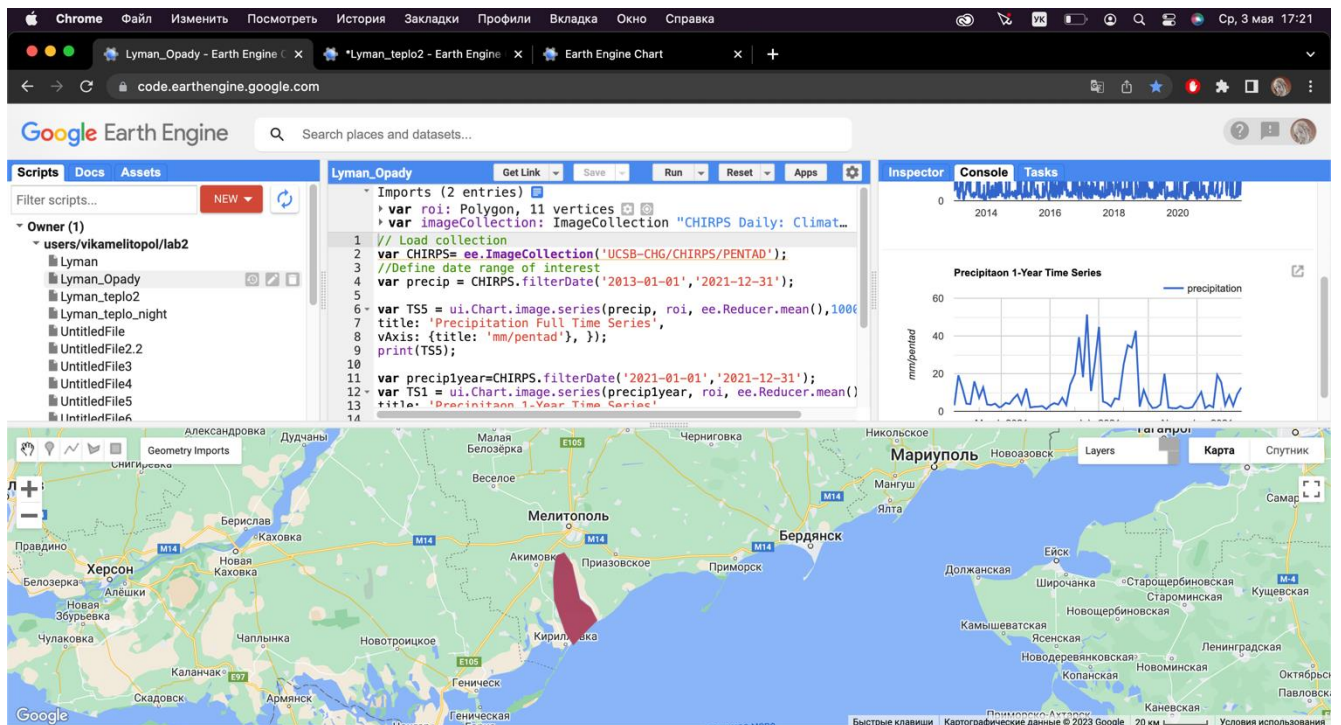


рис. 4.12 – Вигляд редактора коду на сайті

В редакторі коду було виведено детальний графік за кожен рік та сформовано таблицю для проведення аналізу (таблиця 4.2)

Потрібно зауважити, що діаграма будувалась на основі даних раз на 5 днів, тому кожного місяця було отримано по 6 показників.

В таблиці 4.2 Наведено: найбільші та найменші показники опадів за сезонами, їх загальна кількість та середнє значення. В додатках () розписані всі показники, що є на діаграмі

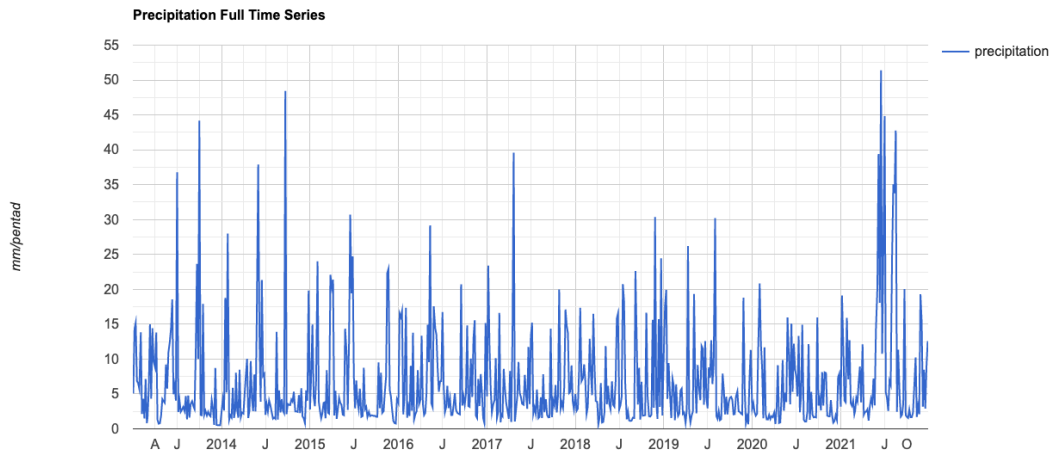


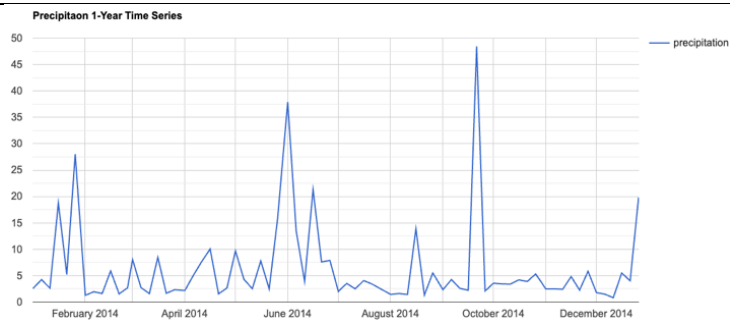
рис. 4.13 – Кількість опадів за період 2013-2021рр

Таблиця 4.2 – Основні показники кількості опадів за 2013-2021рр

2013 рік				
Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	0,51	0,74	1,62	1,80

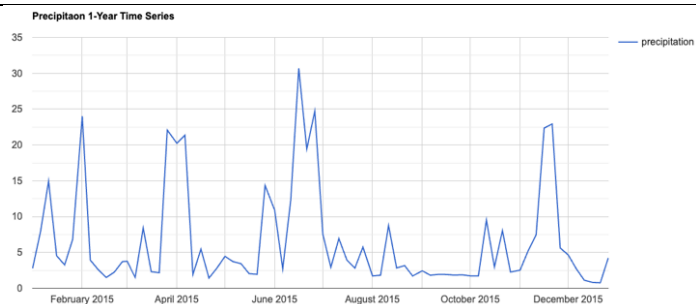
Найбільший показник, мм	1,49	14,43	36,77	44,18
Всього опадів, мм	94,81	115,94	130,90	140,62
Сер. Кількість опадів,мм	5,27	6,44	7,27	7,81

