

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохронний
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАФТОВОЇ
ПЛЯМИ У РАЗІ АВАРІЙНОГО СКИДУ НА РЕЙДІ (НА ПРИКЛАДІ
ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ)»

Виконав студент 2 курсу групи МОС-20(з/ф)
спеціальності 101 Екологія
Пономаренко Владислав Валерійович

Керівник: к.т.н., доцент
Юрасов Сергій Миколайович

Рецензент: д.геогр.н., професор
Хохлов Валерій Миколайович

Одеса 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 – Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія та Охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

“28” жовтня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТУ

Пономаренку Владиславу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи Прогнозування розповсюдження нафтової плями у разі аварійного скиду на рейді (на прикладі Північно-Західної частини Чорного моря)

Керівник магістерської роботи Юрасов Сергій Миколайович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” жовтня 2021 р.
№216 «С» П.П.-09

2. Строк подання студентом дипломного проекту 13 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи нормативна та технічна література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика Північно-Західного шельфу Чорного моря

2. Характеристика вантажообігу та суднопотоку нафторайону Одеського порту

3. Ймовірність аварійних розливів нафти

4. Аспекти негативного впливу розливів нафти

5. Теоретичні передумови розповсюдження нафти в морі

6. Розрахунок розповсюдження нафти за різними сценаріями її розливу на

Одеському рейді

7. Аналіз отриманих результатів

8. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема Одеського рейду і ПЗШЧМ

2. Розрахункові схеми.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Характеристика Північно-Західної частини Чорного моря</i>	28.10.21-02.11.21	82	4 (добре)
2	<i>Характеристика вантажообігу та суднопотоку нафторайону Одеського порту. Ймовірність аварійних розливів нафти</i>	03.11.21-10.11.21	82	4 (добре)
3	<i>Аспекти негативного впливу розливів нафти. Теоретичні передумови розповсюдження нафти в морі</i>	11.11.21-21.11.21	82	4 (добре)
4	<i>Рубіжна атестація</i>	22.11.21-26.11.21	82	4 (добре)
5	<i>Розрахунок розповсюдження нафти за різними сценаріями її розливу на Одеському рейді.</i>	27.11.21-02.12.21	82	4 (добре)
6	<i>Узагальнення отриманих даних. Проведення розрахунків, складання таблиць, підготовка графічного матеріалу. Підготовка попередньої версії магістерської роботи</i>	03.12.21-15.12.21	82	4 (добре)
7	<i>Підготовка заключної версії магістерської роботи та графіки для попереднього захисту</i>	16.12.21-22.12.21	82	4 (добре)
<i>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</i>			82,0	

Студент

(підпис)

Пономаренко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної
роботи магістра

(підпис)

Юрасов С.М

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пономаренко В.В. «Прогнозування розповсюдження нафтової плями у разі аварійного скиду на рейді (на прикладі Північно-Західної частини Чорного моря)»

В роботі розглядається проблема, яка присвячена одному з актуальних питань, а саме оцінці зони забруднення прибережних рекреаційних районів Чорного моря при аварійних розливах нафти на рейді Одеського порту.

Об'єкт дослідження – вплив розливів нафти на морське середовище.

Предмет дослідження – розповсюдження нафти в морі при її аварійних розливах.

Мета дослідження – аналіз різних сценаріїв розповсюдження нафти при її аварійному розливі на Одеському рейді.

Елементи наукової новизни полягають у тому, що при аналізі наслідків аварійних розливів нафти запропоновано розглядати розповсюдження легких (які випаровуються) та важких фракцій нафти окремо, використовуючи метод суперпозиції, а також при аналізі тривалих періодів часу, можна одразу розглядати розповсюдження тільки важких (які не випаровуються) фракцій нафти.

Робота підготовлена на 75 сторінках комп'ютерного тексту та складається із переліку умовних скорочень, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Робота проілюстрована 19 таблицями і 14 рисунками. Список використаної літератури налічує 25 пунктів.

За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано тези доповіді на Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції», 11 листопада 2021 року. – Житомир: «Житомирська політехніка».

Ключові слова: аварійний скид, нафтова пляма, розповсюдження тощо.

ABSTRACT

Ponomarenko V.V. "Prognostication of the Spread of an Oil Spill in the Event of an Emergency Discharge at a Roadstead (on the Case Study of the Northwestern Part of the Black Sea)"

The paper considers the problem, which is devoted to one of the most pressing issues, namely the assessment of the pollution zone of the coastal recreational areas of the Black Sea during oil spills at the Odessa port.

The object of research is the impact of oil spills on the marine environment.

The subject of research – the distribution of oil at sea during its emergency spills.

The purpose of research – an analysis of different scenarios of oil distribution during its emergency spill at the Odessa raid.

Elements of scientific novelty are that when analyzing the consequences of oil spills, it is proposed to consider the distribution of light (evaporating) and heavy oil fractions separately, using the method of superposition, as well as when analyzing long periods of time, you can immediately consider the distribution of only heavy (non-evaporating) oil fractions.

The work is prepared on 75 pages of computer text and consists of a list of abbreviations, introduction, seven chapters, conclusions, a list of sources used and the annex. The work is illustrated by 19 tables and 14 figures. The list of used literature has 25 items.

Abstracts of the master's thesis were published at the All-Ukrainian scientific-practical conference of higher education and young scientists "Sustainable development of the country in the framework of European integration", November 11, 2021. - Zhytomyr: Zhytomyr Polytechnic.

Key words: emergency discharge, oil slick, spread, etc.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ	11
1.1 Метеорологічний режим	11
1.2 Гідрологічний режим	25
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНТАЖООБІГУ ТА СУДНОПОТОКУ НАФТОРАЙОНУ ОДЕСЬКОГО ПОРТУ	29
2.1 Характеристика вантажообігу та суднопотоку нафторайону.....	29
3 ЙМОВІРНІСТЬ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТИ.....	33
3.1 Прибуття танкера	34
3.2 Швартування до причалу, підключення та роз'єднання	35
3.3 Розвантаження нафти.....	36
4 АСПЕКТИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ РОЗЛИВІВ НАФТИ	38
4.1 Вплив на берегову смугу	38
4.2 Вплив на біологічну спільноту	39
5 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАФТИ У МОРІ	41
5.1 Поведінка розливої нафти у морі	41
5.2 Виведення диференціального рівняння	43
5.3 Рішення задачі	47
6 РОЗРАХУНОК РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАФТИ ЗА РІЗНИМИ СЦЕНАРІЯМИ ЇЇ РОЗЛИВУ НА ОДЕСЬКОМУ РЕЙДІ	53
6.1 Опис методики розрахунків	53
6.2 Вихідні дані	55
6.3 Розрахунки розповсюдження нафти за різними напрямками та аналіз їх результатів	59
7 РОЗРАХУНОК ЗБИТКІВ ВІД РОЗЛИВУ НАФТИ	66
ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70
ДОДАТКИ.....	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

КРМ	–	кваліфікаційна робота магістра;
ЧМ	–	Чорне море;
ГМС	–	гідрометеорологічна станція;
ГДК	–	гранично-допустима концентрація;
Пд	–	південь;
Пн	–	північ;
Зх	–	захід;
Сх	–	схід;

ВСТУП

Актуальність проблеми. Забруднення вод Світового океану нафтою із року до року набуває все більш глобального характеру. Аварійні розливи, скид за борт, морськими та річковими судами, промивних і баластових вод призводить до виникнення постійних осередків забруднення на шляхах маршруту їх слідування та безпосередньо в районах морських та річкових портів.

Не має значення з яких видів джерел відбувається надходження нафти у води Світового океану, бо кожен розлив має величезний вплив на водне середовище. Розливи будь-яких розмірів, зокрема дуже великих, приймають за екологічні катастрофи, наслідки яких досягають нормального стану лише впродовж тривалого часу.

Найбільш значних збитків, аварійні розливи завдають береговій смугі, яка є одним з основних видів складової рекреаційно-туристичної діяльності.

Ця КРМ присвячено одному з актуальних питань, а саме оцінці зони забруднення прибережних рекреаційних районів Чорного моря при аварійних розливах нафти на рейді Одеського порту.

При проведенні перевантажувальних робіт із нафтою та нафтопродуктами на акваторії річок та морів, рано чи пізно виникають аварійні ситуації, зумовлені різними факторами, зокрема через екстремальні погодні умови, вихід з ладу робочого обладнання чи просто пов'язаних з людським фактором.

Таким чином важливо враховувати будь-які сценарії виникнення аварійних розливів, їх ймовірність, наслідки та шкоду навколишньому середовищу. Маючи перелік необхідної інформації, можливо запобігти більш масштабним проявам негативного впливу на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження – вплив розливів нафти на морське середовище.

Предмет дослідження – розповсюдження нафти в морі при її аварійних розливах.

Мета дослідження – аналіз різних сценаріїв розповсюдження нафти при її аварійному розливі на Одеському рейді.

Елементи наукової новизни полягають у тому, що при аналізі наслідків аварійних розливів нафти запропоновано розглядати розповсюдження легких (які випаровуються) та важких фракцій нафти окремо, використовуючи метод суперпозиції, а також при аналізі тривалих періодів часу, можна одразу розглядати розповсюдження тільки важких (які не випаровуються) фракцій нафти.

За темою кваліфікаційної магістерської роботи було опубліковано тези доповіді на Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції», 11 листопада 2021 року. – Житомир: «Житомирська політехніка».

Обсяг і структура роботи. Кваліфікаційна магістерська робота викладена на 75 сторінках комп'ютерного тексту. Вона складається із переліку умовних скорочень, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Робота проілюстрована 19 таблицями і 14 рисунками. Список використаної літератури налічує 25 найменувань.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

1.1 Метеорологічний режим

Клімат району, що розглядається, помірно-континентальний з відносно м'якою, вітряною і вологою зимою і спекотним сухим літом [6], [16].

Температура повітря. Середня багаторічна середньорічна температура повітря плюс 10°C. Найбільш холодний місяць лютий (-1,4°C), найбільш спекотний – липень-серпень (+22,3°C). Абсолютна амплітуда коливань температури повітря дорівнює 68,8°C - від абсолютного максимуму плюс 39,1°C до абсолютного мінімуму мінус 29,7°C.

Для візуалізації внутрішньорічного ходу середньодобових температур повітря в Одесі представлені графіки поточного (рис. 1.1 «б» знизу) і, для порівняння, попереднього (рис. 1.1 «а» зверху) років. Графіки побудовані для періодів з жовтня по листопад для того, щоб показати повний зимовий і літній періоди кожного року.

Екстремальна тепла зима поточного року проявилася лише чотирма нетривалими випадками слабо негативних (-1 ÷ -3°C) температур повітря. У той час як в зимовий сезон 2018-2019 рр. їх було значно більше. Термічний режим теплого півріччя 2020 р. в цілому повторював умови попереднього року за винятком періоду з кінця травня - до початку червня з деякою затримкою весняно-літнього прогріву.

