

Галузь знань – Екологія

Шифр «Бузький лиман»

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ ЗА СТУПЕНЕМ
ЗАБРУДНЕННЯ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ**

2020/2021

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. БУЗЬКИЙ ЛИМАН ЯК ОБ'ЄКТ ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	4
1.1 Аналіз основних чинників забруднення екосистем у портових зонах.....	4
1.2. Джерела забруднення Бузького лиману.....	7
1.3 Гідробіологічна характеристика водойми.....	9
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ЗА СТУПЕНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ У РАЙОНІ ДІЯЛЬНОСТІ ДП «СК «ОЛЬВІЯ»	14
2.1. Загальна характеристика донних відкладень.....	14
2.2. Важкі метали та нафтопродукти в донних відкладеннях.....	16
2.3. Донні відкладання Бузького лиману.....	18
2.3. Сучасні методи досліджень донних відкладень.....	20
2.4. Методика та результати проведення дослідження донних відкладень.....	23
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31
ДОДАТКИ.....	33

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Діяльність портів - один із стратегічних напрямків розвитку державної економіки. Порти - ключові ланки функціонування транспортної системи. Річкові та морські порти України відіграють велику економічну роль, адже забезпечують широкий спектр послуг. Однак, портова діяльність – це один з основних факторів, які формують несприятливі умови для навколишнього середовища. Збільшення інтенсивності вантажних робіт, судноплавства в портах істотно впливає на екологічну ситуацію. Від кількості та складу викидів залежить стан водного, повітряного просторів та ґрунтового покриву.

Місто Миколаїв відноситься до промислово розвинених міст та характеризується розвиненою агропромисловістю та налагодженою портовою діяльністю. На території міста розташовані як річкові, так і морські порти.

Одним з показників стану водного середовища є вміст та концентрація забруднювачів донних відкладень. Відкладення є індикатором екологічного стану екосистеми, своєрідним інтегральним показником рівня забруднення водойми.

Мета наукової роботи - проведення аналізу та оцінки ступеня забруднення акваторії Бузького лиману в районі функціонування основних торговельних портів міста за показниками забруднення донних відкладень.

Для реалізації поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- проаналізувати та охарактеризувати Бузький лиман як водний об'єкт;
- надати загальну характеристику донних відкладень Бузького лиману, визначити склад та концентрацію їх забруднювачів;

Об'єкт дослідження – процеси, що відбуваються у Бузькому лимані внаслідок діяльності підприємств.

Предмет дослідження – акваторія Бузького лиману в районі експлуатації порту ДП "СК "Ольвія".

РОЗДІЛ 1. БУЗЬКИЙ ЛИМАН ЯК ОБ'ЄКТ ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Аналіз основних чинників забруднення екосистем у портових зонах

Портовий комплекс являє собою сукупність інженерних споруд (причалів, складів та ін.), технічних засобів, підйомно-транспортного та іншого обладнання, безаварійне функціонування яких створює умови для безпечного підходу, стоянки, обробки рухомих засобів, суміжних з морським видом транспорту, швартування, а також навантаження-розвантаження транспортних суден [1, 2].

Однак, під час будівництва та експлуатації портової діяльності навколишнє середовище зазнає негативного впливу на атмосферне повітря, на підземні та поверхневі води та земельні ресурси (рисунок 1.1) [3].

Вплив порту на навколишнє середовище відбувається по таким причинам: морські та річкові судна забруднюють біосферу відходами, які отримуються в результаті експлуатаційної діяльності; забруднення відбувається в результаті аварійних подій, під час яких відбувається викид небезпечних вантажів (в більшій частині, нафти і нафтопродуктів); по-третє, відбувається викид парникових газів; має місце шумове забруднення; злам і затоплення суден несуть в собі колосальний урон для навколишнього середовища.

При будівництві будівель і споруд на території порту передбачається використання бульдозерів, екскаваторів, автокранів, навантажувачів, автонавтажувачів, зварювальних апаратів. Викиди забруднюючих речовин утворюються від роботи двигунів будівельних механізмів і автотранспорту, при проведенні зварювальних і фарбувальних робіт, при пересипці ґрунту, щебня і піску. Основним видом впливу господарської діяльності на стан повітряного басейну є забруднення атмосферного повітря викидами забруднюючих речовин.



Рисунок 1.1 – Види впливу на навколишнє середовище в результаті будівництва та функціонування порту

При здійсненні експлуатації основної діяльності портового комплексу, забруднення атмосфери відбувається, в основному, в процесі перевантажувальних та навалювальних робіт. Крім цього, викиди в атмосферу утворюються при здійсненні допоміжних технологічних процесів експлуатації автотранспортної техніки, тепловозів, суден, проведенні ремонтних робіт, заправці техніки паливом. Загальний викид забруднюючих речовин складає тони та містить канцерогенні та не канцерогенні речовини.

Чинники впливу на ґрунтові води - порушення режиму ґрунтових вод, забруднення ґрунтових вод за рахунок проникнення забруднень з поверхонь автомобільного і залізничного транспорту, гідротехнічних споруд тощо.

Забруднення водного середовища відбувається як при будівельних роботах, так і при експлуатації порту.

У ході будівельних робіт можливі такі негативні впливи на водні об'єкти: зміна фізико-хімічних властивостей вод, головним чином, внаслідок їх забруднення мінеральними суспензіями при виробництві днопоглиблювальних робіт, створення гідротехнічних споруд; можливе забруднення води нафтопродуктами, які використовуються при роботі суден і технічних плавзасобів; забір води на господарсько-питні або виробничі потреби; скидання стічних вод.

Під час експлуатації порту забруднення водного об'єкту відбувається через: нафтовмісні лляльні води, які утворюються на судах в результаті витоків через арматуру, фланцеві з'єднання і ущільнення насосів масляних і паливних систем і через ущільнення теплообмінних апаратів; стічні води, води зі вмістом нафти і відходів (побутове сміття); стічні води, що утворилися в результаті життєдіяльності команди судна; аварійне забруднення - аварійний розлив нафти, нафтопродуктів тощо.

Джерела й види впливу на геологічне середовище та умови рельєфу визначаються особливостями запланованої діяльності, технологією і організацією робіт, а також характером природних умов території. Під час будівництва основними джерелами техногенного впливу на геологічне середовище є: будівельна техніка, механізми і технологічне обладнання, які використовуються для створення об'єктів і споруд; автотранспорт, який використовується для перевезення обладнання, будівельних матеріалів і робітників; будівельні матеріали, які використовуються для створення гідротехнічних споруд.

Основними видами робіт, які мають вплив на геологічне середовище є: планувальні роботи (створення котлованів під фундаменти будівель та споруд,

риття траншей, створення насипів і штучних терас); створення гідротехнічних споруд; вантажний автомобільний і залізничний транспорт, який використовується для доставки вантажів і підйомні машини, які використовують при навантаженні-розвантаженні.

Геомеханічний вплив проявляється у вигляді порушення цілісності ґрунтової товщі і зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів; геохімічний - у забрудненні ґрунтової товщі і ґрунтових вод забруднюючими речовинами за рахунок витоків і потоків паливно-мастильних матеріалів, фільтрації атмосферних опадів через ділянки складування будматеріалів і відходів виробництва (при відсутності відповідної підготовки підстав); гідродинамічний - в результаті зміни умов дренажу ґрунтових вод.