2014 рік



Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	0,82	1,55	1,32	2,10
Найбільший показник, мм	19,81	15,78	37,88	48,44
Всього опадів, мм	109,91	96,65	135,41	106,17
Сер. Кількість опадів,мм	6,11	5,37	7,52	5,90

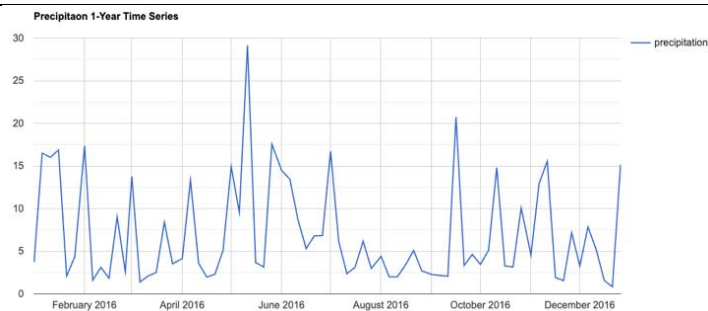
2015 рік



Сезон	зима	весна	літо	осінь
-------	------	-------	------	-------

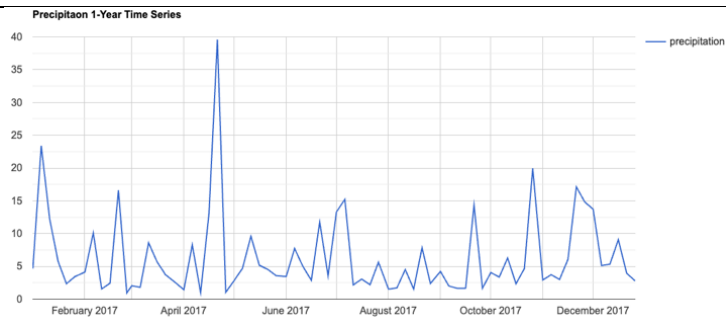
Найменший показник, мм	0,76	1,43	1,72	1,73
Найбільший показник, мм	24,01	22,08	30,69	22,94
Всього опадів, мм	92,63	123,45	150,71	110,22
Сер. Кількість опадів,мм	5,15	6,86	8,37	6,12

2016 рік



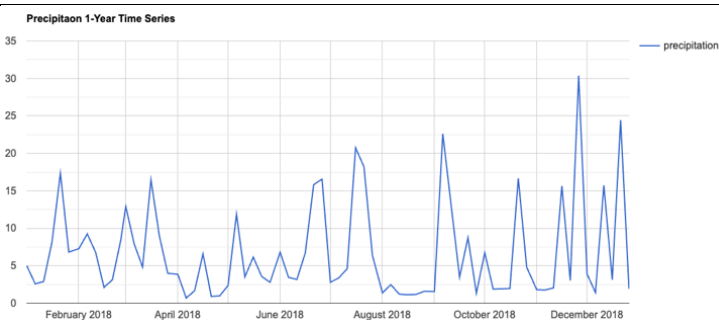
Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	0,83	1,39	1,98	1,55
Найбільший показник, мм	17,37	29,16	16,73	20,72
Всього опадів, мм	128,95	140,11	112,58	118,74
Сер. Кількість опадів,мм	7,16	7,78	6,25	6,60

2017 рік



Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	0,94	0,99	1,52	1,65
Найбільший показник, мм	23,39	39,58	15,23	19,97
Всього опадів, мм	127,66	119,45	95,44	113,89
Сер. Кількість опадів, мм	7,09	6,64	5,30	6,33

2018 рік



Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	1,43	0,69	1,13	1,33
Найбільший показник, мм	24,44	16,50	20,73	30,37
Всього опадів, мм	130,33	100,04	117,61	139,27

Сер. Кількість опадів,мм	7,24	5,56	6,53	7,74
2019 рік				
<p>Precipitaon 1-Year Time Series</p>				
Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	0,66	0,87	1,24	2,07
Найбільший показник, мм	19,93	26,22	30,22	18,81
Всього опадів, мм	120,07	100,55	134,10	81,38
Сер. Кількість опадів,мм	6,67	5,59	7,45	4,52
2020 рік				
<p>Precipitaon 1-Year Time Series</p>				
Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	0,88	0,70	1,05	1,64

Найбільший показник, мм	20,83	15,98	15,06	15,98
Всього опадів, мм	102,22	68,27	121,46	77,74
Сер. Кількість опадів,мм	5,68	3,79	6,75	4,32
2021 рік				
Сезон	зима	весна	літо	осінь
Найменший показник, мм	2,08	1,18	2,43	1,56
Найбільший показник, мм	19,12	14,12	51,39	20,03
Всього опадів, мм	142,78	89,13	386,65	88,77
Сер. Кількість опадів,мм	7,93	4,95	21,48	4,93

З узагальненої таблиці 4.3 Видно, що середні показники кількості опадів по рокам приблизно однакові, але у 2021 році є максимальний показник серед усіх, а в 2020 році – мінімальний.

Таблиця 4.3 – Узагальнена таблиця з показниками опадів за всі роки

	Рік								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Зима	94,81	109,91	92,63	128,95	127,66	130,33	120,0 7	102,2 2	142,78
Весна	115,94	96,65	123,45	140,11	119,45	100,04	100,5 5	68,27	89,13
Літо	130,90	135,41	150,71	112,58	95,44	117,61	134,1 0	121,4 6	386,65
Осінь	140,62	106,17	110,22	118,74	113,89	139,27	81,38	77,74	88,77
Всього	482,2 7	448,1 3	477,0 1	500,3 8	456,4 4	487,25	436,0 9	369, 69	707,3 3

Також за допомогою редактора коду на сайті <https://earthengine.google.com/> було виведено температурний режим прилеглої території у денний та нічний час за період 2013-2021рр.

Використавши інструмент геометрії, було намальовано багатокутник і визначено область інтересу (roi) рис. 4.14.