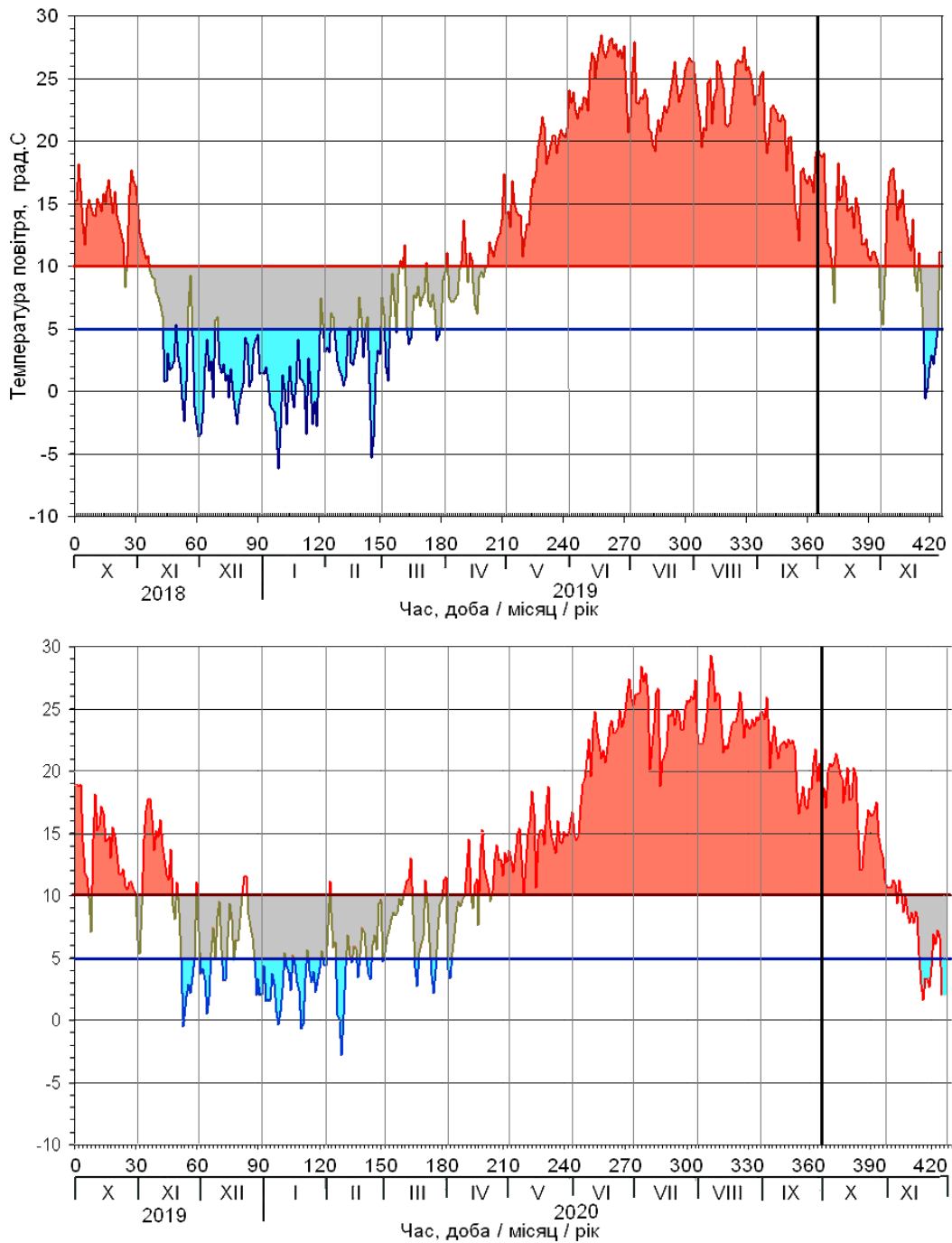


Рисунок 1.1 – Графіки внутрішньорічного ходу середньодобових температур повітря в Одесі в періоди X.2018-XI.2019 р. («а» зверху) і X.2019-XI.2020 р. («б» знизу)

Річна норма температури повітря в Одесі, діюча по 2020 рік включно, дорівнює 10,7°C. Це на 0,4°C вище, ніж була в попередньому десятилітті. На рисунку 1.2 вказані деякі характеристики температурного режиму атмосфері в 2011-2020 рр.

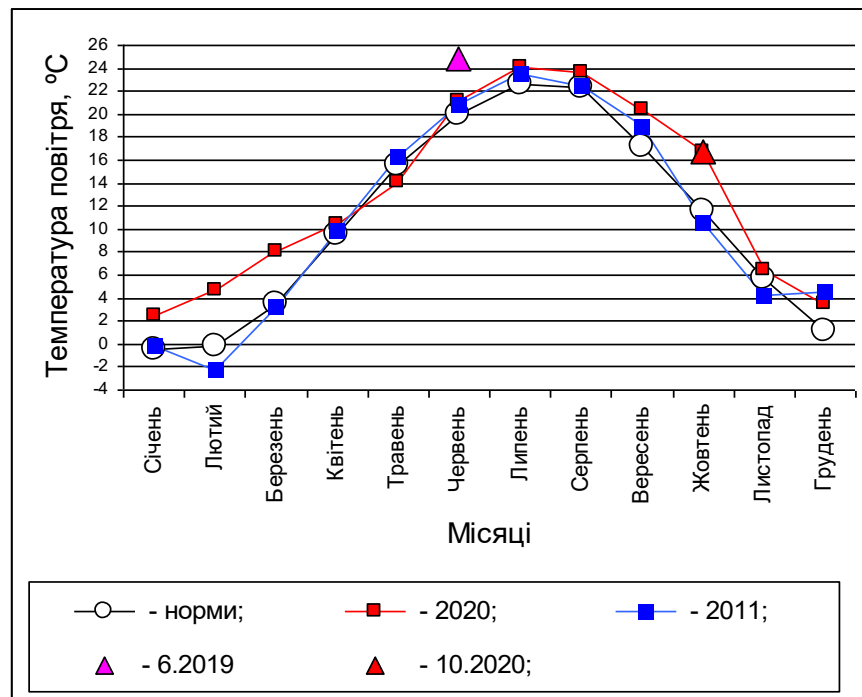


Рисунок 1.2 – Деякі характеристики мінливості температурі повітря в Одесі в 2011-2020 рр.: місячні норми, фактичні місячні середні самого теплого 2020 р. і самого холодного 2011 р., а також рекордні місячні середні у червні 2019 і в жовтні 2020 рр.

Опади. За спостереженнями з 1867 р. тривалий мінімум річних сум опадів в Одесі доводиться на 1890-1930 рр.

Норми в цей період дорівнювали 348-350 мм. Далі кількість опадів почала зростати й до поточного десятиліття, зросла майже на 30%.

Це зростання відбувалось не монотонно: його забезпечили шість 10-річних шаблів вгору проти двох вниз.

Норми розраховуються як середні значення метеорологічних параметрів за ті 30-річні відрізки часу, номер останнього року яких закінчується цифрою 0, наприклад, за відрізок 1991-2020.

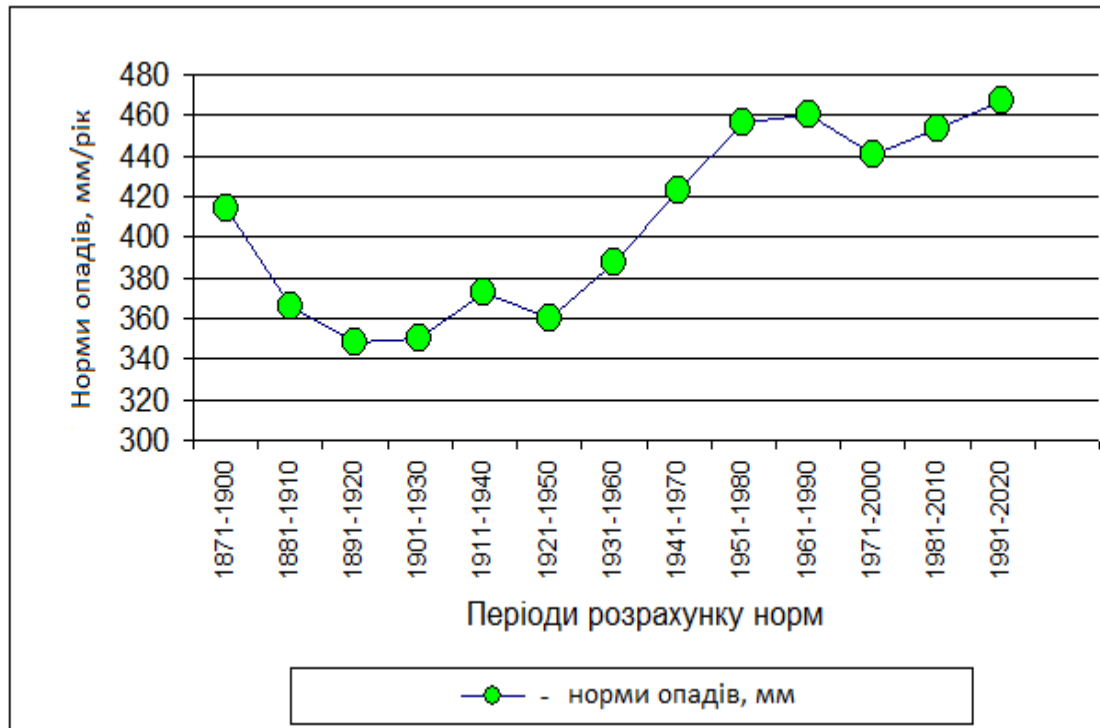


Рисунок 1.3 – Мінливість норм річних сум опадів з 1900 р.

Річна норма суми опадів на 2011-2020 рр. дорівнює 453 мм, що на 13 мм більше норми попереднього десятиріччя. Суми атмосферних опадів, річні і, особливо, місячні, змінюються в дуже широких межах, що ілюструють такі приклади.

Максимальна в поточному десятиріччі, і вона ж рекордна за весь час метеоспостережень в Одесі, річна сума опадів 752 мм (166% норми) була зафіксована в 2016 р. А мінімальну за 9 років суму опадів відзначено в 2013 р. і вона дорівнює 351 мм (77% від норми). Різниця більш ніж в два рази (рис. 1.4).

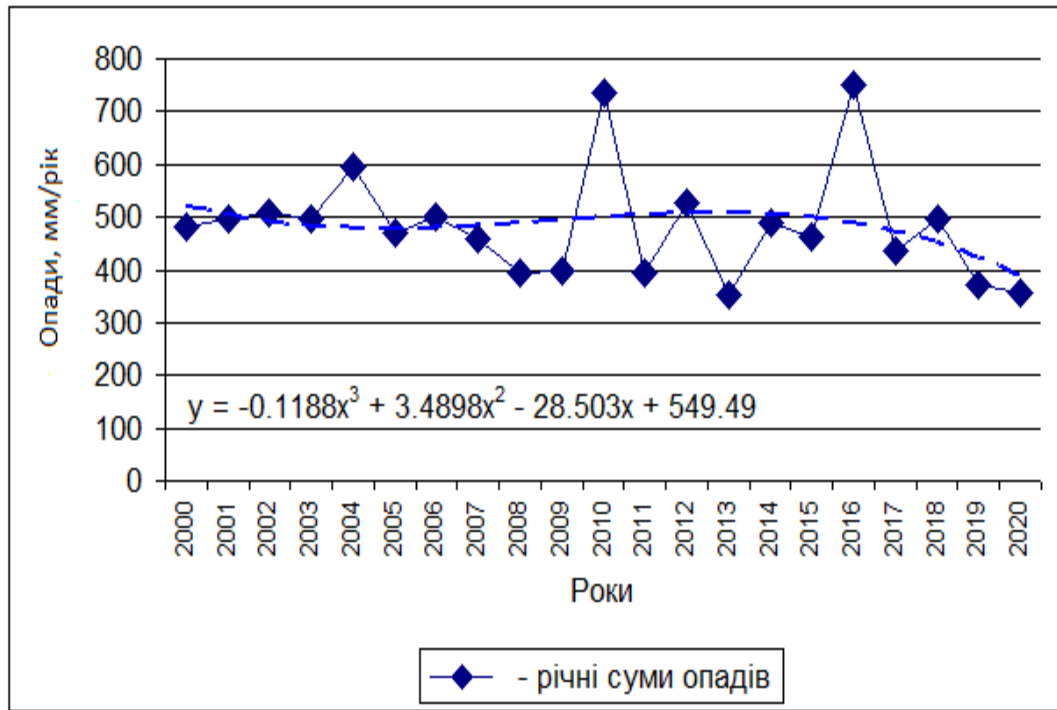


Рисунок 1.4 – Річні суми опадів з початку XXI сторіччя, мм/рік

Що стосується місячних сум опадів, в 2020 році максимальні опади припали на травень – 80 мм, що в два рази вище норми. Ця обставина була обумовлена проходженням холодних атмосферних фронтів, внаслідок формування низьких циклонів в районі атлантичного океану та їх послідуєчим перенесенням на схід.