Одним з шкідливих і небезпечних фізичних впливів при функціонуванні порту є шум і вібрація техногенного походження.

1.2 Джерела забруднення Бузького лиману

Головною особливістю лиману є вельми слабка проточність течії, що в поєднанні зі слабкою солоністю і невеликими глибинами забезпечує його акумулятивні властивості по відношенню до техногенних забруднювачів .

Джерела забруднення Бузького лиману - об'єкти житлово-комунального господарства, морського транспорту, промисловості, сільського господарства та рекреації.

За даними Департаменту житлово-комунального господарства Миколаївської міської ради до водного об'єкту здійснюють скид зворотних вод чотирнадцять підприємств-водокористувачів [3]. До зворотніх вод належать води: поверхневі (дощові та талі), теплообмінні, господарсько - побутові. До підприємств, що здійснюють скид належать: ДАХП "ЧКЗ", ПрАТ "Миколаївська теплоелектроцентраль", ТОВ "Суднобудівний завод "Океан", ДП "СК "Ольвія", ДП НВКГ "Зоря" – "Машпроект", ТОВ "Кредо", ТОВ "Миколаївський глиноземний завод", МКП "Миколаївводоканал.

Через неефективну очистку каналізаційних стоків м. Миколаєва МКП "Миколаївводоканал" є головним забруднювачем водних ресурсів області.

Скид зворотних вод у поверхневі водні об'єкти МКП "Миколаївводоканал" складає близько 90 % від скиду зворотних вод у поверхневі води усіх підприємств житлово-комунального господарства області. Очисні споруди каналізації м. Миколаєва, які введено в експлуатацію 1973 року, знаходяться у незадовільному технічному стані та потребують реконструкції і модернізації.

Починаючи з 2010 року, на території Миколаївської області не зафіксовано скидів зворотних вод без очистки (аварійні скиди стічних вод) і об'єми скидів недостатньо очищених стічних вод щороку зменшувалися. Проте 2016 року недостатньо очищених стоків скинуто 22,16 млн. м³, що на 1,18 млн.м³ більше, ніж об'єми стоків 2015 року (рисунок 1.2) [2, 3].

У 2018 році за формою 2-ТП (водгосп) від комунального підприємства МКП "Миколаївводоканал" до водного об'єкту потрапило – 19,39 млн м³ недостатньо очищених вод, що є найнижчим об'ємом стічних недостатньо очищених вод від підприємства за останні роки.

Крім скиду недостатньо очищених зворотних вод від комунальних очисних споруд міста та підприємств, на якісний стан водного об'єкту істотно впливає скид неочищених дощових стоків, які додатково забруднюються через несанкціоновані скиди побутової каналізації приватного сектору. Уздовж транспортних магістралей скиди неочищених дощових стоків спричиняють забруднення водного середовища та ґрунтів важкими металами, токсичними та канцерогенними речовинами від осідання викидів автотранспорту, витікання паливо-мастильних матеріалів, продуктами руйнування твердого дорожнього покриття тощо.

На сьогоднішній день єдиної системи відведення дощових вод в місті Миколаєві не існує. В цілому, на території міста відведення поверхневих, дощових та талих вод здійснюється мережами дощової каналізації, відкритими водовідвідними канавами, побудованими вздовж вулиць та лотками. Очисні

споруди дощових вод на теперішній час відсутні. Скиди поверхневого стоку здійснюються у Південний Буг, Бузький лиман, Інгул та інші водойми м. Миколаєва. На 2019 рік випусків в місті налічувалося 19 одиниць.



Рисунок 1.2 – Динаміка скиду забруднених вод в Бузький лиман, млн.м³

Забруднення Бузького лиману можливе також в результаті осадження забруднювачів з атмосферного повітря. Адже повітря - найбільш рухоме середовище. Випадання опадів сприяють очищення повітря, в той же час з атмосферними опадами токсиканти з повітря надходять до водного об'єкту.

1.3 Гідробіологічна характеристика водойми

Гідробіологічну характеристику лиману визначають основні показники гідрологічного і гідрохімічного режимів.

Дніпро-Бузький та Бузький лимани відносяться до водних об'єктів рибогосподарського значення вищої категорії, тому гідробіологічна складова відіграє важливу роль у формуванні рибопродуктивності.

Зоопланктон Бузького лиману таксономічно бідний у порівнянні з рештою акваторією Дніпро-Бузького лиману, однак у східній частині видове різноманіття зоопланктону спільноти зростає, що обумовлено більш стабільною

солоністю на цій акваторії. У цій частині водойми присутній типовий "лиманний" комплекс зоопланктерів, який характеризується високою чисельністю, але відносно низькою біомасою. Тут розвиваються більш дрібні форми планктону

Зоопланктон Бузького та Дніпро-Бузької лиманів представлений 270 групами, однак в Бузькому сама представницька з них група коловерток нараховує 104 види. Більша частина коловерток (близько 70 %) типові прісноводні тварини, близько 25 % можуть жити в слабосолоноватих водах, інші ставляться до галофільних видів. У Дніпро-Бузькій водоймі налічується зокрема коловерток – 104, веслоногих – 75, ракоподібних – 81 і представників інших груп безхребетних – 10. Середня біомаса в Бузькому лимані становить 1,3 г/м³ [4].

Донна фауна Дніпро-Бузької гирлової системи представлена 246 видами і формами, з яких в Дніпровському лимані відмічена 233, а в Бузькому — 3.

Основними видами Бузького лиману промислових риб є: карась, товстолобик, лящ, окунь, судак, мойва, і тюлька. Причому тюлька становить основу промислу (близько 80% усього вилову промислових риб).

Основними видами фітопланктону Бузького лиману є зелені, діамантові, синьо-зелені, евгленові, жовто-зелені та ін. водорості. Усього налічується 751 видів водоростей.

Розвиток фітопланктону у Бузькому лимані характеризується порівняно високими показниками біомаси та чисельності, а його видовий склад складається з 5-7 систематичних груп водоростей. Якісна структура фітопланктону залежить від взаємовпливу прісноводного стоку Дніпра та Південного Бугу із водами Чорного моря, які проникають до гирлової системи через Кінбурську протоку.

Домінуюче значення у формуванні біомаси фітопланктону Бузького лиману залишається за синьо – зеленими водоростями. Їх питома вага дорівнювала в середньому 51,3%. Порівняно з 2017 роком співвідношення

діатомових та протококових змістилося у бік переважання зелених водоростей – відповідно 12,6 та 19,8%.

Біомаса діатомових водоростей становить 1,2-1,4 г/м³. Найбільш часто реєструвалися *Diatomaelongatum*, *Melosiragranulata* та *Nitzchiatenuirostris*. Основну біомасу зелених водоростей 1,9 г/м³ складає кладофора та ульва (рисунок 1.3).



а)



б)

Рисунок 1.3 – Водорості Бузького лиману: а) *кладофора*; б) *ульва*

У лимані масово розвиваються як прісноводні, так солоноводні і морські їх форми. Розвиток певних форм обумовлено гідрологічним режимом лиману, впливом змінно-нагінних явищ.