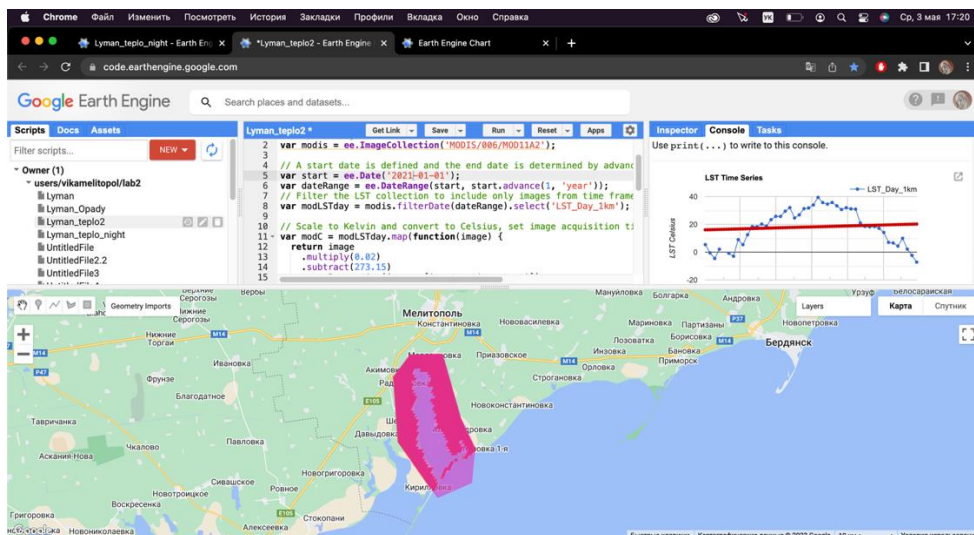


рис. 4.14 – Вигляд сторінки редактора коду для визначення показників температури

Далі був використаний код, щоб отримати потрібні смуги з продукту MOD11A2.

```
// Import image collection
var modis = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD11A2');
```

За допомогою коду вказано цікаві для нас дати.

```
// A start date is defined and the end date is determined by advancing
1 year from the start date.
var start = ee.Date('2015-01-01');
var dateRange = ee.DateRange(start, start.advance(1, 'year'));

// Filter the LST collection to include only images from time
frame and select day time temperature band

var modLSTday = modis.filterDate(dateRange).select('LST_Day_1km');
```

Оцінки температури продукту MODIS виражаються в градусах Кельвіна. Для перетворення градусів Кельвіна в градуси Цельсія використано наступний код:

```
// Scale to Kelvin and convert to Celsius, set image
acquisition time. var modC = modLSTday.map(function(image) {
return image
.multiply(0.02)
.subtract(273.15)
.copyProperties(image, ['system:time_start']);
});
```

Далі було побудовано графік даних про температуру для цікавого регіону в часі.

```
// Chart the time-series
var temp_trend = ui.Chart.image.series({
```

```

imageCollection: modC,
region: roi,
reducer: ee.Reducer.median(),
scale: 1000,
xProperty: 'system:time_start'})
.setOptions({
lineWidth: 1,
pointSize: 3,
trendlines: {0: {
color: 'CC0000'
}},
title: 'LST Time Series',
vAxis: {title: 'LST Celsius'}});
print(temp_trend);

```

Також було відображено температурні моделі просторово.

```

//Clip to roi
var LSTclip = modC.mean().clip(roi);

// Add clipped image layer to the map.
Map.addLayer(LSTclip, {
min: 0, max: 40,
palette: ['blue', 'limegreen', 'yellow', 'darkorange',
'red']}, 'Mean temperature');

```

У кодї вище було використано денну температуру, але продукт MODIS також містить нічні температури. Після зміни «day» на «night» в кодї, було отримано показники нічних температур в цьому регіоні.

Було отримано такі діаграми температур за період 2013-2021рр. : денні (рис. 4.15) та нічні показники (рис. 4.16).

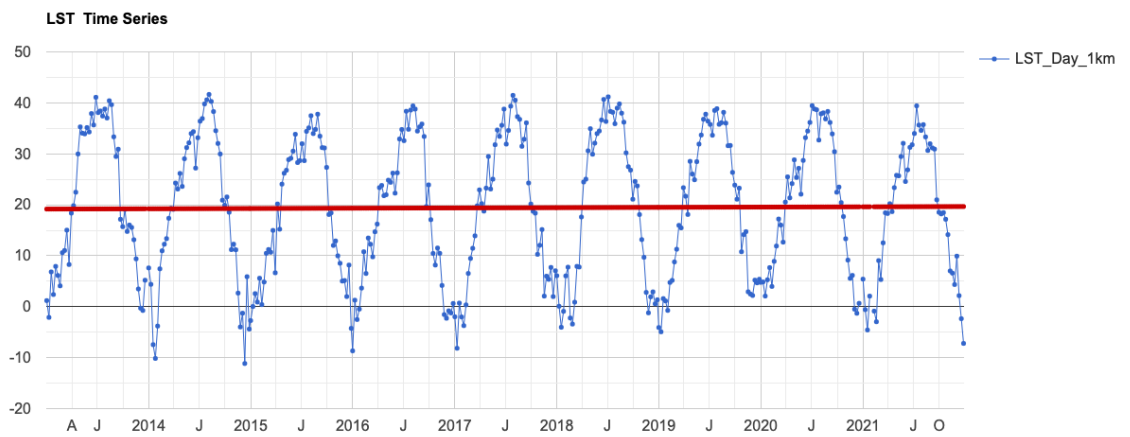


рис. 4.15 – Температурний режим прилеглої території вдень за 2013-2021рр.

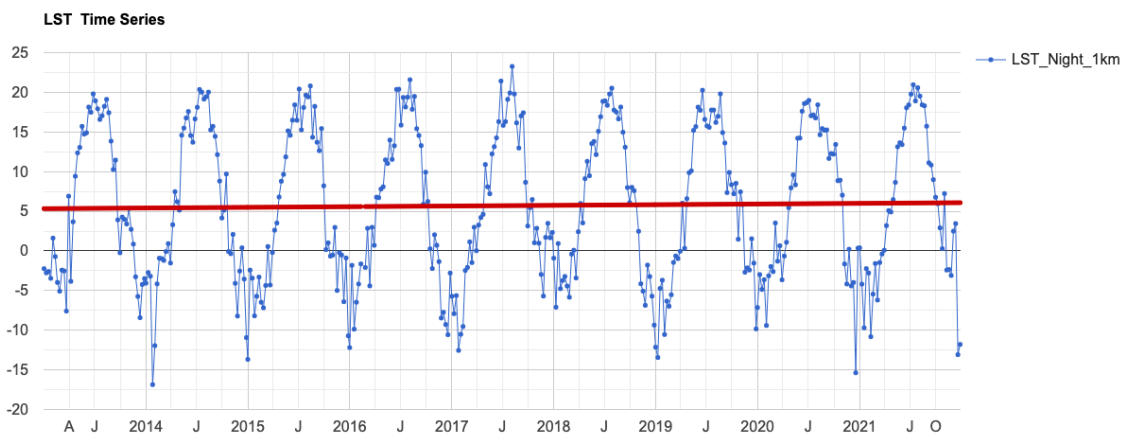
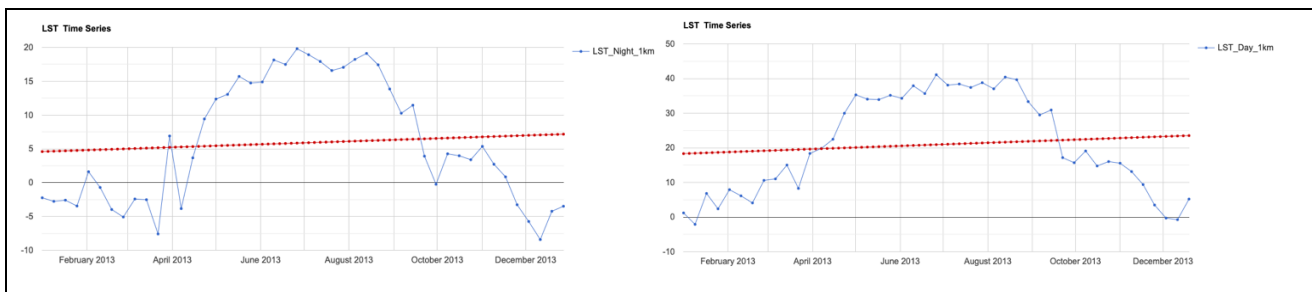


рис. 4.16 – Температурний режим прилеглої території вночі за 2013-2021рр.