Максимальне значення в поточному десятилітті зафіксована в жовтні 2016 року – 181 мм (517% від жовтневої місячної норми) (рис. 1.5).

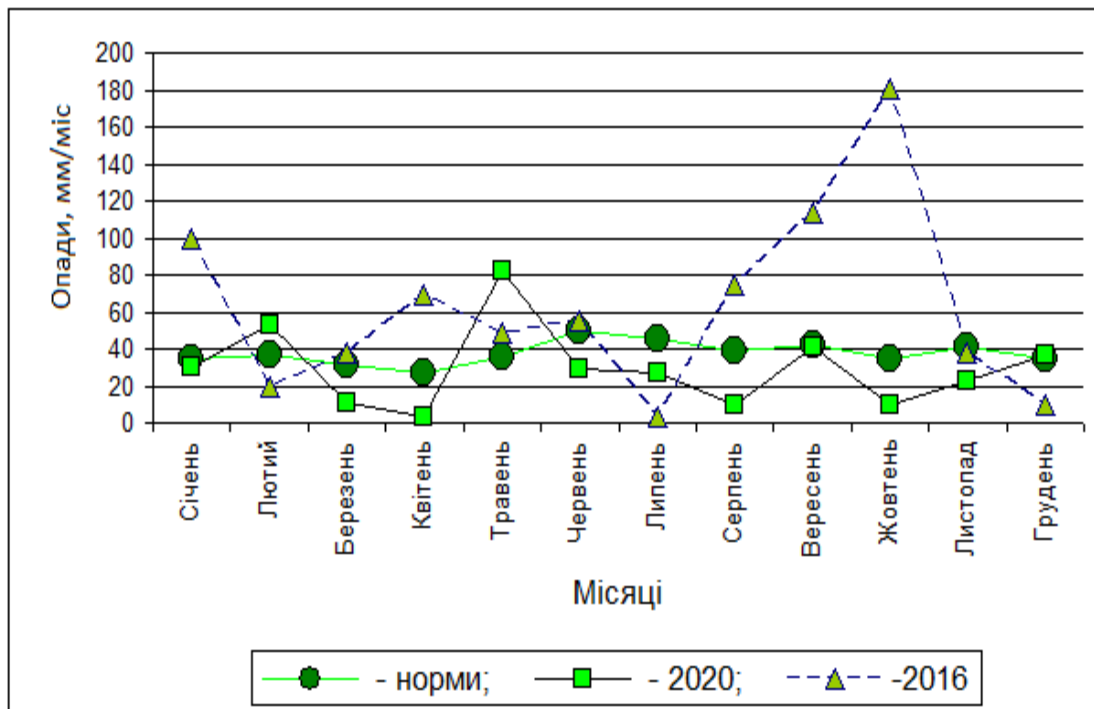


Рисунок 1.5 – Місячні суми опадів: норми, в 2020 і самому вологому за весь час спостережень в Одесі 2016 року

З іншого боку навіть в самому вологому 2016 році, в липні, випало лише 3 мм опадів (6% від норми), а абсолютно мінімальні місячні суми опадів, менше яких і бути не може, рівні 0 і такі були зафіксовані в поточному десятилітті тричі, причому у різні сезони: в листопаді 2011, в грудні 2015 і в серпні 2018 років.

І останній приклад великої мінливості місячних сум опадів: середня сума опадів трьох самих сухих місяців, як впливає з вищевказаного, дорівнює 0, а середня сума трьох найвологіших складає 132 мм.

В грудні 2020 р. випало 37 мм опадів, а за весь рік 356 мм. Тому найпосушливішим роком останнього десятиліття з сумою опадів 351 мм залишився 2013 р. Отже, норма опадів на наступне десятиліття збільшилася на 13 мм до 466 мм.

Максимальна добова сума опадів становила 120 мм. Максимальна інтенсивність досягає 2 мм за хвилину (протягом 3-5 хвилин).

Вологість повітря. Середньомісячна абсолютна вологість повітря коливається від 5,0 до 18,4 %, відносна – 68%.

Вітер. На відстані 25 км від берега бризові явища практично відсутні, отже, режим вітру буде близький до того, що спостерігається в районі Тендрівського маяка.

Сумарна повторюваність вітру зі швидкістю 10 м/с і більше у віддаленій на 25 км від берега точці становитиме 16,2% протягом середнього року, штилів 6,6%.

Найбільш вітряним сезоном року є зима, коли середня повторюваність вітру зі швидкістю 14 м/с і дорівнює 7%. У конкретні зими вона коливається від 0 до 18%.

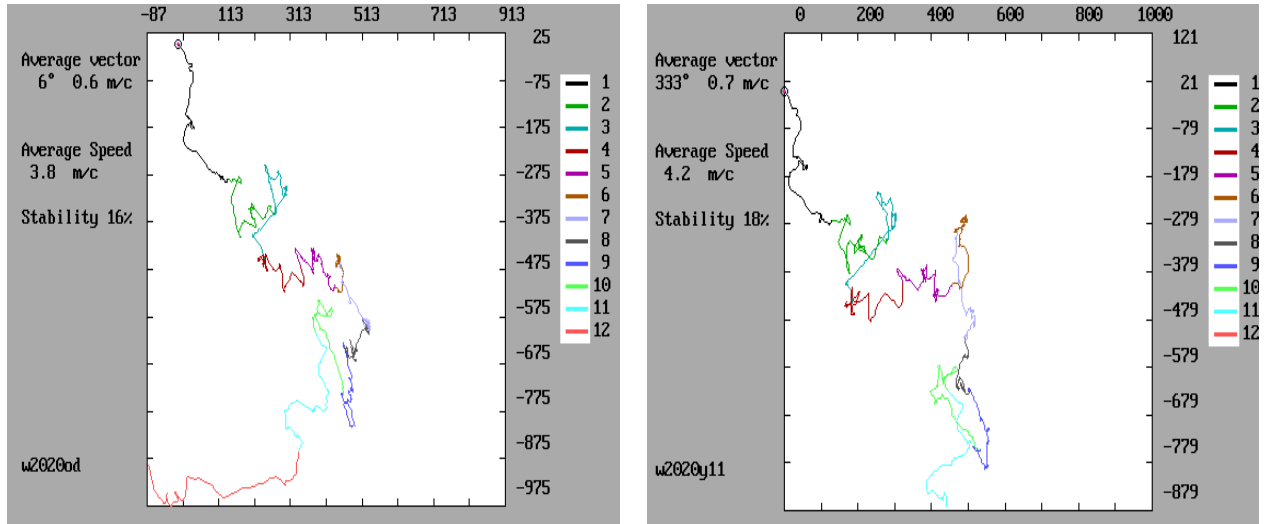
Для прибережної частини акваторії (3-4 км. від берега) сумарна повторюваність вітру 12 м/с і більше становить 896 або 29 днів на рік, 15 м/с - 13 днів на рік, а 20 м/с і більше - чотири дні протягом середньостатистичного року. У конкретні роки тривалість дії сильних вітрів може відрізнятись від середньої у 2-3 рази.

Число днів з вітром 15 м/с і більше протягом середнього року дорівнює 40. Від року до року це число може змінюватися від 10 до 80.

В один із чотирьох синоптичних термінів спостережень над північно-західною частиною Чорного моря один раз на 15 років миттєва швидкість вітру може перевищувати 35 м/с, а один раз на 50 років - 40 м/с.

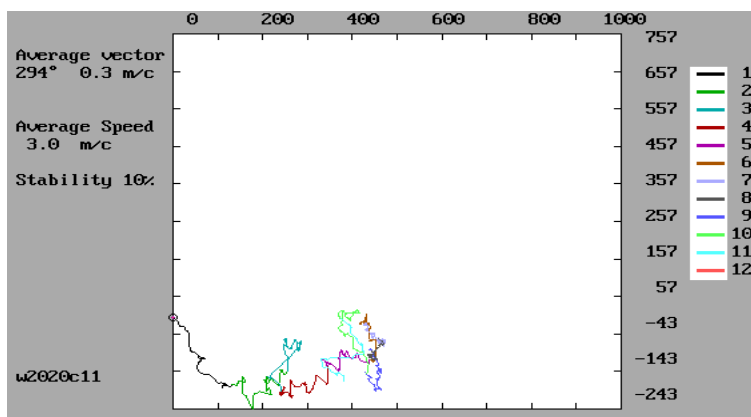
Аналіз прогресивно-векторних діаграм вітрових потоків трьох основних портів України, розташованих в північно-західному районі Чорного моря (Одеса, Південний, Чорноморськ), показує хорошу відповідність картин розподілу в часі вітрових потоків за напрямками і швидкостями в районі портів Одеса та Південний (рис. 1.6 «а, б») при значному збігу середніх швидкостей і напрямків руху. Середні векторні швидкості вітрових потоків в обох випадках в 2020 році становили величину 0,7 м/с, а середні напрямки,

відповідно, 339° - в Одесі, і 333° - у Південному. У порту Одеса середня арифметична швидкість вітру склала 3.7 м/с, в порту Південний трохи вище - 4.2 м/с.



а) порт Одеса

б) порт Південний



в) порт Чорноморськ

Рисунок 1.6 – Прогресивно-векторні діаграми вітру за даними вимірів на морських станціях в портах а) Одеса, б) Південний і в) Чорноморськ в 2020 році.

Повторюваність вітрів по градаціях напрямків і швидкостей (в кількісному співвідношенні) в портах Одеса, Південний і Чорноморськ за період з 01.01.2020 р. по 30.11.2020 р. приведена в таблицях 1.1-1.3. Проведено виділення екстремальної повторюваності по кожному напрямку. У всіх портах екстремальним за кількістю повторюваності випадків є

північний і північно-західний напрямок вітру. Другим за рівнем переважної повторюваності вітру – є південний напрямок.

Вітри північних румбів направляють забруднений стік Дунаю на південь уздовж західного узбережжя ЧМ в сторону від економічних районів України. Повторюваність цих напрямків вітру в 2020 році склала 48.3%.

З урахуванням загальної циклональної циркуляції вод така ситуація зменшує "дунайські" антропогенні навантаження на морське середовище району.

Вітри цих напрямків так само, за певних обставин (швидкість вітру, ослаблення течії) можуть направити води які виходять з Дніпро-Бузького лиману в бік відкритого моря, що також зменшує екологічні ризики в прибережних водних масивів північного узбережжя.

Таблиця 1.1 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкості в порту Одеса за період з 01.01 по 30.11.2020 р.