Середня біомаса по фітопланктону становить 5,8 г.

Зообентос лиману досить різноманітний і багатий. Середня біомаса зообентосу всього лиману становить 20 г/м². Найбільш багатими у видовому відношенні є групи поліхет, олігохет, амфіпод, кумови, мізід і молюсків. Розвиваються як прісноводні, так і морські їхні форми.

Спостереження за кількісним і якісним розвитком кормової бази риб в районі Херсонського морського каналу систематично ведеться Херсонською Гідробіологічною Станцією Інституту Рибного Господарства.

Видовий склад фітопланктону водного середовища Дніпро-Бузького лиману протягом останніх років не змінився. Домінуючою групою є синезелені

водорості – $7,2 \text{ г/м}^3$. Домінуючими серед цих водоростей є представники *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Scenedesmus* [4].

Біомаса діатомових водоростей в заплавних водоймищах гирла Дніпра складала $2,7 \text{ г/м}^3$. Домінували серед них представники сімейства *Melosira*.

Біомаса фітопланктону на відкритих ділянках східного району лиману складала $13,6 \text{ г/м}^3$, а на прибережних ділянках вона була декілька високою і складала $14,3 \text{ г/м}^3$. Більше 45% загальної біомаси припадало на частку синезелених водоростей. Біомаса зелених і діатомових водоростей в середньому складала 3,1 і $3,3 \text{ г/м}^3$ відповідно до систематичних груп.

Отже, гідробіологічні умови лиманів, не суттєво відрізняються, однак слід відзначити, що Дніпро-Бузький лиман має багатий склад та різновид донної фауни.

За даними аналізу моніторингових досліджень вод у 2019 року, спостерігається (таблиця Д1 у додатку):

- концентрації хлоридів, сульфатів, фосфатів, нітратів, не перевищують нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у внутрішніх морських водах та територіальному морі України, до яких віднесено акваторію Бузького лиману;

- має місце перевищення нітритів у 1,5 рази. Однією з причин перевищення - забруднення води продуктами розпаду азотних сполук тваринного походження;

- максимальні значення азоту амонійного $1,09 \text{ мг/дм}^{-3}$ (ГДК $0,5 \text{ мг/дм}^{-3}$), перевищення зафіксовано у всіх відібраних пробах, максимально у 2,18 рази. Однією з причин - скиди забруднених стічних вод Миколаївського водоканалу.

- перевищує значення ГДК визначається - нафтопродуктів, при допустимій концентрації $0,05 \text{ мг/дм}^{-3}$, у відібраних пробах максимальна – $0,17 \text{ мг/дм}^{-3}$, мінімальна $0,10 \text{ мг/дм}^{-3}$. Вміст та їх концентрація обумовлена районом відібраних зразків. Адже на березі Бузького лиману поблизу підприємства ДП "СК "Ольвія" також розташовується північніше підприємство МСП "Ника-Тера" та завод

«Океан», діяльність яких також безпосередньо пов'язана з акваторією Бузького лиману (рисунок 1.4).

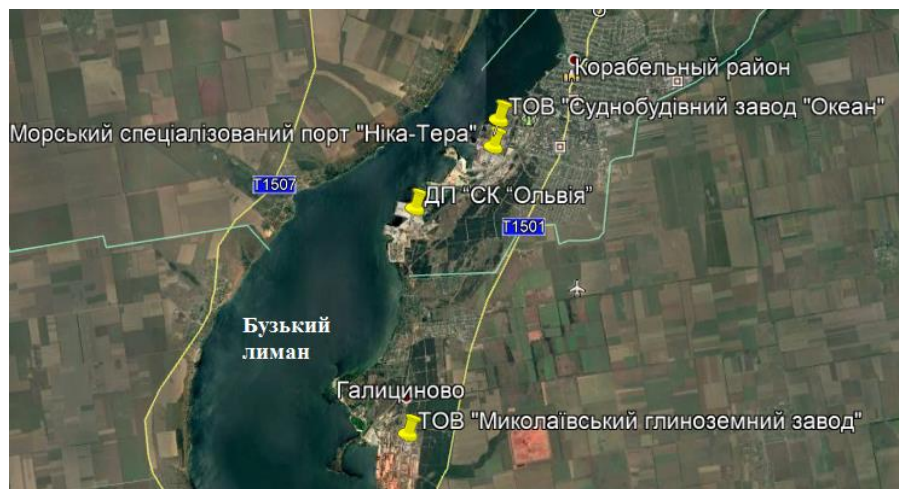


Рисунок 1.4 – Розташування підприємств на березі Бузького лиману

- у пробах виявлено збільшення показників БСК₅, що пов'язано з підвищеним рівнем забруднення, яке має органічну природу і добре корелює з рівнем нітритів у води.
- концентрація загального заліза перевищує ГДК у 2,2 рази. Перевищення свідчить про забруднення як недостатньо очищеними стічними, так і дощовими водами.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ ЗА СТУПЕНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ДОННИХ ВІДКЛАДЕНЬ У РАЙОНІ ДІЯЛЬНОСТІ ДП «СК «ОЛЬВІЯ»

2.1 Загальна характеристика донних відкладень

Провідну роль у формуванні хімічного складу водних систем грають донні відкладення, що утворюються в результаті седиментації зваженого у воді матеріалу і його взаємодії з водною фазою. Донні відкладення акумулюють речовини, що надходять з водозбірної території, таким чином відображають її геохімічні особливості.

Донні відкладення знаходяться в постійному обміні з водним середовищем. Таким чином, вони є системою, яка накопичує інформацію про історію розвитку водойми і процесах на водозбірних територіях. Володіючи значною сорбційною ємністю, донні відкладення накопичують забруднюючі речовини. Це властивість визначає їх використання в якості індикатора при оцінці стану водних систем і контролі забруднення [5, 6].

Існує цілий ряд класифікацій донних відкладень, складених за різними принципами. В основі більшості класифікацій донних відкладень лежить співвідношення і зміст мінеральної та органічної складових, а також переважання того чи іншого елемента в їх зольній мінеральній частини.

Хімічний склад донних відкладень включає в себе мінеральну та органічну складові. Для характеристики розподілу мінеральних і органічних складових вибирається деякий критерій. За цими критеріями простежується вплив джерел надходження цих компонентів і встановлюються внутрішньо водоймові процеси формування донних відкладень.

Донні відкладення включають в свій склад активний запас іонів водорозчинних солей, який постійно готовий до переходу в водні маси при створенні певних умов.

Хімічний склад мінеральної частини донних відкладень залежить від [35]: геохімії порід району, в якому розташована водойма; міграційної здатності окремих хімічних елементів; біологічного поглинання; сорбційних властивостей седиментированного матеріалу; діагенеза відкладень.

Органічна складова донних представлена гумусовими речовинами і продуктами життєдіяльності організмів (поліпептиди, полісахариди, жирні і амінокислоти) або ж подібними за хімічними властивостями домішками антропогенного походження.

Спільною рисою розподілу по днищу органічних компонентів є їх концентрування в глибоководних зонах, де умови седиментації речовини найбільш сприятливі.