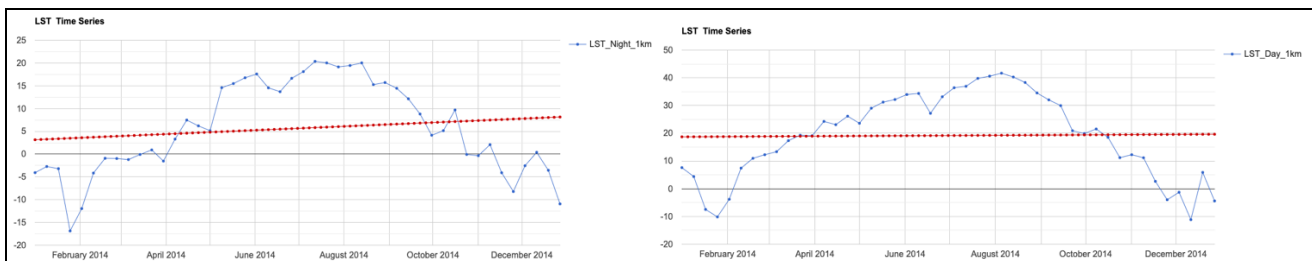
В редакторі коду було виведено детальний графік за кожен рік та сформовано таблицю для проведення аналізу (таблиця 4.4)

Таблиця 4.4 – Температурні показники вдень та вночі за 2013-2021рр

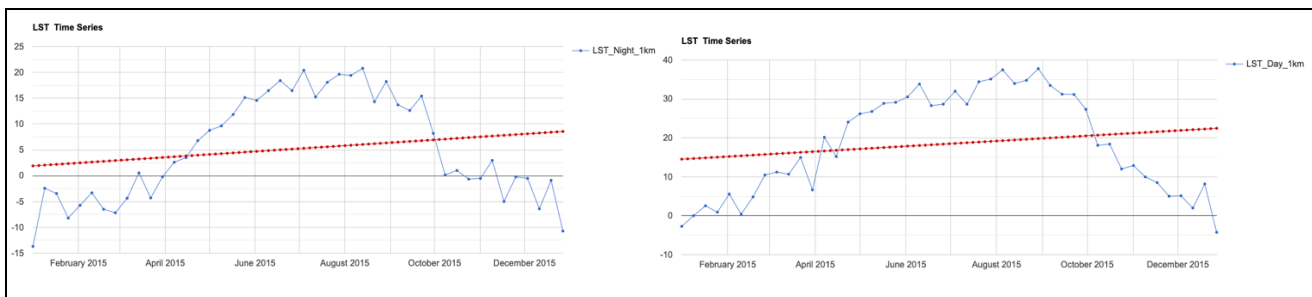
2013 рік



Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-5,7	-2,4	14,9	10,3	-0,3	11,0	34,3	29,5
-8,4	-2,5	18,1	11,5	-0,7	15,0	37,9	30,9
-4,2	-7,6	17,5	3,9	5,2	8,3	35,7	17,2
-3,5	6,9	19,8	-0,2		18,4	41,1	15,7
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-3,8	18,9	4,3	1,2	19,8	38,1	19,1	-3,8
3,7	17,9	4,0	-2,1	22,5	38,4	14,8	3,7
9,4	16,6	3,4	6,8	30,0	37,4	16,0	9,4
	17,1		2,4		38,8		
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
12,4	18,2	5,4	7,9	35,3	37,0	15,6	12,4
13,1	19,1	2,7	6,1	34,0	40,4	13,1	13,1
15,7	17,4	0,9	4,1	33,9	39,6	9,4	15,7
14,7	13,8	-3,3	10,6	35,2	3,3	3,5	14,7
Сер. Показники температури, С'							
-3,4	5,4	17,4	3,9	3,7	23,9	35,2	16,8
2014 рік							

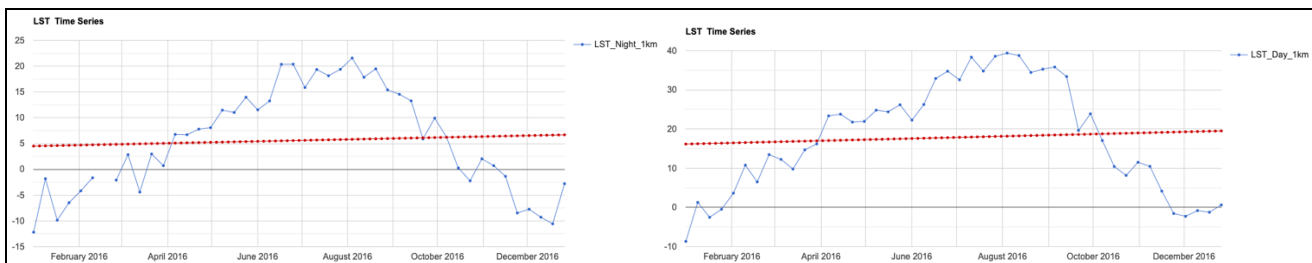


Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-2,5	-1,2	17,6	14,5	-1,3	13,4	34,0	32,0
0,4	-0,1	14,6	12,1	-11,2	17,3	34,4	30,0
-3,6	0,9	13,7	8,8	5,9	19,3	27,2	20,9
-10,9	-1,5	16,6	4,1	-4,4	19,1	33,2	19,9
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-4,1	3,3	18,1	5,1	7,6	24,3	36,4	21,5
-2,7	7,5	20,4	9,7	4,4	23,1	36,9	18,5
-3,2	6,2	20,0	-0,1	-7,5	26,2	39,8	11,2
-16,9		19,1		-10,2		40,6	
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-12,0	5,1	19,5	-0,3	-3,8	23,6	41,7	12,3
-4,2	14,6	20,0	2,1	7,4	29,0	40,3	11,2
-0,9	15,5	15,3	-4,1	11,0	31,2	38,3	2,7
-1,0	16,8	15,7	8,2	12,3	32,2	34,5	-4,0
Сер. Показники температури, С'							
-5,1	6,1	17,5	5,5	0,9	23,5	36,4	16,0
2015 рік							