Напрямок у румбах\ Градація швидкості	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Повторюваність
00 < 02	53	43	31	65	50	30	14	19	305
02 < 04	74	61	33	97	58	33	21	39	416
04 < 06	95	30	4	61	47	41	18	21	317
06 < 08	52	12	1	31	39	31	4	9	179
08 < 10	11	3	0	13	31	13	1	1	73
10 < 12	0	0	0	15	15	1	1	1	33
12 < 14	0	0	0	3	6	1	0	0	10
14 < 16	0	0	0	1	3	2	0	0	6
16 < 18	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Сума	285	149	69	287	249	152	59	90	1340

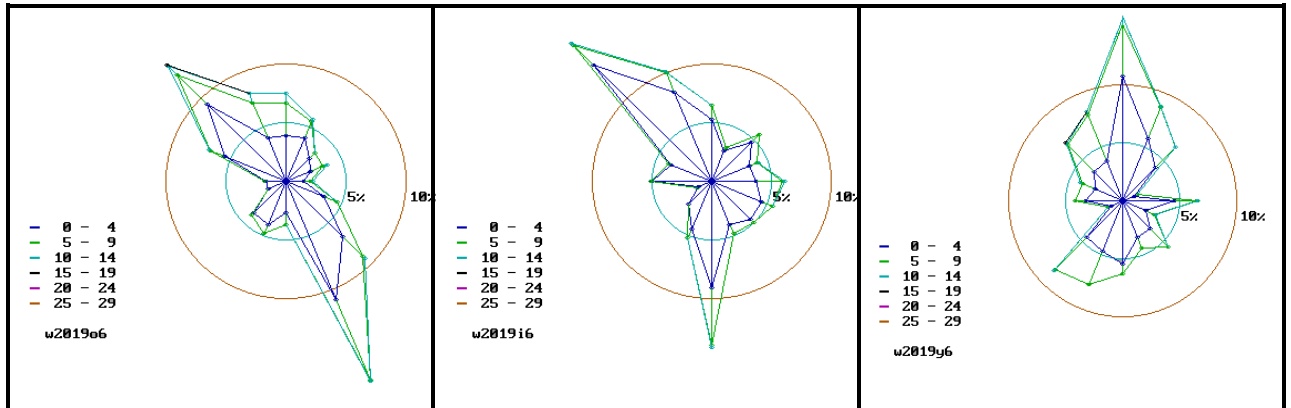
Таблиця 1.2 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкості у порту Південний з 01.01 по 30.11.2020 р.

Напрямок у румбах\ Градація швидкості	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Повторюваність
00 < 02	32	22	17	14	58	21	10	5	179
02 < 04	67	61	42	39	93	86	31	32	451
04 < 06	57	54	22	36	71	34	26	25	325
06 < 08	30	45	7	38	63	41	8	8	240
08 < 10	14	16	5	18	32	11	2	7	105
10 < 12	2	1	0	3	7	6	1	0	20
12 < 14	3	1	0	6	4	2	0	0	16
14 < 16	0	0	0	0	0	3	0	0	3
16 < 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 < 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 < 22	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Сума	205	200	93	155	328	204	78	77	1340

Таблиця 1.3 – Повторюваність напрямків вітру за градаціями швидкості у порту Чорноморськ з 01.01 по 30.11.2020 р.

Напрямок у румбах\ Градація швидкості	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Повторюваність
00 < 02	31	30	32	61	47	11	18	37	267
02 < 04	82	54	58	162	138	45	48	55	642
04 < 06	96	21	7	53	55	30	20	14	296
06 < 08	43	7	2	8	23	6	8	6	103
08 < 10	10	0	0	7	9	0	2	2	30
10 < 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 < 14	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Сума	262	112	99	291	274	92	96	114	1340

Таблиці 1.1-1.3 та рози вітру, представлені на рис. 1.7-1.8 дають ще одне графічне уявлення про переважаючі вітрові потоки поточного року. У районі західного узбережжя північно-західного шельфу (порти Одеса та Чорноморськ) областю найбільшої повторюваності вітрів є ПнЗх і ПнПнЗх напрямку. Далі, за величиною повторюваності, слідують вузькі сектора протилежних Пд і ПдПдСх напрямків.



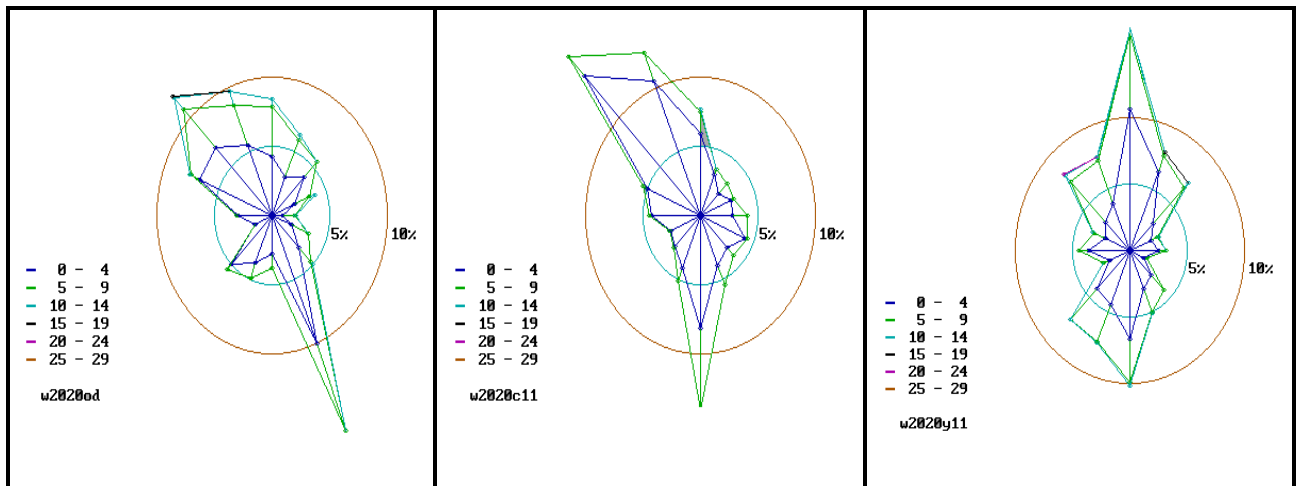
а)

б)

в)

Рисунок 1.7 – Рози повторюваності вітрів в 2019 р. в портах:

а) Одеса, б) Чорноморськ, в) Південний



а)

б)

в)

Рисунок 1.8 – Рози вітрів за даними морських станцій в портах

а) Одеса, б) Чорноморськ, в) Південний у 2020 році.

У порівнянні із 2019 роком, у вітровому режимі збільшився вклад північних напрямків (рис. 1.7).

В цілому генеральне перенесення в приземній атмосфері збереглося в кліматичних межах. В районі Одеси середній за 2020 рік переніс повітряних мас здійснювався з ПдПдСх напрямку (6°) із середньою векторною швидкістю 0,6 м/с. (рис. 1.9). Невелика величина сумарною річною векторної швидкості пояснюється векторною компенсацією основних, але протилежних

по напрямку південних і північних потоків при постійній нехай і не значною домінантою північних напрямків.

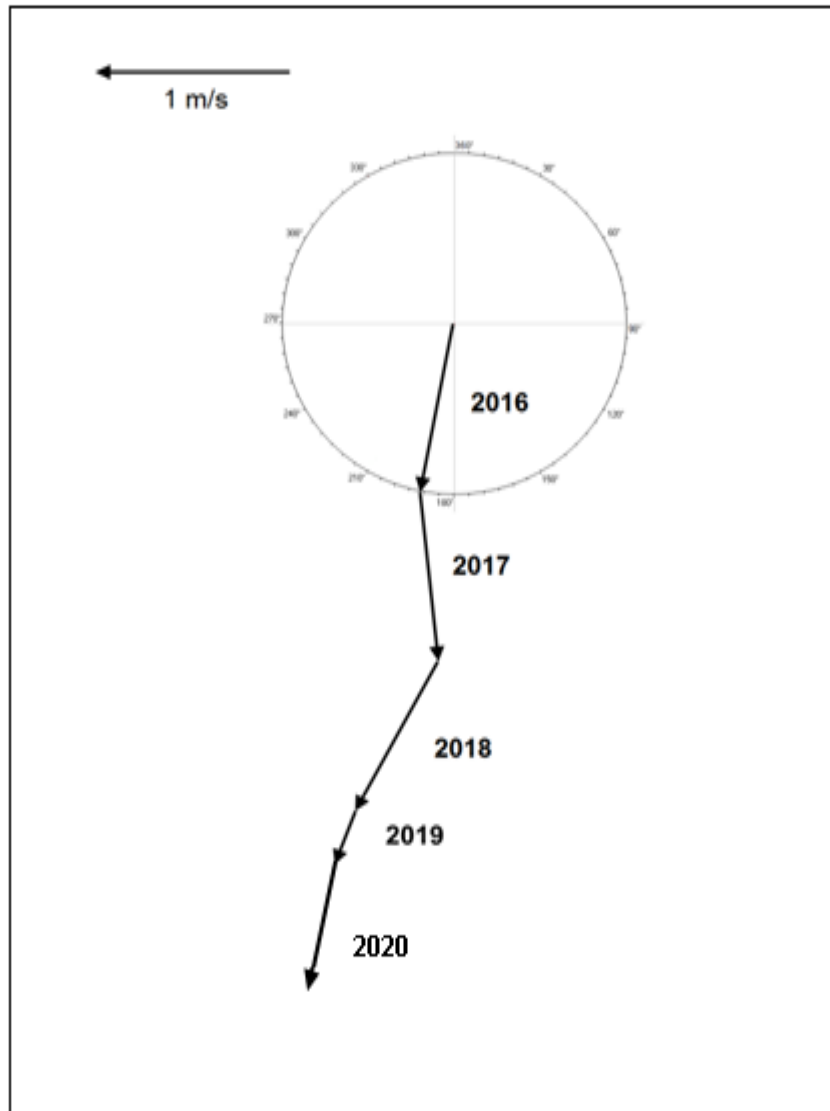


Рисунок 1.9 – Середньорічна прогресивно–векторна діаграма перенесення повітряних мас за даними ГМС Одеса-Порт в 2016 – 2020 рр.

На рисунку 1.10 представлені середньорічні дані швидкості вітру по станції Одеса-Порт за останні 40 років.

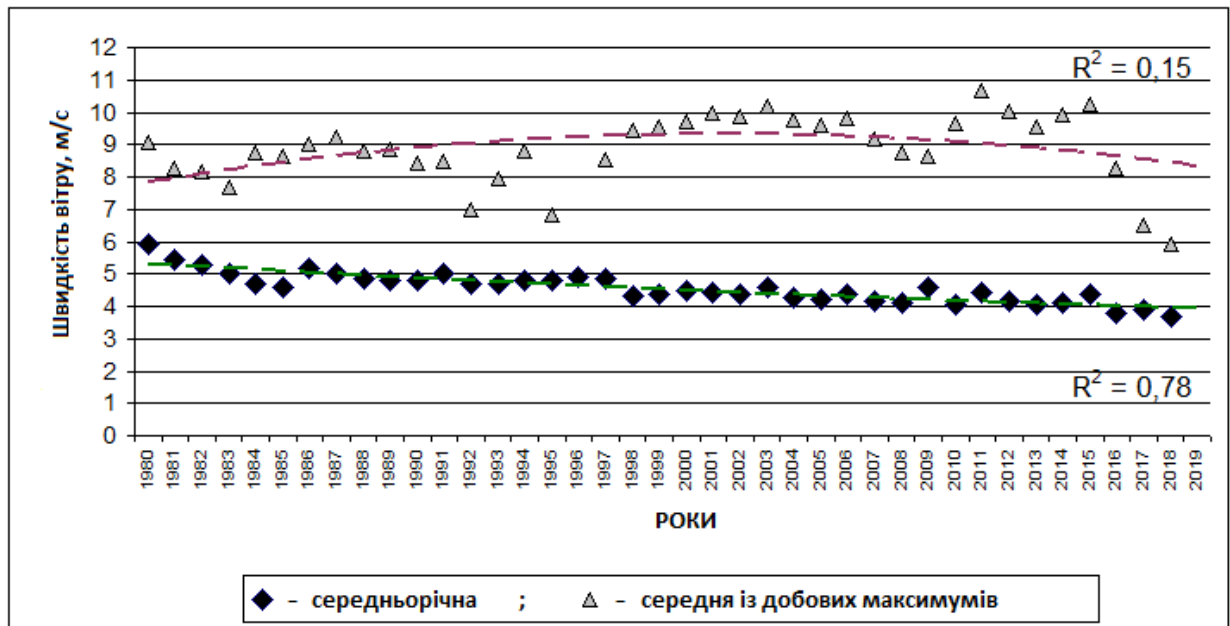


Рисунок 1.10 – Середньорічні й осереднені по роках швидкості вітру за даними ГМС Одеса-Порт

За цей час середньорічна швидкості вітру зменшилася з 5,2 до 4,0 м/с. Добре видно, що зазначена тенденція зниження середньої швидкості вітру тривала до 2016 року. Останні чотири були відносно стабільні (табл. 1.4). Згідно спостережень на станції порт Південний відзначається суттєвий зріст з 3,9 до 4,2 м/с – це найбільш максимальна з усіх середня швидкості вітру, що розрахована за останні п'ять років по всім станціям.