Найбільш важливими процесами, що протікають в донних відкладеннях і впливають на стан екосистеми, є процеси розкладання органічної речовини, споживання кисню і надходження біогенних елементів у водне масу озера.

Хімічні елементи в донних відкладах значною мірою знаходяться в рухомій формі і взаємодіють з водною фазою. Перехід важких металів з донних відкладень до водного середовища може здійснюватися при взмультуванні донних відкладень, а також при процесах розчинення і десорбції раніше накопичених елементів.

У природних водах елементи можуть мігрувати в колоїдній, зваженій та істинно розчиненій формах. У колоїдній формі міграція хімічних елементів відбувається при значних швидкостях течій у поверхневих водах.

Колоїдні частинки беруть участь в інтенсивному броунівському русі й тому протистоять силі земного тяжіння. Злипання їх зазвичай відбувається при сильному збільшенні солоності води та появі заряджених частинок.

Накопичення надмірної кількості органічних речовин у донних мулових відкладах супроводжується утворенням аміаку, метану, водню та сірководню, які виділяються у вигляді бульбашок та при розчиненні у воді, надають їй неприємного запаху і мають токсичний вплив на рибу та безхребетних, особливо взимку в підлідний період, що призводить до задухи і масової загибелі риби та їх природної кормової бази.

2.2. Важкі метали та нафтопродукти в донних відкладеннях

Донні відкладення є більш інформативним об'єктом досліджень, ніж вода. Це, обумовлено тим, що хімічний склад донних відкладень, на відміну від водного середовища, несе інформацію про загальний стан екосистеми, про природну та техногенну складову забруднення протягом тривалого періоду часу

Внаслідок високого коефіцієнта накопичення токсикантів, спектр їхніх компонентів набагато ширше, що є більш інформативним і дозволяє відстежувати динаміку накопичення більшої кількості поллютантів.

Велика частина забруднюючих речовин зосереджуються в донному ґрунті, накопичуються в бентосних організмах, з подальшою передачею за трофічними ланцюгами, що становить загрозу для здоров'я людини.

Інший можливий шлях впливу - так зване повторне забруднення, яке виникає в процесі життєдіяльності людини або дії природних чинників (діяльність донних організмів, хімічні реакції, термічні зміни і ін.), в результаті чого акумульовані речовини можуть знову опинитися у воді.

Особлива увага надається вивченню ступеня забруднення донних відкладень хімічними речовинами, перш за все, важкими металами і нафтопродуктами.

Нафтопродукти при потраплянні до водного об'єкту швидко припиняють існування як вихідні субстрати і розділяються на агрегатні фракції, які мають вигляд: емульсій, плівок, розчинених і завислих форм, акумульованих у водних організмах сполук.

Хімічні перетворення нафти в водному середовищі починають виявлятися не раніше, ніж через добу після її потрапляння, і носять в основному окислювальний характер. Кінцеві продукти окислення (феноли, карбонові кислоти, кетони, альдегіди та ін.) мають підвищену розчинність в воді та високу токсичність. Присутність у воді нафтопродуктів призводить до осідання частини нафти на дно водойми, цей процес найбільш активно відбувається в прибережній смузі та на мілководді через інтенсивне перемішування. Разом з цим одночасно відбувається процес видобування нафти залишками організмів і їх метаболітами.

Важкі фракції нафти можуть зберігатися в відкладаннях протягом багатьох місяців і навіть років.

Поширення важких металів в донних відкладеннях обумовлено гідродинамічними особливостями потоку, фізико-хімічними процесами трансформації, а також взаємодією останніх з твердою фазою.

Після надходження у водне середовище метали, як правило, змінюють фізико-хімічну форму, розсіюються і переносяться під впливом гідродинамічних процесів, осідають з водного середовища, адсорбуються і накопичуються в донних відкладах. Однак, змінна умов накопичення металів в відкладання може призвести до міграції забруднювачів із товщі у воду та повторного забруднення.

Надходження важких металів антропогенного походження до водойми призводить до утворення так званих техногенних мулів, в яких формуються техногенні геохімічні асоціації.

Незважаючи на те, що деякі метали необхідні в низьких концентраціях для живих організмів при більш високій концентрації вони можуть викликати ефекти, що порушують зростання, метаболізм або розмноження організмів з наслідками для всіх трофічних ланцюгів, у тому числі у людей. Крім того, деякі метали, такі як: Pb, Cd, Ni, As і Hg - підсилюють загальну токсичну дію на організми навіть при дуже низьких концентраціях [7].

Одна з найважливіших характеристик властивостей металів - рухливість, якій всі форми важких металів можна розділити на: нерозчинні і розчинні. Важкі метали впливають на всі групи організмів і екосистемні процеси.

Забрудненість донних відкладень вуглеводнями залежить від сорбційної здатності, від гранулометричного складу і фізичних властивостей донних відкладень.

Деградація вуглеводнів відбувається під дією хімічних і біохімічних процесів особливо інтенсивно в літню пору і призводить до збільшення смолистих компонентів.

Високі концентрації важких металів впливають на розвиток водних організмів (фітопланктону, зоопланктону і риби). На молекулярному рівні токсичну дію підвищених концентрацій важких металів полягає в порушенні клітинного метаболізму внаслідок блокування ними біохімічних реакцій шляхом зв'язування функціональних груп і витіснення біологічно активних мікроелементів з білків, ферментів, ліпідів і інших біологічних макромолекул. Сполуки металів можуть впливати на вміст кисню в воді, знижувати репродуктивні процеси, у риб і ракоподібних можуть проявлятися гістологічні зміни, такі як зябровий некроз або жирова дегенерація печінки тощо.

Риби займають в біоценозах водних екосистем верхній трофічний рівень, крім того, є компонентом харчового раціону населення. Багато водних організмів споживаються людьми, приводячи до накопичення токсиканти в людині. Ці накопичення можуть викликати катастрофічні захворювання .

2.3 Донні відкладання Бузького лиману

Донним відкладанням Бузького лиману приділяється значна увага, оскільки вони постійно знаходяться у водних екосистемах і здатні лише перерозподілятися між окремими їхніми компонентами залежно від впливу процесів, що відбуваються у водному середовищі або донних відкладах.

Донні відкладення Бузького лиману формувалися протягом багатьох сотень років. Однак, лише в останнє сторіччя лиман відчуває зростаючу антропогенний вплив.

Бузький лиман сформований близько 2400 років тому - заплава річки Південного Бугу була затоплена морем і утворила лиман в сучасних його обрисах. Пересування Дніпровського лиману на захід привело до захоплення гирла Бузького лиману . Утворення лиману шляхом затоплення річкової долини і захоплення гирла наклало відбиток на процеси формування донних відкладень [8].

Динамічність складу донних відкладень Бузького лиману пов'язана з кліматичними умовами, вмістом речовин у водній товщі, складом і величиною промислових скидів, характеристиками поверхневих і підземних джерел, що впливають на гідрохімічний склад лиману тощо.

В інженерно-геологічній будові території приймають участь сучасні четвертинні лиманні та алювіально-лиманні відклади, які залягають на розмитій поверхні неогенових порід верхнього сармату.

Гранулометричний склад донних відкладень сформований осадовими породами [12].