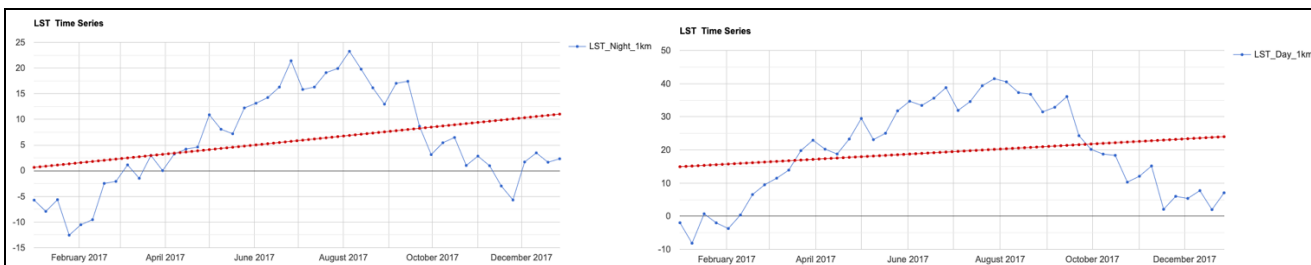


Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-0,5	-4,4	14,6	13,7	5,1	11,2	30,5	33,5
-6,4	0,6	16,5	12,6	2,0	10,7	33,8	31,2
-0,9	-4,3	18,4	15,4	8,2	15,0	28,3	31,2
-10,7	-0,2	16,5		-4,3	6,7	28,7	27,3
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-13,7	2,6	20,4	8,2	-2,7	20,2	32,0	18,1
-2,4	3,5	15,3	0,2	0,0	15,2	28,7	18,4
-3,4	6,8	18,1	1,0	2,6	24,1	34,4	12,0
-8,2		19,6	-0,7	0,9		35,1	
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-5,7	8,8	19,4	-0,5	5,6	26,2	37,5	12,9
-3,3	9,6	20,8	3,0	0,4	26,8	34,0	10,0
-6,5	11,9	14,3	-5,0	4,8	28,9	34,8	8,5
-7,2	15,1	18,2	-0,2	10,5	29,1	37,8	5,0
Сер. Показники температури, С'							
-5,7	4,5	17,7	4,3	2,8	19,4	33,0	18,9

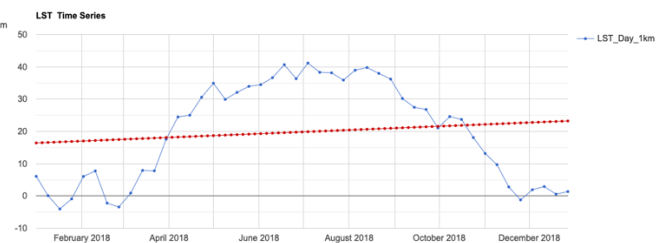
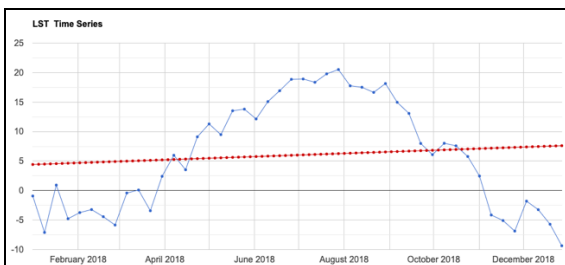
2016 рік



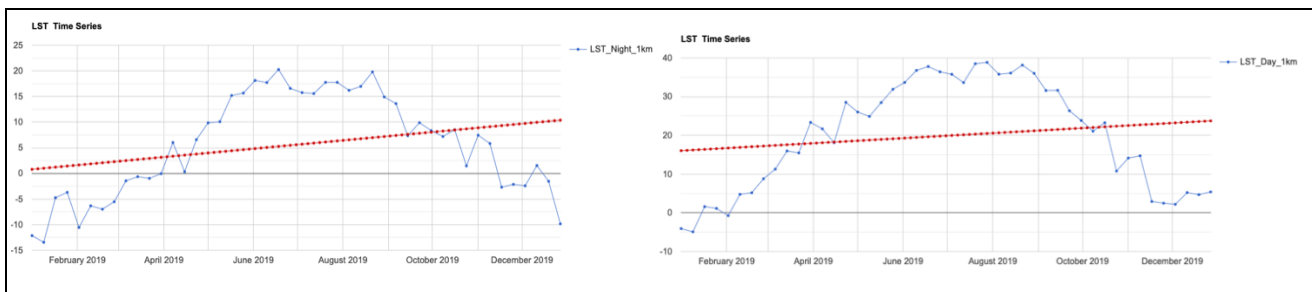
Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-7,7	2,8	11,5	14,6	-2,3	12,3	22,3	35,8
-9,3	-4,4	13,3	13,3	-0,8	9,8	26,3	33,4
-10,6	3,0	20,4	5,9	-1,2	14,7	32,9	19,7
-2,8	0,7	20,4	9,9	0,6	16,2	34,8	23,9
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-12,19	6,78	15,862	6,227	-8,664	23,365	32,58	17,08
-1,817	6,711	19,351	0,26	1,28	23,797	38,351	10,45
-9,865	7,799	18,142	-2,222	-2,518	27,781	34,81	8,17
-6,47	8,08	19,39	2,034	-0,468	21,968	38,591	11,52
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-4,17	11,477	21,578	0,71	3,648	24,829	39,406	10,478
-1,64	11,021	17,857	-1,354	10,787	24,407	38,78	4,17
-2,09	13,978	19,483	-8,465	6,516	26,21	34,461	-1,55
		15,412		13,477		35,287	
Сер. Показники температури, С'							
-5,7	6,2	17,7	3,7	1,7	20,5	34,0	15,7
2017 рік							



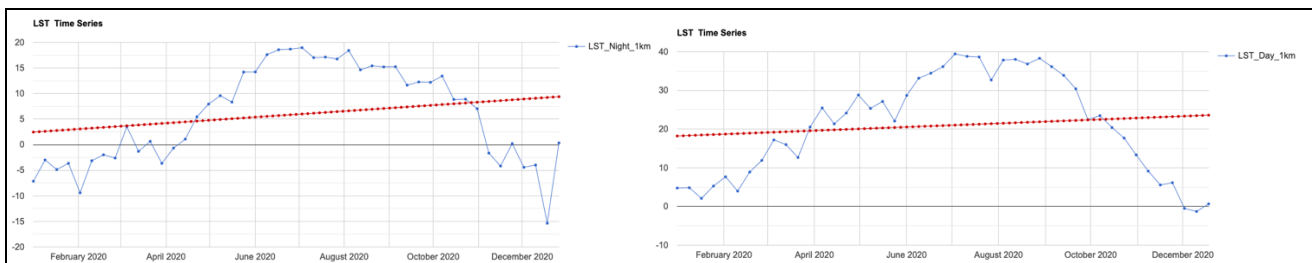
Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
1,7	1,1	13,1	17,0	5,4	11,5	34,7	32,9
3,5	-1,5	14,3	17,4	7,7	13,9	33,4	36,1
1,7	3,0	16,3	8,6	2,0	19,8	35,6	24,3
2,3	0,0	21,4	3,1	7,1	22,9	38,8	20,1
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-5,7	3,3	15,8	5,5	-2,0	20,2	31,9	18,7
-7,9	4,2	16,3	6,5	-8,2	18,8	34,6	18,4
-5,6	4,6	19,1	1,0	0,7	23,3	39,3	10,3
-12,6		19,9		-2,0		41,5	
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-10,5	10,9	23,3	2,8	-3,7	29,5	40,5	12,1
-9,5	8,1	19,8	1,0	0,4	23,1	37,3	15,1
-2,5	7,2	16,1	-3,0	6,5	25,0	36,8	2,1
-2,1	12,2	13,0	-5,7	9,5	31,8	31,5	6,0
Сер. Показники температури, С'							
-3,9	4,8	17,4	4,9	1,9	21,8	36,3	17,8
2018 рік							