Таблиця 1.4 – Середньорічні швидкості вітру (м/с)

Пункт спостереження	рік 2016	2017	2018	2019	2020
Порт Одеса	3,9	3,8	3,9	3,7	3,8
Порт Чорноморськ		3,1	3,1	3,1	3,0
Порт Південний		3,8	3,9	3,9	4,2

Таблиця 1.5 – Середньорічна стабільність швидкості вітру (%)

Пункт спостереження	рік 2016	2017	2018	2019	2020
Порт Одеса	30	25	23	9	16
Порт Чорноморськ		17	20	4	10
Порт Південний		25	32	19	18

Аналіз даних, наведених в таблиці 1.5 показав, що починаючи з 2019 року помітно зменшилась стабільність швидкості вітру.

Імпульсний вплив сили приводного вітру на морську поверхню створює додаткові неоднорідності в полі тангенціального напруження, що в свою чергу генерує частіші випадки виникнення дрібномасштабних вихорів, які сприяють більш інтенсивному динамічному перемішуванню верхнього шару.

1.2 Гідрологічний режим

Рівень моря. Амплітуда коливань рівня моря становить 2,9 м. Середній багаторічний рівень моря має позначку – 0,32 м щодо нуля "кронштадтського футштока". Найвищий зафіксований рівень моря мав позначку +0,67 м, а найнижчий – мінус 2,23 м.

Найбільш суттєві коливання рівня моря обумовлені дією штормових вітрів згінного (ЗхПнЗх) та нагінного (ПдПдСх, ПдСх та СхПдСх) напрямків.

При сильних ЗхПнЗх вітрах рівень знижується на 1,5 м і більше, а при дії південного вітру такої саме сили підвищується на 0,7 м і більше.

Хвилювання. Берегові вітри зі швидкістю 10 м/с і більше у точці, віддаленій на 3-4 км від берега, генерують хвилювання, висота кожної двадцятої хвилі якого буде 0,7 м і більше, за середньої довжини хвилі 8 м і більше.

Ці ж вітри на відстані 25 км від берега генерують хвилі з висотою 1,5 і

більше при середній довжині хвиль 20 м і більше.

Сумарна повторюваність хвилювання в 3 бали (0,75-1,25 м) - 55 днів, понад 3 бали - 13 днів, понад чотири - 0,33 дні в середньому році. У конкретні роки з підвищеною або зниженою штормовою активністю фактична тривалість дії хвилювання зазначених інтервалів висот може відрізнятись від середньої у 2-3 рази.

Розрахунок елементів хвиль рідкої повторюваності показує, що в місці розташування танкера шторми ПдСх напрямків з повторюваністю один раз на 25 і 50 років генерують хвилювання, висота кожної сотої хвилі якого складе 4,5 і 4,7 м при середній довжині хвиль 65 і 70 метрів, відповідно.

Південні шторми з повторюваністю один раз на 25 і 50 років сформують хвилювання, кожна сота хвиля якого матиме висоту 5,4 і 5,8 м за середньої довжини хвиль 80 і 90 м відповідно.

Повторюваність хвилювання 5 і більше балів (висота хвиль 2.1 м і більше) складе 6,8% протягом середнього року, що відповідає періоду в 25 діб. У роки цей період може змінюватися від 10 до 60 діб.

Повторюваність хвилювання в 6 і більше балів (висота хвиль 3,6 і більше) складе 0,34%, відповідає періоду 1,2 діб. У конкретні роки тривалість періоду 6 балів і більше може змінюватися від 0 до 10 діб.

Температура води. За даними спостережень за останні 50 років середня температура морської води на поверхні в районі становить плюс 11°C.

Найнижча середньомісячна температура води спостерігається у лютому – плюс 0,9 °С, найвища у липні – серпні плюс 20,5 °С.

Мінімальна температура води становила мінус 1,3 °С, максимальна - плюс 28,6 °С.

Течії. У поверхневому шарі північно-західної частини Чорного моря має місце циркуляція вод, спрямована проти годинникової стрілки паралельно до узбережжя. Досить чітко цей перебіг виражений у прибережній смузі шириною до 20 миль. Повторюваність цієї течії сягає 90%. Середня швидкість близько 0,4 м/с.

У точці, що розглядається, ця течія спрямована на південний захід. Найбільша швидкість цієї течії близько 0,7 м/с на поверхні та 0,4 м/с біля дна.

При дії вітру зі швидкістю понад 5 м/с у поверхневому шарі виникає течія, що збігається у напрямку з вітром.

У прибережній зоні моря переважають вітрові дрейфові течії. При дії ПнЗх вітру протягом направлено на ПдСх і має швидкість близько 0,3 м/с. При дії Сх і ПдСх вітрів протягом направлено на ЗхПнЗх і його швидкість може досягати 0,6 м/с. Сумарна повторюваність течії зі швидкістю понад 0,6 вузла лежить на поверхні становить 11,3% чи 41 день, біля дна всього 0,84% (3 дні).

Льодовий режим. Відрізняється великою мінливістю - в 18 з 26 зим лід був відсутній або з'являвся в початкових формах (сало, забереги, млинець лід). У суворі зими (в середньому одна зима з п'яти) утворюється припай – нерухомий лід. При цьому період, коли він поширюється від берега на 20 км і більше в суворі зими, дорівнює в середньому 30 дням, в помірні - 20.

Товщина льоду припаю в суворі зими може досягати (без «підсівів» та торосів) 0,55 м. За рахунок рошення льоду та «підсівів» товщина льоду досягає 1,5 м.

Лід, що впливає на споруди, може бути як місцевим, так і виносним з Дніпровського лиману.

В описуваному районі висота берегових нагромаджень льоду може досягати 3-5 метрів.

У суворі зими (одна зима з 15-20) ширина припаю досягає 60-100 км, а товщина льоду 0,7 м (без «підсівів»).

Найвищий та найнижчий рівень моря при впливі льоду на споруду мають позначки плюс 0,1 м та мінус 0,5 м, відповідно. Рекомендується визначати навантаження на споруду при прорізанні спорудою суцільного крижаного поля. Такі умови виникають при зрушеннях припаю, викликаних

впливом сильного вітру будь-якого напрямку (найбільш вірогідні вітри північної чверті).

Солоність води в точці, що розглядається, змінюється в вельми широких межах від 2,2‰ до 1,3‰, складаючи в середньому 15‰. Екстремальні параметри вітру, хвилювання та течій, як правило, збігаються у часі.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНТАЖООБІГУ ТА СУДНОПОТОКУ НАФТОРАЙОНУ ОДЕСЬКОГО ПОРТУ

2.1 Характеристика вантажообігу та суднопотоку нафторайону

За останні кілька років Одеський морський порт займає одне з провідних місць за обсягом перевалки наливних вантажів серед інших портів України.

Нафторайон порту спеціалізується на перевантаженні в експортно-імпортному та транзитному напрямках сировини нафти, темних і світлих нафтопродуктів (мазут, бензин, дизельне паливо), технічних масел, зрідженого газу, а також на постачання бункерного палива транспортного флоту в Одеському порту та прилеглих портах регіону.

У структурі вантажообігу нафторайону в останні роки основну частину займає транзит та експорт нафти, близько 50% від загального вантажообігу, а нафтопродукти та інші наливні вантажі складають майже порівну по 30% від загального вантажообігу.

Вантажообіг нафторайону 2019 року склав 1,84 млн.т, що перевищує показники 2018 року майже на 30% [14].

У таблиці 3.1 наведено порівняльний обсяг та структуру вантажообігу нафторайону за 2018-2019 рр.

У суднообігу нафторайону порту переважають танкери дедвейтом понад 60 тис.т (близько 62% від загального суднообігу), серед яких найбільшу групу складають танкери дедвейтом 80-100 тис.т. У таблиці 2.1 представлені звітні дані щодо структури суднообігу причалів №№1Н, 2Н та 5Н, через які забезпечується перевалка понад 97% вантажообігу нафторайону.

Таблиця 2.1 – Структура вантажообігу в Одеському морському порту
(млн.т)

№ з/п	Найменування продукту	2018 р.	2019 р.
1	Нафта	0,67	0,98
2	Нафтопродукти	0,36	0,55
3	Технічні масла	0,12	0,14
4	Хімічні вантажі	0,22	0,71
5	Інші наливні вантажі	0,45	0,90
Разом		1,42	1,84

Таблиця 2.2 - Суднообіг вантажних причалів нафторайону Одеського морського порту

Група судна	Вантажопідйомність судна, тис.т	Номер причалу							
		1Н		2Н		4Н		5Н	
		кіль. с/з, од.	%	кіль. с/з, од.	%	кіль. с/з, од.	%	кіль. с/з, од.	%
I-V	≤ 15,0	7	5	28	21	111	100	40	27
VI	15,0-25,0	-	-	14	10	-	-	12	8
VII	25,0-40,0	6	4	30	22	-	-	70	48
VIII	40,0-60,0	14	9	14	10	-	-	13	9
IX, у т.ч.	60,0-110,0	127	82	48	37	-	-	12	8
	60,0-70,0	9	6	8	6	-	-	8	5
	70,0-80,0	62	40	17	13	-	-	4	3
	80,0-90,0	55	35	23	18	-	-	-	-
	90,0-110,0	1	1	-	-	-	-	-	-
Разом		154	100	134	100	111	100	147	100

В даний час у нафтогавані обробляються танкери дедвейтом понад 115 тис.т й довжиною близько 250 м, що значно перевищує проектні параметри причалів.

Максимальні габарити оброблюваних суден біля причалів нафторайону (характеристика причалів, що діють, представлена у таблиці 2. 3) згідно з діючими нормами одночасної обробки танкерів на Нафторайоні Одеської філії Державного підприємства “Адміністрація морських портів України.

Таблиця 2.3 – Характеристики діючих причалів

Номер причалу	Параметри, м		Розрахунковий тип судна (за проектом)	Спеціалізація
	глибина біля кордону, від «0» порту	довжина		
1Н	12,5	230,0	Дедвейт ~50 тис.т, водотоннажність до 65 тис.т	Вантажний. Сира нафта, мазут, вакуумний газойль, скраплений газ.
2Н	14,0	270,0	Дедвейт 40 тис.т, водотоннажність 55 тис.т	Вантажний. Сира нафта, мазут, вакуумний газойль, дизельне паливо, бензин, скраплений газ.
4Н	9,3	120	Дедвейт 16,5 тис.т, водотоннажність 20 тис.т	Вантажний. мазут, вакуумний газойль, дизельне паливо, скраплений газ.
5Н	11,5	240,0	Дедвейт 35 тис.т, водотоннажність 45 тис.т	Вантажний. Сира нафта, мазут, вакуумний газойль, дизельне паливо, бензин, масла базові.
6Н	4,8	150,0	Два танкери водотоннажністю по 2,3 тис. т	Бункерувальний. Дизельне паливо, мазут.
7Н	9,0	175,0	Дедвейт 15,2 тис.т, водотоннажність 21 тис.т	Вантажний. Скраплений газ.