- пісок і черепашковий пісок в основному представлені фракціями розміром більше 0,25 мм та становлять близько 79 %;

- мул піщанистий - представлений фракціями розміру 0,25-0,1 мм, більше 50%;

- мул глинистий представлений фракціями менше 0,01 мм, що становить понад 80%.

Ґрунти донних відкладень в лимані досить добре вивчені впродовж досліджень минулих років. В основному вони представляють собою мули з домішкою піщаних фракцій.

На ділянці розповсюджені ґрунти зі специфічними властивостями – мули, що викликані наносними природними явищами, таких як природні течії, стік рік або шторми. Це приводить до зменшення габаритів акваторій та їх глибин і вводить обмеження на можливість приймати ті або інші судна. Наноси ґрунту або природна заносимість є постійним процесом, тому в портах і прирівняних до них об'єктів регулярно проходять виміри глибин для визначення потреби в днопоглибленні.

2.4 Сучасні методи досліджень донних відкладень

Аналіз донних відкладень може здійснюватися декількома методами: механічним та хімічним. Механічний метод прийнято називати

гранулометричним. Він дає можливість визначити відсоток різних частинок у пробі донних відкладень. Після цього, спираючись на отриману інформацію, роблять висновки - в якому стані знаходиться водний об'єкт. Завдяки хімічному методу вдається з'ясувати склад донних відкладень. Цей метод дозволяє визначити відсоток магнію, калію, кальцію, сірки, алюмінію натрію та інших хімічних елементів в донному осаді. Якщо при цьому проаналізувати водну витяжку, то можна дізнатися чи присутні у відкладеннях: хлориди, сульфати, карбонати. Також за отриманими даними судять про те, наскільки ґрунт здатен поглинати воду і яка в ньому концентрація поживних речовин у вигляді калію, фтору, азоту.

Українські законодавчі акти не лімітують вміст забруднюючих речовин в донних відкладеннях водних об'єктів, тому для визначення ГДК забруднюючих елементів та кратність їх перевищення в Україні використовується ГДК ґрунтів.

ГДК хімічних речовин у ґрунті були затверджені у 1980 році. Однак у 2016 році було розпорядження КМУ "Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України акти санітарного законодавства, видані центральними органами виконавчої влади СРСР, в тому числі їх посадовими особами, якими затверджено санітарні, санітарно-гігієнічні, санітарно-протиепідемічні, санітарно-епідеміологічні, протиепідемічні, гігієнічні правила і норми, державні санітарно-епідеміологічні нормативи та санітарні регламенти".

На сьогоднішній день ГДК для ґрунтів в Україні відсутні, проте не маючи іншого чинного документа, що регламентує ГДК ґрунту, Україна продовжує опиратися на ГДК хімічних речовин у ґрунті, що були затверджені 30.10.1980 році. Також в Україні ГДК нафти та продуктів її переробки в ґрунтах не визначено законодавством взагалі, є лише відомості про орієнтовану допустиму концентрацію 0,2 г /кг (200 мг/кг) [12]. У разі , якщо ГДК МОЗ не встановлено, приймаються значення за міжнародним стандартом. У разі відсутності цих даних, ГДК розраховувався виходячи з значень геохімічного фону (усереднені

регіональні дані для українських ґрунтів) або за значенням кларкових концентраціях.

Для аналізу токсичності забруднення донних відкладень використовують один з методів - метод нормування за інтегральними показниками, який складається: з коефіцієнта небезпеки контрольованих речовин (K_o), коефіцієнта концентрації (K_c), інтегральний показує небезпеки ($\sum K_o (1+ 2)$) і сумарного показника забруднення (Z_c) [9-11].

K_o розраховується як відношення фактичного рівня вмісту контрольованих речовин в донних відкладеннях (C) до гранично допустимої концентрації (ГДК):

$$K_o = \frac{C}{\text{ГДК}} \quad (3.1)$$

Для кількісної оцінки ступеня аномальності і основою для виявлення еколого -геохімічних аномалій використаний коефіцієнт концентрації хімічного елемента (K_c), розрахований як відношення вмісту елементів донних відкладеннях (C) до фонового вмісту в ґрунтах регіону (C_ϕ):

$$K_c = \frac{C}{C_\phi} \quad (3.2)$$

Небезпека забруднення середовища тим вище , чим вище клас небезпеки контрольованих речовин. Інтегрований показник небезпеки визначається за формулою.

$$\sum K_o (1 + 2) = \sum_i^n \frac{C}{\text{ГДК}} \quad (3.3)$$

Метод нормування за сумарним показником забруднення (Z_c) характеризує інтенсивність техногенного тиску на екосистему, визначає асоціації хімічних елементів, що забруднюють компоненти навколишнього середовища і виявляє зони з різними рівнями забруднення . Показник сумарного забруднення дорівнює сумі коефіцієнтів концентрації , що накопичуються в межах техногенної аномалії елемента межах техногенної аномалії.

$$Z_c = \sum_{i=0}^n K_c - (n - 1); K_c > 1 \quad (3.4)$$

де: Z_c - сумарний показник забруднення;

K_c - кратність перевищення фактичного вмісту хімічної речовини в ДВ

його середньої фонові концентрації в басейні, або граничнодопустимої концентрації для ґрунту;

n - загальна кількість забруднюючих речовин, що контролюється.

Сумарний показник забруднення відноситься до числа нормативних і розраховується для токсичних елементів першого і другого класів небезпеки. За санітарно-гігієнічним нормам, згідно ГОСТ 17.4.02-83 до першого класу небезпеки (надзвичайно небезпечні) відносяться свинець та цинк, до другого класу небезпеки (надзвичайно небезпечні) відносяться кадмій.

Показник Z_c - показник інтегрального рівня забруднення донних відкладень (табл. 2.1) [13, 14].

Таблиця 2.1 - Орієнтовно оцінювальна шкала забруднення донних відкладень за сумарним показником забруднення

Категорія забруднення	Z_c токсичних елементів в донних відкладаннях	Якісна оцінка вмісту токсичних елементів у воді
Слабкий	Менше 10	Слабо підвищене відносно фону
Сильний	30-100	Підвищення відносно фону
Небезпечна	Більше 100	Набагато вище фону; стабільне перевищення окремими елементами рівнів ГДК
Надзвичайно небезпечна	Більше 128	Практично постійна присутність багатьох елементів в концентраціях вище ГДК

Для оцінки небезпеки забруднення донних відкладень по санітарно-гігієнічним критеріям застосовується градація: допустима, помірно небезпечна, небезпечна і надзвичайно небезпечна категорії забруднення (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Критерії оцінки степені забруднення відкладень неорганічними речовинами

Вміст у ґрунті(мг/кг)/ Клас небезпеки речовини	Категорія забруднення ґрунту		
	1 клас	2 клас	3 клас
$> K_{\max}$	Дуже сильна	Дуже сильна	Сильна

Від ГДК до K_{max}	Дуже сильна	Сильна	Середня
Від 2 фонових значень до ГДК	Слабка	Слабка	Слабка

Якщо донні відкладення забрудненні однією органічною речовиною, тоді його небезпеку визначають виходячи з його ГДК та клас небезпеки (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Критерії оцінки забруднення донних відкладень органічними речовинами

Вміст у ґрунті, мг/кг	Категорія забруднення ґрунту		
	1 клас	2 клас	3 клас
Клас небезпеки речовини			
> 5 ГДК	Дуже сильна	Дуже сильна	Сильна
Від 2 до 5 ГДК	Дуже сильна	Сильна	Середня
Від 1 до 2 ГДК	Слабка	Слабка	Слабка

3.5 Методика та результати проведення дослідження донних відкладень

Оцінку стану забруднення донних відкладень Бузького лиману проводилася у вересні 2019-2020 років у районі діяльності порту ДП «СК «Ольвія». У пробах визначався вміст важких металів та нафтопродуктів.