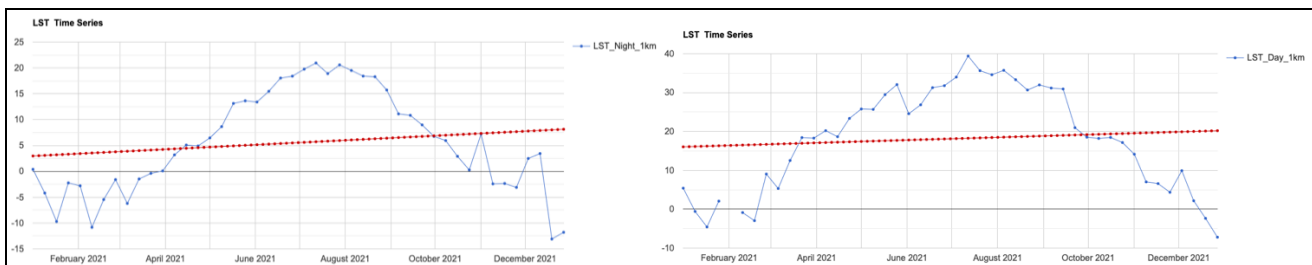
Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-1,8	-0,4	12,1	15,0	1,9	0,9	34,5	30,2
-3,2	0,1	15,1	13,1	2,9	7,9	36,6	27,5
-5,7	-3,4	16,3	8,0	0,6	7,8	40,7	26,8
-9,4	2,4	18,6	5,1	1,4	17,6	36,3	21,1
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-0,9	6,0	18,9	8,0	6,1	24,5	41,2	24,6
-7,1	3,5	18,4	7,6	0,1	25,0	38,3	23,7
0,9	9,1	19,8	5,8	-4,0	30,6	38,2	18,1
-4,8		20,5		-0,9		35,9	13,2
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-3,7	11,3	17,8	2,5	6,1	34,9	39,0	9,7
-3,2	9,5	17,5	-4,1	7,8	29,9	39,8	2,8
-4,4	13,5	16,6	-5,1	-2,2	32,1	38,0	-1,2
-5,8	13,8	18,1	6,9	-3,4	34,0	36,2	
Сер. Показники температури, С'							
-4,1	5,9	17,5	5,7	1,3	22,3	37,9	17,9
2019 рік							



Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-2,4	-1,5	18,1	13,6	2,2	11,3	33,7	31,6
1,5	-0,6	17,7	7,3	5,2	16,0	36,8	31,6
-1,5	-1,0	20,3	9,9	4,7	15,5	37,8	26,4
-9,8	-0,1	16,6	8,4	5,4	23,4	36,4	23,9
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-12,1	6,0	15,8	7,2	-4,1	21,7	35,8	21,1
-13,4	0,3	15,6	8,5	-4,9	18,1	33,6	23,3
-4,7	6,6	17,8	1,5	1,6	28,5	38,5	10,8
-3,7		17,8		1,1		38,9	
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-10,5	9,9	16,2	7,4	-0,7	26,0	35,8	14,1
-6,3	10,1	17,0	5,8	4,8	24,9	36,1	14,7
-7,0	15,2	19,8	-2,7	5,2	28,5	38,1	2,9
-5,5	15,7	14,9	-2,1	8,8	31,9	36,0	2,5
Сер. Показники температури, С'							
-6,3	5,5	17,3	5,9	2,4	22,3	36,5	18,4
2020 рік							



Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
-4,4	3,5	14,2	15,3	-0,5	17,2	28,7	36,2
-4,0	-1,3	17,6	11,7	-1,3	16,0	33,2	33,9
-15,4	0,7	18,6	12,3	0,7	12,7	34,5	30,4
0,3	-3,6	18,7	12,2		20,5	36,2	22,5
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
-7,1	-0,7	19,0	13,4	4,8	25,5	39,4	23,5
-3,0	1,1	17,0	8,9	4,9	21,4	38,8	20,4
-4,9	5,5	17,1	8,9	2,1	24,2	38,6	17,7
-3,6	8,0	16,8	7,0	5,3	28,8	32,7	13,3
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-9,4	9,6	18,4	-1,6	7,7	25,4	37,9	9,1
-3,1	8,3	14,6	-4,2	4,0	27,2	38,0	5,6
-2,0	14,2	15,4	0,2	8,9	22,1	36,8	6,1
-2,6		15,2		11,9		38,3	
Сер. Показники температури, С'							
-4,9	4,1	16,9	7,6	4,4	21,9	36,1	19,9
2021 рік							



Нічні показники температури				Денні показники температури			
зима	весна	літо	осінь	зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень	грудень	березень	червень	вересень
2,5	-6,2	13,4	11,1	9,9	5,3	24,5	31,2
3,4	-1,5	15,5	10,8	2,2	12,5	26,9	30,9
-13,1	-0,4	18,1	9,0	-2,4	18,4	31,3	21,0
-11,8	0,1	18,4	6,8	-7,2	18,3	31,8	18,5
січень	квітень	липень	жовтень	січень	квітень	липень	жовтень
0,4	3,2	19,8	6,0	5,4	20,2	34,0	18,2
-4,2	5,1	21,0	2,9	-0,6	18,7	39,4	18,5
-9,7	4,9	18,9	0,3	-4,6	23,4	35,6	17,2
-2,2		20,6		2,1		34,6	
лютий	травень	серпень	листопад	лютий	травень	серпень	листопад
-2,8	6,5	19,5	7,2	-0,9	25,8	35,7	14,1
-10,8	8,6	18,4	-2,4	-3,0	25,7	33,3	7,0
-5,5	13,1	18,3	-2,3	9,0	29,5	30,7	6,6
-1,6	13,6	15,7	-3,1		32,1	32,0	4,3
Сер. Показники температури, С'							
-4,6	4,3	18,1	4,2	0,8	20,9	32,5	17,0

З узагальненої таблиці 4.5 Видно, що середні показники денної температури приблизно однакові кожного року. Температура зимою коливалась в середньому від 0 до 4,4 С', весною – в межах 19 – 24 С'. В літній період показники теж в середньому однакові – 32 – 38 С'. Восени температурний режим в межах 16-20 С'. Найспекотніше літо було у 2018 році, а найсуворіша зима – 2021 року.