Таблиця 2.4 – Максимальні габарити оброблюваних суден

Номер причалу	Параметри танкера, м			Примітка
	довжина	ширина	осадка	
1	250	40	12,5	у чисельнику – за відсутності танкера біля причалу №2, у знаменнику – при обробці біля причалу №2 танкера довжиною до 220 м.
2	250	40	12,5	
4	175/130	22,4	10,2	
5	245	40	11,5	
6	130	16	5,0	

3 ЙМОВІРНІСТЬ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТИ

Відповідно до «Обов'язкових постанов по морському порту Одеса» [15] до складу його акваторії входять дві якірні стоянки: № 354 та № 355, межі яких вказано на карті-схемі (рис. 3.1).

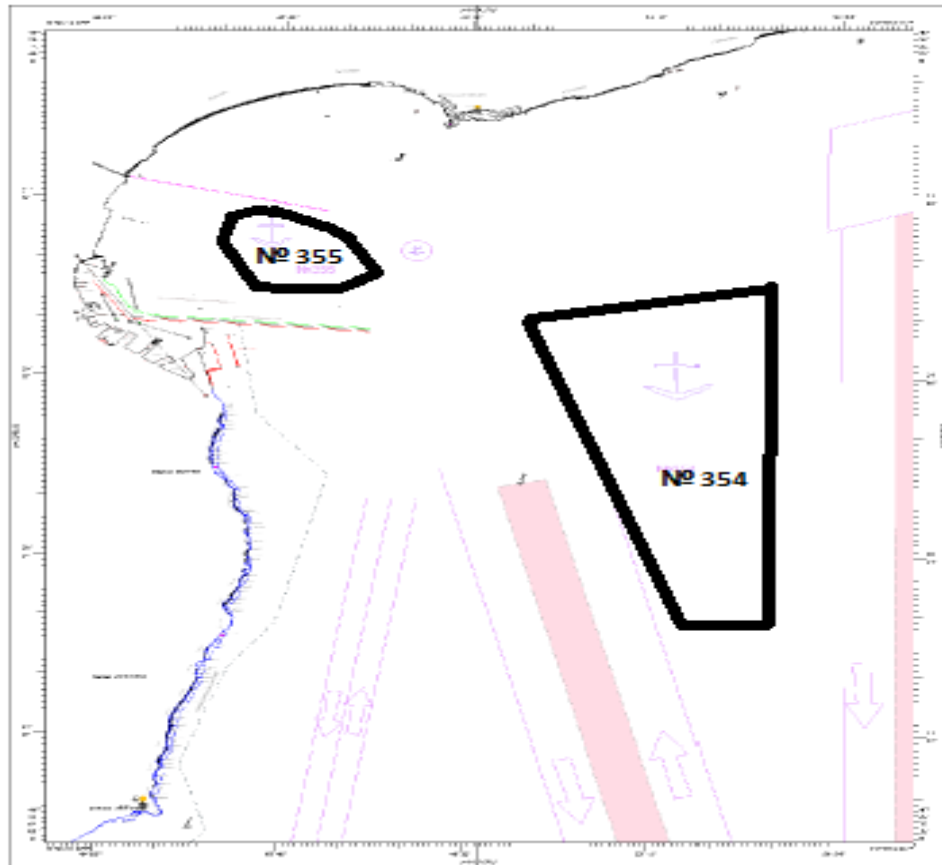


Рисунок 3.1 – Карта-схема меж якірних стоянок № 354 та № 355

Згідно зазначеного документу, на якірну стоянку № 355 ставляться лише українські судна з дозволу служби капітана морського порту.

Однак, саме якірна стоянка № 354 призначається для великотоннажних суден, зокрема танкерів і суден із небезпечними вантажами.

Зважаючи на це, ймовірність аварійних розливів нафти встановлюється за їх можливими сценаріями [7], які розробляються для кожного виду операцій, пов'язаних з обробкою танкерів:

- прибуття танкера;

- швартування, підключення до причалу, роз'єднання;
- розвантаження нафти.

3.1 Прибуття танкера

Ця операція включає прибуття танкера на якірну стоянку або розташування причалу. Прибуття танкера пов'язані з небезпекою зіткнення танкера з невеликим судном. Прогнозована ймовірність зіткнення танкера з невеликим судном - раз на 20 років, і втрати нафти при цьому дорівнюватимуть нулю. Однак зіткнення танкера з великим судном або зі стаціонарним об'єктом може потенційно призвести до великих втрат нафти за зазначених обставин. Передбачається, що серйозна аварія може статися при пошкодженні однієї цистерни танкера, а розрахункові втрати нафти будуть дорівнювати ємності пошкодженої цистерни. Приблизний розлив нафти (т) залежно від вантажопідйомності судна наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок наведеної до року маси розливу нафти

Вантажопідйомність, тис.т	Кількість суднозаходів	Ймовірність зіткнення	Передбачуваний розлив, т	Еквівалентний розлив за рік
15	186	0,00167	250	0,418
25	26	0,000234	450	0,105
40	106	0,000954	650	0,620
60	41	0,000369	1200	0,443
70	25	0,000225	1600	0,360
80	83	0,000747	2200	1,643
90	78	0,000702	3000	2,105
Разом				5,694

Транспортування потенційно небезпечних вантажів було ретельно досліджено Об'єднаним Дослідницьким Центром при Комітеті Європейського Товариства в Іспрі, Італії та Технічним Університетом Данії.

На основі цієї інформації ймовірність великих розливів (більше 100 тонн) у якомусь порту була визначена як 9×10^{-6} при одному заході у порт. Таким чином, ймовірність хоча б одного зіткнення протягом року на одеському рейді дорівнюватиме:

$$P = 1 - (1 - 9 \times 10^{-6})^m = 1 - (1 - 9 \times 10^{-6})^{546} = 4,90 \times 10^{-3}, \quad (3.1)$$

де m – кількість суднозаходів.

Ймовірність розливу рівну 0,0049 можна розглядати як 4,9 випадків у 1000 років, що еквівалентно часу, коли випадок відбувається раз на 204 роки.

Ймовірність того, що за нормативний період експлуатації (50 років) хоча б один раз відбудеться розлив, становитиме:

$$1 - (1 - 4,90 \times 10^{-3})^{50} = 0,218 = 21,8\%. \quad (3.2)$$

Значення 21,8% означає, що в 22-х зі 100 реалізаціях процесу обслуговування флоту тривалістю 50 років відбувається хоча б одна аварія з розливом нафти понад 100 тонн.

3.2 Швартування до причалу, підключення та роз'єднання

Ці операції пов'язані з загрозою зіткнення танкера з причалом.

Ймовірність зіткнення танкера з причалом прогнозується із частотою 2 рази на 5 років.

Нафтова гавань морського порту Одеса (далі також Нафтогавань) може приймати танкери, розміри яких відповідають затвердженим чинним розпорядженням керівника адміністрації морського порту Одеса. Швартування/відшвартування танкерів, може здійснюватися за умови, що швидкість вітру не перевищуватиме 12 м/с, хвилювання моря у внутрішній акваторії – 1 балу, а видимість становитиме не менше 1 000 м. У разі

погіршення погодних умов капітан судна повинен призупинити вантажні роботи і підготувати судно для негайного відходу від причалу, за рахунок судновласника.

Підключення шлангів до бортових отворів танкера має відбуватись відповідно до затверджених норм та правил. В місцях з'єднання повинні бути встановлені піддони, а на борту судна та на території причалу, до якого пришвартовано танкер, мають бути «екологічні аптечки» із засобами екстреної ліквідації наслідків розливу на борту чи причалі.

Роз'єднання шлангів має відбуватись лише за умови повної зупинки перевантажувальних робіт та відповідно до затверджених норм та правил.

Перед початком перевантажувальних робіт та по їх закінченню варто обов'язково перевіряти стан шлангів щодо їх цілісності та з'єднувальних отворів між шлангом та бортом судна щодо виходу з ладу ущільнень між ними.

3.3 Розвантаження нафти

Ця операція відбувається після швартування танкера до причалу та з'єднання шлангів до системи розвантаження танкера. До того моменту вже проведено випробування та перевірки, встановлено контроль та починається розвантаження сирі нафти.

У цей момент можливі: обрив швартових, вихід із ладу ущільнення та розрив шланга.

Обрив швартових може призвести до надмірної напруги на продукто-провідному шлангу, що може заподіяти втрати до 100 кг нафти на кожному шлангу.

За прогнозами, ймовірність аварії у разі виходу з ладу ущільнень шланга становить 1 раз на 2 роки, при цьому можливий розлив нафти до 10 літрів. При густині нафти 0,85 кг/л він дорівнює втраті 9 кг нафти кожні 2 роки або 4,5 кг нафти на рік.

Якщо розділити кількість нафти, розлитої за кожної аварії, тимчасово відновлення для шкірного конкретного випадку, можна визначити середньорічну втрату нафти. Цю цифру необхідно використовувати обережно. Середні втрати нафти представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Можливі середньорічні розливи нафти у порту Одеса

Джерело нафти	Частота аварійних ситуацій	Кількість розлитої нафти на аварію	Еквівалентний розлив за рік
Обрив швартових, що призвів до надмірної напруги на шлангу	1 раз на 5 років	0,1 т	20 кг
Пошкодження ущільнення шлангу	1 раз на 2 роки	9 кг	4,5 кг
Розрив шлангу	1 раз на 100 років	1-2 т	20 кг
Зіткнення танкера	1 раз на 204 роки	–	5,694 т
Разом			5,734 т

4 АСПЕКТИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ РОЗЛИВІВ НАФТИ

Водорозчинні компоненти сирової нафти та продуктів перегонки нафти включають безліч речовин, які токсичні для широкого кола морських рослин та тварин [8]. Ароматичні вуглеводні більш токсичні, ніж речовини аліфатичного ряду, а речовини із середньою молекулярною вагою токсичніші, ніж смоли з високою молекулярною вагою. Речовини з низькою молекулярною вагою не відіграють великої ролі, тому що вони леткі і швидко йдуть в атмосферу. Розлите дизельне паливо, в якому є значний вміст ароматичних речовин, принесе набагато більше шкоди, ніж бункерне паливо або вивітрювана сира нафта, що мають низький вміст ароматичних речовин.

4.1 Вплив на берегову смугу

У разі, потрапляння нафти на берег, процес видалення її з нього відбуватиметься під впливом перемішування та хвилювання морської чи річкової води. Такі процеси є не дуже сприятливими для навколишнього середовища, оскільки відбувається перенесення залишків нафти на інші ділянки берегової смуги, тим самим завдаючи ще більшої шкоди. Найбільш довго залишки розливої нафти зберігаються в таких зонах берегової смуги, які важкодоступні для хвиль, тобто у найбільш віддалених осередках суші вище чи нижче рівня води. Залежно від характеру та часу з моменту розливу нафти, можуть зазнати шкоди певні види тварин та найбільш чутливі червоні та зелені водорості. Велика частина нафти, що досягає берега, є сировою нафтою або бункерним паливом, котра вже деякий час знаходиться у морі й втратила більшу частину своїх токсичних часток.