Для проведення дослідження було вибрано три точки відбору проб (рисунок 2.1). Для відбору проб в лимані використовувався дночерпач. Маса кожної проби становила близько - 500-600 г. Донні відкладення поміщали у скляну посудину та закривались пластмасовою кришкою. В лабораторних умовах кожен зразок висушували при температурі. Далі, зразки подрібнювали до однорідних частинок та просіювали через сито з отворами 1-2 мм, даючи можливість видалити залишки рослин та інших твердих частинок. Після просіювання проби ретельно перемішували, насипали в коробки і розрівнювали шар висушених донних відкладень приблизно товщиною в 1 см. Методом «конверта» відбирали пробу вагою 10-15 г.

Ситуаційна карта- схема розташування ДП «СК «Ольвія» та місць відбору донних відкладень
М 1:20000

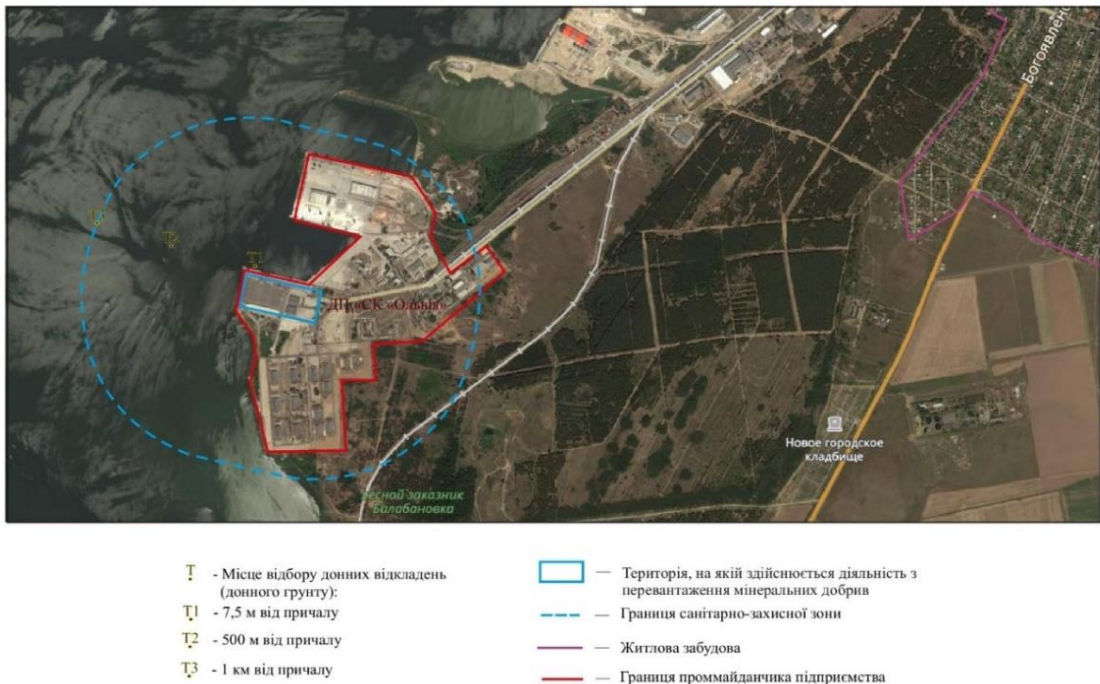


Рисунок 2.1 – Карта відбору проб донних відкладень на території порту

Відібрану пробу подрібнювали у фарфоровій ступці і просівали через сито з розміром осередків 0,25 мм.

Для визначення вмісту важких металів у розчинах проводили методом атомної абсорбційної спектрофотометрії на ААС–115М1 (рисунок 2.2). Чутливість атомно-абсорбційного спектрофотометра визначається величиною вмісту металів, яка викликає абсорбцію в 1 %. Межі виявлення регулюються концентрацією металів, яка викликає абсорбцію, еквівалентну подвійній флукутації фону (нульова абсорбція).

Для проведення кількісного аналізу нафти і нафтопродуктів в донних відкладаннях використовувався метод ІЧ-спектрометрії, який базується на "Методиці виконання вимірювань масової частки нафтопродуктів в

мінеральних, органогенних ґрунтах і донних відкладеннях методом ІЧ-спектрометрії" (рисунок 2.3).

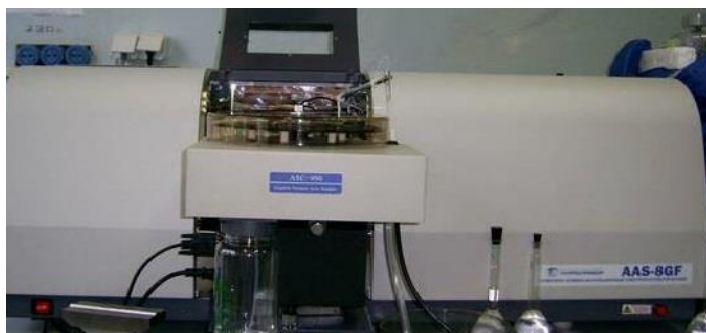


Рисунок 2.2 - Атомно-абсорбційний спектрофотометр



Рисунок 2.3 - ІЧ-спектрометр

Для проведення аналізу зразки піддавалися висушуванню та подрібненню. У два відібрані паралельно зразка, заливали 10 см^3 чотири хлористого вуглецю, посилено струшували і надалі проводили фільтрування, отриманого екстракту. Дану операцію (екстракція з подальшим фільтруванням) з використанням нових порцій чотири хлористого вуглецю, в тому ж обсязі (10 см^3), Повторювали не менше двох разів. Отримані екстракти об'єднували і підраховували сумарний обсяг. Далі в колонку з оксидом алюмінію заливали об'єднаний екстракт. Після проходження екстракту через колонку в неї ще додатково вливали 5 см^3 чотири хлористого вуглецю та підраховували отриманий обсяг. Потім кювету заповнену елюат, встановлювали в прилад.

Зафіксовані результати, які показував прилад відповідали вмісту нафти і нафтових продуктів в елюаті (у $\text{мг} / \text{дм}^3$).

Кількість нафтових продуктів в донних відкладеннях визначали за формулою:

$$X_{\text{вим}} = \frac{C_{\text{вим}} \cdot V \cdot V_2 \cdot V_{\text{ел}}}{M \cdot V_2 \cdot V_a}$$

Де, $X_{\text{вим}}$ – виміри відбору, мг/дм³ ;

M – маса відібраного зразка для аналізу, кг;

V – загальний обсяг екстракту, дм³;

V_1 – обсяг екстракту, необхідний для розведення, дм³;

V_2 – об’єм екстракту в результаті розбавлення, дм³;

V_a – обсяг невеликої кількості екстракту, необхідного для введення в хроматографічну колонку, дм³;

$V_{\text{ЕЛЮАТ}}$ – обсяг елюата, отриманого в результаті пропускання екстракту через колонку, дм³.