Таблиця 4.5 – Узагальнена таблиця показників вдень за 2013-2021рр

		Рік								
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Сезон	Зима	3,7	0,9	2,8	1,7	1,9	1,3	2,4	4,4	0,8
	Весна	23,9	23,5	19,4	20,5	21,8	22,3	22,3	21,9	20,9
	Літо	35,2	36,4	33,0	34,0	36,3	37,9	36,5	36,1	32,5
	Осінь	16,8	16,0	18,9	15,7	17,8	17,9	18,4	19,9	17,0

За даними Приазовського національного парку оптимальна солоність води в Молочному лимані – 35‰. В закритий період солоність води може досягати 120‰.

ВИСНОВКИ

Вода забезпечує різноманітне призначення, наприклад джерело водопостачання для побутових і промислових потреб, зрошення, сільське господарство, тваринництво та гірничодобувна діяльність. Однак із збільшенням промислового розвитку і антропогенної діяльності якість і рівень води різко змінюється. Тому програми моніторингу використання дистанційного зондування та ГІС необхідні для запобігання будь-якому забрудненню, відслідковування здійснення моніторингу та моделювання процесів затоплення території, попередження можливих катаклізмів, визначення процесів ерозії та ін. рівню води водних об'єктів тощо. Методи дистанційного зондування та ГІС є ефективними, дешевшими та цінними інструментами моніторингу параметрів якості води в прибережних і прісних водоймах (озера, річки, підземні води, водосховища).

Молочний лиман з'єднаний з Азовським морем каналом, довжина якого складає приблизно 2 км. Належне функціонування водного сполучення залежить від різних факторів: природних, антропогенних та природно-антропогенних. Для того, щоб канал не замулювався, на вході побудовано дві гідрологічних споруди - серповидні буни довжиною по 160 метрів кожна.

В роботі було проведено моніторинг рівня води за допомогою даних ДЗЗ – супутникових знімків з Landsat 8. Проведено порівняльну характеристику площ за кожен рік, та виявлено, що найбільш мінімальні показники були у 2013 та 2019 рр. В ці роки канал, який з'єднує Азовське море і лиман не функціонував, тому загальний рівень води критично впав.

З проведеного аналізу кількості опадів, було виявлено, що середні показники кількості опадів по рокам приблизно однакові, але у 2021 році є максимальний показник серед усіх, а в 2020 році – мінімальний.

Середні показники денної температури приблизно однакові кожного року. Температура зимою коливалась в середньому від 0 до 4,4 С', весною – в межах 19

– 24 С'. В літній період показники теж в середньому однакові – 32 – 38 С'. Восени температурний режим в межах 16-20 С'. Найспекотніше літо було у 2018 році, а найсуворіша зима – 2021 року.

Показники солоності, порівняно з минулим століттям, вирости. На даний час оптимальна солоність в лимані – 35‰. В закритий період солоність води може досягати 120‰.

В даній роботі було проведено загальний моніторинг води за такими показниками: кількість опадів та температурний режим в регіоні, солоність води та визначення співвідношення між загальноприйнятною площею водного басейну і окремо розрахованою по кожному року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Воровка В. П. Затока — лиман — озеро // Мелітопольський краєзнавчий журнал, 2020, № 15, с. 54-60

Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.10 / В.О. Демченко; НАН України. Ін-т гідробіології. — К., 2004. — 20 с.: рис., табл. — укр.:

Іхтіофауна та показники якості води Молочного лиману в зв'язку з рибогосподарським використанням водойми. Архів оригіналу за 13 липня 2014. Процитовано 27 жовтня 2008.

СУЧАСНИЙ СТАН МОЛОЧНОГО ЛИМАНУ ЯК ВОДНО-БОЛОТЯНИХ УГІДЬ МІЖНАРОДНОГО ЗНАЧЕННЯ. Демченко В.О., Черничко Р.М., Черничко Й.І., Дядічева О.А., Кошелєв О.І., Демченко Н.А. - Заповідна справа в Україні. 2012. 18 (1-2): 115-119.

З Космічна гідрологія [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Космічна_гідрологія.

<https://uk.wikipedia.org/wiki/QGIS>

<https://www.facebook.com/IMBNASU/posts/568500970694611/>

https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=pfbid0uCtNvzzPwWb4VQB2xEmcZdtvSeXwh5gYq7r4P6HDXDS2T1Cdcwn7KhfGz4itHfykl&id=100001090488489

<https://www.ecoleague.net/veresen/item/323-problema-molochnoho-lymanu-ta-shliakhy-ii-rozv-iazannia>

<https://earthengine.google.com/platform/>

Томченко О. В. Використання космічної інформації дистанційного зондування Землі для моніторингу стану крупного рівнинного водос-ховища // Гідроакустичний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану): 36. наук. праць. - Запоріжжя : НТЦ ПАС НАН України, 2014. - № 11. - С. 135-143.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. L. 327, 22. 12. 2000. 72 pp

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>

Use of Remote Sensing and GIS in Monitoring Water Quality Journal of Sustainable Development. Vol. 3, No. 3; September 2010

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Показники опадів, мм за 2013 рік

2013 рік			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
0,57	1,66	12,53	3,97
8,72	5,67	14,50	3,28
0,56	14,97	18,55	2,83
0,52	4,33	4,96	11,05
0,51	14,43	6,22	23,64
0,53	9,62	4,05	10,02
січень	квітень	липень	жовтень
5,08	8,84	36,77	44,18
14,29	13,81	2,40	2,00
15,19	1,28	4,05	1,95
6,87	0,74	2,44	17,90
6,56	0,81	2,74	2,01
5,71	1,93	3,13	2,61
лютий	травень	серпень	листопад
13,84	4,27	2,53	1,92
2,12	3,98	4,72	2,44
4,31	3,73	1,37	1,98
1,49	9,22	4,76	1,80
7,16	5,76	1,62	4,13
0,81	10,89	3,57	2,93
Всього опадів, мм			
94,81	115,94	130,90	140,62
Сер. Кількість опадів, мм			
5,27	6,44	7,27	7,81

Таблиця А.2 – Показники опадів, мм за 2014 рік

2014 рік			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
1,79	8,04	37,88	2,34
1,50	2,74	13,54	4,26
0,82	1,60	3,88	2,60
5,50	8,48	21,35	2,24
4,03	1,67	7,61	48,44
19,81	2,34	7,89	2,10
січень	квітень	липень	жовтень
2,57	2,19	2,01	3,57
4,25	5,05	3,54	3,44
2,64	7,67	2,50	3,41
18,78	10,05	4,07	4,20
5,22	1,55	3,41	3,90
28,01	2,67	2,51	5,32
лютий	травень	серпень	листопад
1,28	9,70	1,46	2,50
1,95	4,32	1,61	2,50
1,63	2,53	1,44	2,43
5,89	7,79	13,89	4,84
1,55	2,49	1,32	2,27
2,69	15,78	5,51	5,82
Всього опадів, мм			
109,91	96,65	135,41	106,17
Сер. Кількість опадів, мм			
6,11	5,37	7,52	5,90