Проте нафта, що вивітрилася, завдає шкоди внаслідок своїх фізичних властивостей. Багато водоростей виділяють муцини, що запобігає прилипанню нафти до них, але якщо нафта налипає на талом, водорості можуть бути відірвані зі стебла під час шторму, внаслідок збільшення їх ваги.

Великі скупчення викинутої на берег нафти може призвести до удушення тварин, цим викликаючи згодом екологічний дисбаланс. Найбільш добре освітленим у публікаціях впливом такого типу було знищення домінуючих організмів, що харчуються водоростями, що мало своїми наслідками зростання шару водоростей. Відновлення первісної спільноти затримується у зв'язку зі зникненням домінуючого виду організмів, виникненням шару водоростей у період відсутності личинок тварин, що колонізують цей район, а потім - наявністю густого шару водоростей, що інгібує колонізацію ділянки даним видом тварин у наступному сезоні. Вплив такого впливу може тривати роками [9].

Менш серйозні пошкодження, або ж збитки, завдані в той час, коли популяція організмів, що живляться водоростями, може бути відновлена до появи занадто густого шару водоростей, що усуваються набагато швидше.

Як було зазначено вище, за умови певного берегового рельєфу, викинуті залишки нафти складно видалити. У разі, якщо нафта залишається в рідкому стані, то є висока ймовірність її потрапляння у підземний шар поверхні землі. Внаслідок низької концентрації кисню, процеси розкладання нафти значно сповільнюється, через що вплив токсикантів збільшується.

Крім того, з часом, в результаті фізико-хімічних процесів, нафта та нафтовмісні речовини можуть вийти на поверхню, що призведе до повторного забруднення поверхневої ділянки землі.

4.2 Вплив на біологічну спільноту

Планктон і, особливо, нейстон (організми поверхневої плівки води), що мешкають у кількох верхніх сантиметрах моря, піддається найбільшому ризику, так як на нього впливає найбільш концентрованих водорозчинних речовин, що вилугуюються з нафтової плями [9].

Нафта та її фракції токсичні для широкого кола організмів, що становлять планктон, причому ароматичні речовини токсичніші, ніж вуглеводні аліфатичного ряду. Нафта, що вивітрилася, після втрати летких і

водорозчинних компонентів не надто токсична і є спостереження щодо поїдання веслоногими частинок нафти, які проходили їх шлунково-кишковим трактом, не завдавши шкоди.

Вивчення реакції планктонного співтовариства на розлив нафти в природних умовах дало суперечливі результати, але не підтвердило прогнозів, зроблених в результаті лабораторних експериментів.

Хоча не може бути сумніву в тому, що забруднення нафтою, якщо воно досить серйозно вбиває планктонні організми, досі не виявлено інших впливів, ніж тимчасові. Якби шкоди не завдавалися, вони досить швидко серйозні і організми відновлюються після цього, або шляхом відновлення їх зростання, або їх проникненням з незайманих областей. Оскільки нафтові вуглеводні розкладаються під впливом дріжджів і бактерій, переважно вони є джерелом харчування.

Негативний вплив на морських птахів, зокрема, пояснюється скоріш процесам, безпосередньо пов'язаними із проникненням нафтової маси у зовнішні та внутрішні ділянки тіла. При знаходженні птахів у воді, нафтозалишки проникають між пір'ям, що призводить до гіршого теплопроведення та знижує здатність до утримання тіла на поверхні. Таким чином, найбільш часто, птахи банально гинуть від переохолодження чи утоплення.

Авжеж, птахи, як і будь-які інші тварини, намагаються позбутися від забруднення шляхом самоочищення. Це у свою чергу призводить до потрапляння нафти у кишківник та викликає незворотні процеси.

Окрім вищевказаного також існує проблема отруєння кладки яєць, внаслідок чого скорочується кількість новонароджених пташенят. Однак, упродовж спостережень за деякий час, вченими встановлено, що група дорослих птахів, на відміну від щойно народжених, більш уразлива, особливо сюди потрапляють пірнаючі види.

5 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАФТИ У МОРІ

5.1 Поведінка розливої нафти у морі

Гравітаційне розтікання нафтової плями, його турбулентна дифузія та переміщення. Густина вуглеводнів є меншою за густину води ρ , отже, спостерігається утворення нафтової плівки на поверхні води. Нафта, яка потрапила на поверхню води досить швидко рухається. Основними характеристиками, які впливають на швидкість поширення плями та товщину її шару ϵ : температура морської води та складові характеристики нафти [7].

Розлита в море нафта поширюється на поверхні води під впливом трьох процесів: гравітаційне розтікання, турбулентна дифузія та адвективне перенесення.

Зазвичай саме гравітаційне розтікання призводить до першочергового поширення нафтової плями із збільшенням її радіусу. Період дії цього процесу не дуже тривалий через зменшення товщини шару самої плівки та підвищення коефіцієнту в'язкості, внаслідок випаровування легких часток з неї. Із часом розтікання взагалі припиняється й починається вплив турбулентної дифузії на стан нафтової плями.

Таким чином, процес поширення нафти в морі можна умовно розділити на два етапи: 1-й – розтікання та адвекція, 2-й – турбулентна дифузія та адвекція.

Випаровування. Сира нафта - це суміш різних вуглеводнів, з великим процентним вмістом летких речовин. Зазвичай основна кількість ароматичних речовин (до C9) та н-алканів (до C11) випаровуються у перші 10 годин.

Розчинення. Деякі з легших летючих фракцій розчиняються в морській воді і можуть переходити в розчин. Цей фактор слід брати до уваги під час

перших кількох хвилин розливу, а потім уже набуває чинності фактор випаровування.

Дисперсія. Дисперсія - це процес виникнення крапель нафти у воді, під дією сили хвиль та вітру. Для видалення нафтової плями з водного середовища слід мати на увазі, що упродовж першої доби, дисперсія має вертикальний характер, а місяця – горизонтальний.

Емульгування. Після видалення основного обсягу летких речовин шляхом розчинення та випаровування може відбутися емульгування нафти. Такі емульсії є густою рідиною і містять до 80% води. Переважно вживати заходів до утворення емульсії, оскільки цей процес викликає збільшення обсягу та щільності оброблюваного матеріалу.

Процес емульгування починається приблизно через годину після розливу, але набуває значних параметрів через 12-24 години і потім триває приблизно тиждень.

Осадження. Одразу за випаровуванням летких речовин та емульгуванням нафти, розпочинається процес осадження. Дія такого процесу найчастіше спостерігається у берегових зонах. Процес осадження розпочинається в середньому упродовж першої години з моменту розливу та набирає сили за добу і триває близько тижня.

Біорозкладання. Для навколишнього середовища біологічне розкладання відіграє найбільшу роль у видаленні вуглеводнів. Воно настає за осадженням, яке закінчується десь за тиждень, і триває протягом довгого часу. Просторові умови для біорозкладання не відіграють значної ролі, бо воно може відбуватися де завгодно, чи то берегова лінія або донні відклади, чи то поверхня води або увесь зріз по всій глибині. Процес біологічного розкладання має тенденцію до посилення за високої температури води та наявності поживних речовин у ній.

5.2 Виведення диференціального рівняння

Оцінка розповсюдження нафтової плями круглої форми на поверхні води за рахунок турбулентності водних мас найбільш просто може бути виконана методом, заснованим на вирішенні диференціального рівняння турбулентної дифузії у полярних координатах [7].

Уявімо пляму нафти на поверхні води у формі кола. Початок системи координат помістимо в центр плями незалежно від того, чи пляма залишається на місці або переміщається під дією течії і вітру.

Припустимо, що в середньому перенесення нафти в плямі відбувається рівномірно на всі боки від центру вздовж радіусу. Поперек радіусу результуючий перенесення дорівнює нулю. У зв'язку з цим концентрація нафти на поверхні води змінюється тільки вздовж радіусів, а на колах з центром на початку координат вона постійна.

Зроблене припущення правомірне, коли пульсації швидкості течії в потоці мають розподіл, близький до нормального, коефіцієнт турбулентної дифузії однаковий вздовж і впоперек середнього вектора швидкості течії, в межах плями швидкості течії в окремих точках незначно відрізняються один від одного за величиною та напрямом.

Виділимо на розглянутій плямі сектор з кутом α (рис. 5.1). З відривом r від центру концентрацію нафти та її похідну по радіусу позначимо C і $\partial C/\partial r$.

З двох сторін від аналізованої концентрації проведемо дуги з радіусами $r_1 = (r - \Delta r/2)$ і $r_2 = (r + \Delta r/2)$, довжина яких відповідно складе αr_1 та αr_2 . На першій дузі концентрацію нафти можна визначити за такою формулою:

$$C_1 = [C - (\partial C/\partial r) \times (\Delta r/2)] ,$$

а на другій дузі за формулою:

$$C_2 = [C + (\partial C/\partial r) \times (\Delta r/2)] .$$

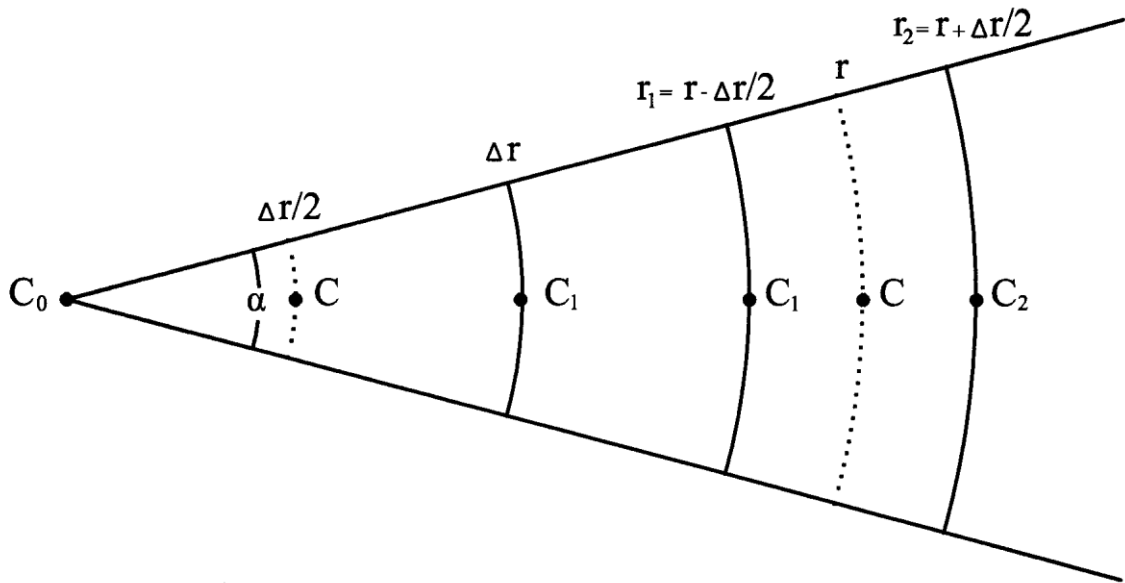


Рисунок 5.1 – Схема виведення диференціального рівняння та граничної умови.

Поверхня, обмежена дугами та відрізками радіусів, матиме площу, що дорівнює $\alpha r \Delta r$.

Кількість нафти, що надходить на контрольний майданчик через першу дугу за секунду виражається величиною:

$$[-D(\partial C_1/\partial r) \alpha r_1] ,$$

де D – коефіцієнт турбулентної дифузії.

За цей час через другу дугу буде винесено $[+D(\partial C_2/\partial r)\alpha r_2]$. Крім того, за одну секунду на майданчику буде трансформовано $C_k N \alpha r \Delta r$ нафти (де k_N – коефіцієнт неконсервативності, 1/сек).