Дослідження донних відкладень проводилася в лабораторії. Перелік забруднюючих речовин донних відкладень Бузького лиману 2019 та 2020 року, їх показники наведені в таблиці 2.4.

Розрахунок коефіцієнтів небезпеки контрольованих речовин наведенні на рисунках 2.4 – 2.7

Розрахунок коефіцієнта концентрації хімічного елемента наведено в таблиці 2.5 та сумарний показник забруднення в таблиці 2.6.

У досліджуваних зразках можна побачити перевищення ГДК нафтопродуктів, цинку, та в одній точці пробовідбору у 2019 році, яка була узята на відстані 1000 м від прибережної смуги – кадмію.

Таблиця 2.4 - Концентрація забруднювачів у донних відкладеннях

№ з/п	Показники	Од. вим.	ГДК, мг/кг (дм ³)	Концентрація у пробах в точках пробовідбору					
				SW-1		SW-2		SW-3	
				2019	2020	2019	2020	2019	2020
1	Нафтопродукти	мг/кг	200	816	288	547	98,7	140	264
2	Кадмій	мг/кг	4,5	2,93	1,16	4,07	2,41	4,7	0,614
3	Свинець	мг/кг	32,0	13,3	18,4	16,6	13,7	13,1	11,8
4	Цинк	мг/кг	55,0	185	97,1	253	99,7	160	52,7

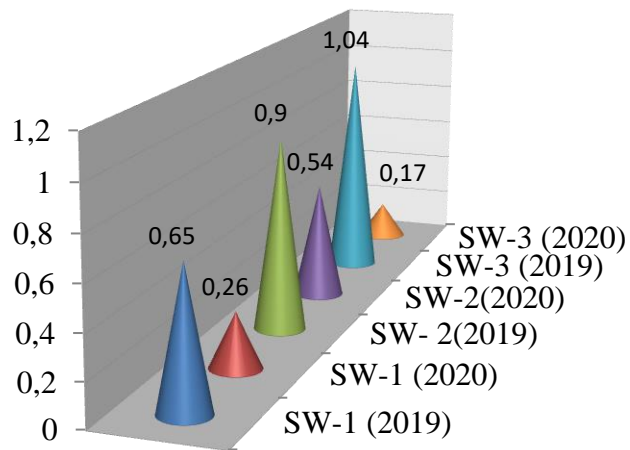


Рисунок 2.4 – Коефіцієнт небезпеки кадмію в пробах донних відкладень

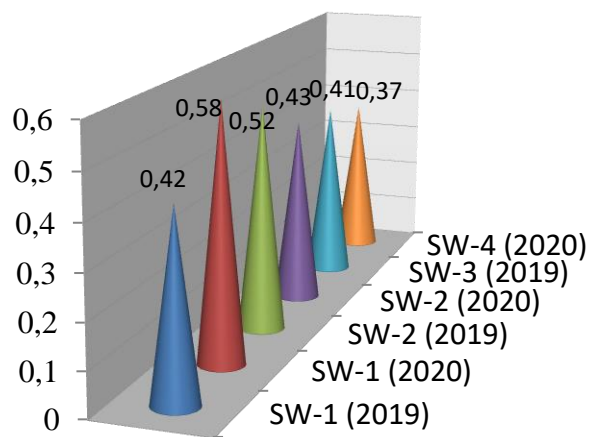


Рисунок 2.5 – Коефіцієнт небезпеки свинцю в пробах донних відкладень

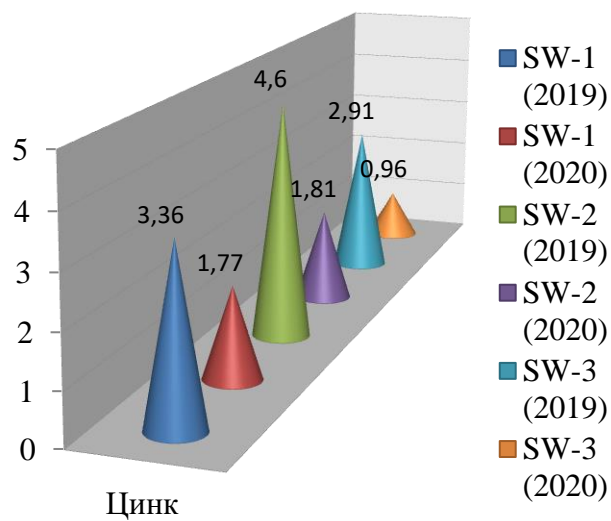


Рисунок 2.6 – Коефіцієнт небезпеки цинку в пробах донних відкладень

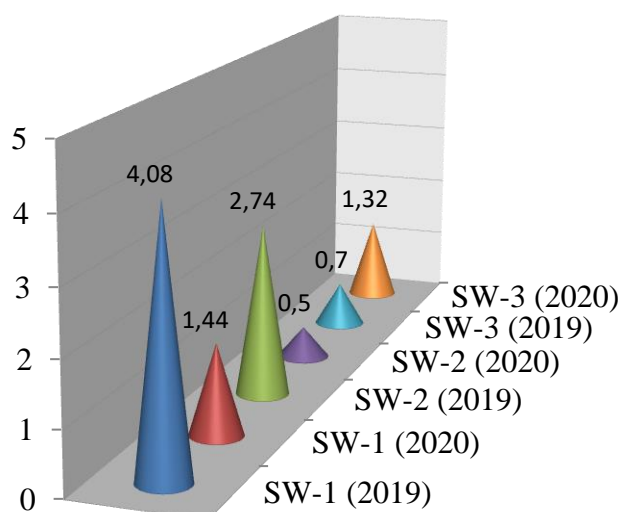


Рисунок 2.7 – Коефіцієнт небезпеки нафтопродуктів в пробах донних відкладень

Таблиця 2.5 - Коефіцієнт концентрації хімічного елемента в пробах донних відкладень

№ за п/п	Показники	Од. вим.	Сф	Концентрація за відношенням до фонового значення					
				SW-1		SW-2		SW-3	
				2019	2020	2019	2020	2019	2020
2	Кадмій	мг/кг	1,0	2,93	1,16	4,07	2,41	4,7	0,614
3	Свинець	мг /кг	20	0,67	0,92	0,83	0,69	0,66	0,59
4	Цинк	мг/кг	80	2,31	1,21	3,16	1,25	2,0	0,66

Таблиця 2.6 - Інтегральний показник небезпеки для донних відкладень

Показник	Од. вим.	Сф	Виявлено в пробі донних відкладень					
			SW-1		SW-2		SW-3	
			2019	2020	2019	2020	2019	2020
2	3	4	5	6	7	8	9	10
Інтегральний	мг/кг	1,0	5,24	2,37	7,23	3,66	6,7	--

Перевищення фонового значення виявлені також для цинку та нафти.