Таблиця А.3 – Показники опадів, мм за 2015 рік

2015 рік			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
4,66	3,77	10,89	2,44
2,74	1,51	2,71	7,82
1,13	8,41	12,34	1,94
0,82	2,31	30,69	1,93
0,76	2,17	19,44	1,85
4,24	22,08	24,73	1,88
січень	квітень	липень	жовтень
2,77	20,23	7,55	1,73
7,94	21,38	2,92	1,73
14,95	1,93	6,94	9,52
4,55	5,46	3,93	2,96
3,26	1,43	2,82	8,04
6,82	2,83	5,74	2,27
лютий	травень	серпень	листопад
24,01	4,45	1,72	2,53
3,93	3,73	1,82	5,21
2,58	3,43	8,75	7,47
1,51	2,05	2,83	22,36
2,25	1,95	3,17	22,94
3,72	14,35	1,72	5,62
Всього опадів, мм			
92,63	123,45	150,71	110,22
Сер. Кількість опадів, мм			
5,15	6,86	8,37	6,12

Таблиця А.4 – Показники опадів, мм за 2016 рік

2016			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
3,27	13,77	14,44	2,27
7,84	1,39	13,46	2,16
5,22	2,09	8,68	2,07
1,56	2,51	5,31	20,72
0,83	8,41	6,79	3,34
15,16	3,52	6,84	4,61
січень	квітень	липень	жовтень
3,71	4,14	16,73	3,45
16,51	13,35	6,17	5,12
16,02	3,58	2,36	14,81
16,87	1,97	3,11	3,27
2,08	2,28	6,17	3,15
4,36	5,08	2,97	10,09
лютий	травень	серпень	листопад
17,37	14,93	4,40	4,56
1,60	9,56	1,98	12,95
3,10	29,16	1,99	15,55
1,84	3,67	3,39	1,91
9,02	3,15	5,10	1,55
2,60	17,56	2,69	7,16
Всього опадів, мм			
128,95	140,11	112,58	118,74
Сер. Кількість опадів, мм			
7,16	7,78	6,25	6,60

Таблиця А.5 – Показники опадів, мм за 2017 рік

2017			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
13,72	2,05	3,45	4,23
5,12	1,81	7,72	2,01
5,34	8,59	4,98	1,65
9,08	5,71	2,87	1,67
3,96	3,74	11,75	14,36
2,78	2,73	3,54	1,66
січень	квітень	липень	жовтень
4,67	1,44	13,31	4,06
23,39	8,29	15,23	3,36
12,25	0,99	2,17	6,27
5,78	13,14	3,06	2,34
2,35	39,58	2,20	4,66
3,43	1,05	5,64	19,97
лютий	травень	серпень	листопад
4,13	2,83	1,52	2,92
10,12	4,72	1,72	3,73
1,56	9,51	4,51	3,00
2,44	5,17	1,54	6,07
16,61	4,54	7,84	17,12
0,94	3,58	2,39	14,82
Всього опадів, мм			
127,66	119,45	95,44	113,89
Сер. Кількість опадів, мм			
7,09	6,64	5,30	6,33

Таблиця А.6 – Показники опадів, мм за 2018 рік

2018			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
3,89	12,91	6,82	1,55
1,43	7,92	3,45	22,61
15,74	4,83	3,17	13,02
3,14	16,50	6,72	3,48
24,44	8,97	15,83	8,76
1,91	3,99	16,55	1,33
січень	квітень	липень	жовтень
4,98	3,86	2,79	6,74
2,59	0,69	3,38	1,89
2,89	1,66	4,60	1,92
8,19	6,58	20,73	1,96
17,35	0,90	18,20	16,56
6,82	0,99	6,40	4,80
лютий	травень	серпень	листопад
7,28	2,37	1,38	1,81
9,25	11,88	2,48	1,76
6,79	3,51	1,21	2,05
2,11	6,15	1,13	15,64
3,13	3,57	1,17	3,03
8,40	2,79	1,59	30,37
Всього опадів, мм			
130,33	100,04	117,61	139,27
Сер. Кількість опадів, мм			
7,24	5,56	6,53	7,74

Таблиця А.7 – Показники опадів, мм за 2019 рік

2019			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
5,89	1,82	4,11	7,92
0,83	2,17	11,87	5,56
1,73	5,49	11,48	2,06
0,66	5,77	3,45	4,61
7,22	2,13	12,58	2,08
11,32	2,34	4,37	3,78
січень	квітень	липень	жовтень
10,84	0,87	2,94	4,44
17,59	2,76	8,82	4,58
19,93	26,22	7,31	4,17
4,30	2,39	12,69	2,07
9,43	0,92	6,41	2,12
5,27	1,89	9,38	4,60
лютий	травень	серпень	листопад
1,55	2,47	30,22	5,39
7,12	19,34	1,86	2,52
6,18	6,55	1,42	2,43
1,25	2,22	2,54	2,19
6,39	9,16	1,24	2,07
2,59	6,06	1,41	18,81
Всього опадів, мм			
120,07	100,55	134,10	81,38
Сер. Кількість опадів, мм			
6,67	5,59	7,45	4,52

Таблиця А.8 – Показники опадів, мм за 2020 рік

2020			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
0,88	1,36	10,03	5,30
1,11	1,34	3,51	2,05
1,94	2,00	15,06	1,65
1,29	1,40	5,31	1,70
7,41	1,82	12,21	1,64
7,93	1,67	8,52	15,98
січень	квітень	липень	жовтень
2,88	2,34	7,51	3,35
3,67	0,70	4,65	4,32
2,39	3,07	13,31	2,64
1,89	9,14	2,39	8,14
2,17	0,84	4,73	3,32
11,47	0,92	14,92	8,10
лютий	травень	серпень	листопад
20,83	4,24	1,32	7,99
12,29	9,86	1,05	1,89
8,78	2,59	1,05	1,81
1,51	5,17	2,46	1,79
11,70	3,84	12,14	4,11
2,09	15,98	1,29	1,97
Всього опадів, мм			
102,22	68,27	121,46	77,74
Сер. Кількість опадів, мм			
5,68	3,79	6,75	4,32

Таблиця А.9 – Показники опадів, мм за 2021 рік

2021			
зима	весна	літо	осінь
грудень	березень	червень	вересень
15,44	2,53	20,07	4,73
3,19	4,44	39,39	1,76
8,47	3,91	18,07	2,03
2,89	6,77	51,39	3,59
9,01	8,93	10,76	20,03
12,58	3,78	26,33	1,97
січень	квітень	липень	жовтень
3,17	12,11	44,81	1,71
19,12	2,01	5,23	1,56
12,23	2,40	4,34	2,75
4,07	2,48	2,57	1,67
3,81	2,80	6,88	1,67
15,92	1,18	6,33	2,27
лютий	травень	серпень	листопад
7,09	3,24	25,12	6,44
12,70	4,33	35,06	10,22
3,68	3,56	33,78	1,70
3,30	7,20	42,76	3,28
4,06	3,36	2,43	2,11
2,08	14,12	11,35	19,30
Всього опадів, мм			
142,78	89,13	386,65	88,77
Сер. Кількість опадів, мм			
7,93	4,95	21,48	4,93