Донні відкладення містять нафтопродукти, що в 4 рази перевищують ГДК 2019 році та в 1,4 рази у 2020 році. Рівень забруднення донних відкладень відносно нафтопродуктів можна віднести до дуже сильного (слабкого 2020 р).

Діапазон вмісту нафтопродуктів обумовлено дальністю та місцем відбору проб. Відстань від прибережної смуги – 7,5 м (точка № 1): це територія причала підприємства – стоянка суден. Точка № 2 знаходиться на відстані 500 м від берега, концентрація нафтопродуктів у цій пробі найменша з трьох проб відбору. Це відстань проходження кораблів, в цей період віді судна можливі витoki нафтопродуктів під час руху. Територія точки № 3 – рейд, судно чекає своїй черги на навантаження-розвантаження.

Забруднення цинком Бузького лиману на території підприємства відбувається за всією територією відбору проб. Концентрація цинку досить висока та перевищує значення ГДК. Максимальне забруднення цинку вище допустимої норми – в 4,6 рази у 2019 році, та в 1,8 разів у 2020 році.

Концентрація свинцю у донних відкладеннях знаходиться в межах норми таі не перевищує ГДК.

Згідно інтегрального показника акваторія Бузького лиману, яка знаходиться біля ДП "СК "Ольвія", відноситься до категорії слабо забрудненої.

ВИСНОВКИ

У результаті проведення аналізу та оцінки ступеня забруднення акваторії Бузького лиману в районі функціонування основних торговельних портів міста за показниками забруднення донних відкладень показано:

1. Забруднення цинком Бузького лиману на території підприємства відбувається за всією територією відбору проб. Концентрація цинку досить висока та перевищує значення ГДК. Максимальне забруднення цинку вище допустимої норми – в 4,6 рази у 2019 році, та в 1,8 разів у 2020 році.
2. В одній точці пробовідбору у 2019 році, яка була узята на відстані 1000 м від прибережної смуги, спостерігалось перевищення концентрації кадмію.
3. Донні відкладення містять нафтопродукти, що в 4 рази перевищують ГДК для ґрунтів у 2019 році та в 1,4 рази - у 2020 році.
4. Концентрація свинцю у донних відкладеннях знаходиться в межах норми та не перевищує ГДК.
5. Дана методика дослідження забруднення акваторії за показниками ступеня забруднення донних відкладень є адекватною і може бути застосована з метою використання для оцінки інших гідроекосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про морські порти України : Закон України від 04.07.2013 р. № 4709 – VI. Законодавство України : база даних / Верхов. Рада України. Дата оновлення: 13.02.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4709-17iText> (дата звернення: 25.04.2020).
2. Подбельцева Е.В. Эколого-географические особенности потенциала морских портов Украины морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь, 2005. вип.477 с. 286 -293.
3. Коваленко Д. А. Исследование формирования акустического загрязнения как часть проекта снижения акустической нагрузки на окружающую среду в результате хозяйственной деятельности морских портов: Одесский нац. морской университет. Одесса, 2014. URL: <https://www.sworld.com.ua/konfer37/633.pdf> (дата звернення: 19.09.2019).
4. Регіональна доповідь Про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2016 році. Миколаїв, 2017. С. 247.
5. Регіональна доповідь Про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2017 році. Миколаїв, 2018. С. 199.
6. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Херсонська філія» ДП Адміністрація морських портів України (Адміністрація Херсонського морського порту), Херсон, 2018 р. С.146.
7. Тютяев. І.В. Висновок за результатами відомчого моніторингу за об'єктами навколишнього природного середовища в районі розташування Державного підприємства “Стивидорнаякомпания “Ольвия”. Миколаїв, 2018 р. С.55.
8. Осовецкий Б. М. Природно-техногенные осадки / Б. М. Осовецкий, Е. А. Меньшикова. Пермь: Перм. ун-т, 2006. С. 208.

9. Денисова А. И. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды / Денисова А. И., Нахшина Е. П., Новиков Б. И., Рябов А. К. Киев: Наукова думка, 1987. С. 164.

10. Давидова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжёлых металлов в водных экосистемах//Ульяновских государственный технических университет. – Ульяновск, УлГТУ, 2014.С.168.

11. Смирнов В.Н. Показатели состояния поверхностных вод Бугскогалимана / В.Н. Смирнов, Т.Н. Кравцова // Сб. научн. тр. Института геохимии и окружающей среды. – К.: Наука, 2007. – №14. – С. 130–135.

12. Молодых И.И., Усенко В.П., Палатная Н.Н. и др. Геология шельфа УССР. Лиманы / под ред. Е. Ф. Шнюкова. — К. : Наукова думка, 1984. С.76.

13. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды— М. : Недра, 1990. – 333 с..

14. Трохименко Г.Г. Комплексні маловідходні технології захисту від забруднення гідроекосистем (на прикладі Миколаївської області) дис.....д-ра.техн.наук: спец. 21.06.01 "Екологічна безпека технічні науки" : 21.06.01 / Нац. Техн. Ун-т України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Київ, 2018, 467 с.

ДОДАТКИ

Таблиця Д1 – Результати дослідження поверхневих вод Бузького лиману

Речовина	500 м вище за течією			500 м напроти акваторії			500 м нижче за течією	250 м нижче за течією		ГДК
	02.2019	06.2019	12.2019	02.2019	06.2019	12.2019	02.2019	06.2019	12.2019	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Залізо загальне, мг*дм ⁻³	0,11	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08	0,10	0,10	0,09	0,05
рН, од.	6,8	7,8	6,8	7,0	7,8	6,4	7,0	7,9	6,7	6,5-8,5
Хлориди, мг* дм ⁻³	2689	3500	3525	2705	3550	3244	2718	3525	3217,5	11900
Сульфати, мг* дм ⁻³	421	616	618	431	616	642	423	618	633,6	3500
Фосфати, мг* дм ⁻³	0,1	0,06	0,086	0,11	0,065	0,08	0,09	0,05	0,081	0,700
Нітрити, мг* дм ⁻³	0,11	0,045	0,041	0,12	0,045	0,05	0,12	0,06	0,041	0,08
Нітрати, мг* дм ⁻³	0,34	0,85	0,81	0,31	0,8	0,77	0,37	0,82	0,87	40,0
Азот амонійний, мг* дм ⁻³	0,74	1,05	0,97	0,80	1,09	0,92	0,75	1,09	0,93	0,5
Мінералізація, мг* дм ⁻³	3548	4300	4302	3540	4295	3959	3589	4425	4005	12000-18000

Продовження таблиці Д1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ХСК, мг* дм ⁻³	10,5	10,2 5	9,34	9,0	11,05	10,22	9,25	12,5	9,23	не нормуєть ся
Завислі речовини , мг* дм ⁻³	3,8	3,2	8,01	3,2	5,3	7,74	3,08	5,7	7,70	фонові значення (4,45)
БСК5 , мг* дм ⁻³	1,2	5,8	4,37	1,2	2,95	4,56	1,2	2,8	4,37	3,0
Нафтоп- родукти, мг* дм ⁻³	0,10	0,17	0,14	0,10	0,17	0,15	0,11	0,17	0,15	0,05