Процеси винесення, надходження та трансформації нафти визначають зміни її кількості у часі на контрольному майданчику. Цю зміну в одиницю часу можна подати у вигляді $\alpha r \Delta r (\partial C/\partial t)$.

Складемо тепер рівняння балансу:

$$D(\partial C_1/\partial r) \alpha r_1 + D(\partial C_2/\partial r) \alpha r_2 + C_k N \alpha r \Delta r = \alpha r \Delta r (\partial C/\partial t) \quad (5.1)$$

Підставивши замість C_1 , C_2 , r_1 , r_2 відповідні вирази, розкривши дужки та розділивши обидві частини рівняння (5.1) на $\alpha r \Delta r$, після нескладних перетворень отримаємо:

$$\partial C / \partial t = D(\partial^2 C / \partial r^2) + (D/r)(\partial C / \partial r) + C k_H \quad (5.2)$$

Виведемо тепер диференціальне рівняння для контрольного майданчика, що примикає до центру плями та обмеженою дугою з радіусом Δr (див. рис. 5.1). Для аналізованого майданчика характерні такі особливості: у ньому спостерігається лише винос нафти, й у центрі $(\partial C_0 / \partial r) = 0$ (оскільки на всі боки від центру значення концентрацій зменшуються).

На відстані $\Delta r / 2$ концентрацію нафти та її похідну позначимо C та $\partial C / \partial r$, тоді в центрі плями та на межі майданчика значення концентрацій нафти можна визначити за формулами:

$$C_0 = [C - (\partial C / \partial r) \times (\Delta r / 2)] \quad \text{і} \quad C_{\Delta r} = [C + (\partial C / \partial r) \times (\Delta r / 2)].$$

Запишемо рівняння балансу, використовуючи формулу (5.1). Для цього викреслимо в ній перший доданок і замість C_2 , r_2 й r відповідно підставимо $C_{\Delta r}$, Δr , $\Delta r / 2$:

$$D(\partial C_{\Delta r} / \partial r) \alpha \Delta r + C k_H \alpha \Delta r^2 / 2 = (\partial C / \partial t) \alpha \Delta r^2 / 2 \quad (5.3)$$

Скористаємося тим, що $(\partial C_0 / \partial r) = 0$:

$$(\partial C_0 / \partial r) = \partial [C - (\partial C / \partial r) \times (\Delta r / 2)] / \partial r = (\partial C / \partial r) - (\partial^2 C / \partial r^2) (\Delta r / 2) = 0,$$

звідси

$$(\partial C / \partial r) = (\partial^2 C / \partial r^2) (\Delta r / 2) \quad (5.4)$$

Підставляючи (5.3) замість $C_{\Delta r}$ її вираз, розкриваючи дужки і використовуючи формулу (5.4), отримаємо наступну граничну умову:

$$(\partial C / \partial t)_{r \rightarrow 0} = 2D(\partial^2 C / \partial r^2) + Ck_H \quad (5.5)$$

Таким чином, шукане диференціальне рівняння разом із граничними та початковими умовами буде записано у вигляді:

$$\begin{aligned} \partial C / \partial t &= D(\partial^2 C / \partial r^2) + (D/r)(\partial C / \partial r) + Ck_H, \\ (\partial C / \partial t)_{r \rightarrow 0} &= 2D(\partial^2 C / \partial r^2) + Ck_H, \\ (\partial C / \partial r)_{r=0} &= 0, \quad C(t, r)_{t=0} = C_H(r), \quad C(t, r)_{r=0} = C_0(t), \\ C(t, r)_{r > r_t} &= 0, \quad r_t |_{t=0} = r_H. \end{aligned} \quad (5.6)$$

де $C_H(r)$ - концентрація нафти у початковий час на відстані r від центру;

$C_0(t)$ - концентрація нафти у центрі плями на момент часу t ;

r_t - радіус плями в момент часу t ;

r_H - радіус плями у початковий момент часу.

Крім того, має виконуватися ще одна умова:

$$2\pi \int_0^{r_t} C(t, r) r dr = m_H e^{k_H t}, \quad (5.7)$$

де m_H - маса нафти на поверхні води у початковий момент часу t .

У рівнянні (5.7) правий та лівий вирази позначають масу нафти у плямі в момент часу t .

5.3 Рішення задачі

Стався аварійний (залповий) розлив нафти. При швидкому викиді нафти пляму, що утворилося на поверхні води, можна представити у вигляді кола. При розгляді процесу розповсюдження такої плями нафти в морі після закінчення гравітаційного розтікання представляється можливим скористатися нестационарним рівнянням турбулентної дифузії плаваючої неконсервативної (осідаючої) речовини в полярній системі координат, яке з початковими і граничними умовами можна записати у вигляді [13; 19; 20]:

$$\partial C/\partial t = D_{\Gamma}(\partial^2 C/\partial r^2) + D_{\Gamma}(\partial C/\partial r)/r - Ck_H, \quad (5.8)$$

$$C(t,r)=C_0, \text{ при } t=0 \text{ і } 0 < r \leq R_0;$$

$$C(t,r)=0, \text{ при } t=0 \text{ і } r > R_0,$$

де C – концентрація плаваючої речовини, $\text{г}/\text{м}^2$;

t – час, с;

D_{Γ} – коефіцієнт горизонтальної турбулентної дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$;

r – радіус вектор, м;

k_H – константа розкладення (неконсервативності) речовини, с^{-1} ;

C_0 – концентрація речовини у плямі в початковий момент часу, $\text{г}/\text{м}^2$;

R_0 – радіус плями в початковий момент часу, м.

У цій моделі початок системи координат розташовано в центрі плями незалежно від того, чи залишається пляма на місці чи переміщується під дією течії й вітру. Перенесення плями по акваторії відбувається за рахунок адвективного переносу зі швидкістю V_{CP} , а переміщення речовини в плямі – турбулентної дифузії.

В середньому дифузія речовини в плямі відбувається рівномірно у всі боки від центра вздовж радіуса. Результуючий перенос цієї речовини поперек радіуса дорівнює нулю. У зв'язку з цим, концентрація речовини змінюється тільки вздовж радіусів, а на окружностях із центром у початку координат

вона постійна.

В рівнянні (5.8) третій доданок являє собою зниження концентрації речовини за рахунок її розкладення (або випаровування, якщо розглядати легкі фракції нафти), він відповідає доданку в рівнянні турбулентної дифузії зависі [19; 20], що враховує зниження концентрації цієї зависі в воді за рахунок її осідання на дно.

Рівняння (5.8) можна вирішити з використанням метода кінцевих різниць за явною, неявною і змішаною схемами [19; 20]. Скористаємося явною кінцево-різничевою схемою (рис. 5.2).

На плямі з кроком $\Delta r = R_0/N_0$ (де N_0 – кількість кілець у плямі в початковий момент часу) проведемо окружності, центр яких збігається з початком системи координат. Пронумеруємо отримані кільця від центру $n=1,2,3\dots$. Припустимо, що середнє значення сіткової функції в кожному кільці розташовується в його середині. Таким чином, на k -му часовому зрізі плями від центра до периферії (рис. 5.2) значення сіткової функції в кільці з номером n отримає позначення $C_{k,n}$. Це значення буде перебувати на відстані $r_n = (2n-1)\Delta r/2$ від центра плями. Значення вище і нижче нього в той же момент часу будуть мати позначення $C_{k,n-1}$ і $C_{k,n+1}$.

	0	1	...	k	$k+1$...
1	$\updownarrow \Delta r$			$C_{k,1}$	$C_{k+1,1}$	
2				$C_{k,2}$		
...
$n-1$	$\leftarrow \Delta t \rightarrow$...	$C_{k,n-1}$		
n			...	$C_{k,n}$	$C_{k+1,n}$	
$n+1$...	$C_{k,n+1}$		
...

Рисунок 5.2 – Явна кінцево-різничева схема для рішення нестационарного рівняння турбулентної дифузії нафти

На наступному часовому зрізі $k+1$ середнє значення концентрації нафти в кільці n матиме позначення $C_{k+1,n}$.

Рішення за розглядуваною схемою буде мати вигляд [19, 20]:

$$\text{при } n > 1 - \quad C_{k+1,n} = (1-2a-f)C_{k,n} + a(b_n C_{k,n+1} + d_n C_{k,n-1}), \quad (5.9)$$

$$\text{при } n = 1 - \quad C_{k+1,1} = (1-2a-f)C_{k,1} + 2aC_{k,2}, \quad (5.10)$$

$$\text{де } a = D_{\Gamma} \Delta t / \Delta r^2; \quad f = k_H \Delta t; \quad b_n = 2n / (2n-1); \quad d_n = (2n-2) / (2n-1). \quad (5.11)$$

Рішення стійко при $(2a+f) \leq 1$.

Отримані рівняння (5.9) і (5.10) дають змогу за значеннями концентрації нафти в плямі на k -му часовому зрізі розрахувати значення на наступному $(k+1)$ -у зрізі. Розрахунок виконується, починаючи з зрізу $k=1$. На попередньому для нього зрізі ($k=0$) розподіл значень концентрації нафти в плямі задається [19, 20]: в початковій кількості кілець N_0 передбачається рівномірний розподіл (можна задати будь-який розподіл) нафти з концентрацією C_0 . На кожному кроці в часі кількість кілець в плямі збільшується на 1, тому на k -у часовому зрізі загальна кількість кілець в плямі становить $N = N_0 + k$. При $n > N$ значення $C_{k,n} = 0$.

За формулами (5.9) і (5.10) видно, що сума коефіцієнтів при значеннях концентрації нафти дорівнює $(1-f)$. Це означає, що на $(k+1)$ -у часовому зрізі кількість речовини в $(1-f)$ рази менше, ніж на попередньому k -у. Виходячи з цього, можна записати умову перевірки розрахунків на кожному часовому зрізі [19, 20]

$$\sum (2n-1) C_{k,n} = (1-f)^k N_0^2 C_0, \quad (5.12)$$

де N_0 і C_0 – кількість кілець і значення концентрації нафти в плямі на нульовому (початковому) часовому зрізі відповідно.

Сира нафта являє собою суміш різних фракцій, яки можуть відрізняються швидкістю випаровування і розкладання. Тому, при

моделюванні розповсюдження її аварійних розливів доцільно використовувати метод суперпозиції: спочатку розраховувати у плямі в різні моменти часу значення концентрації окремих фракцій нафти; далі шляхом підсумовування отриманих результатів визначати значення концентрації нафти в плямі для потрібного моменту часу.

Константи розкладання (неконсервативності) нафти і нафтопродуктів k_H можна знайти в довідниковій літературі, наприклад [24, 25]: де для нафтопродуктів константа розкладення при температурі води 20°C дорівнює $k_H=0,043 \text{ д}^{-1}$. У цьому ж джерелі можна знайти коригування k_H в залежності від температури води і швидкості течії.

В [24, 25] константа k_H має розмірність д^{-1} , у рівняннях (5.8)-(5.10) - с^{-1} .
Перехід від одної розмірності до другої простий: $1 \text{ д} = 86400 \text{ с}$, тобто

$$k_H = 0,043 \text{ д}^{-1} = 4,98 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}.$$

Константу випаровування k_B , с^{-1} , можна розрахувати за формулою

$$k_B = \ln 2 / \tau_{1/2} = 0,6931 / \tau_{1/2}, \quad (5.11)$$

де $\tau_{1/2}$ – період часу випаровування половини легких фракцій нафти (по аналогії з періодом напіврозпаду), с.

Якщо для легких фракцій відомі k_H і k_B , то параметр моделі $f=(k_H+k_B)\Delta t$.

Врахування випаровування нафти можна виконати і наприкінці розрахунків за формулою

$$C = C^* \{1 - \delta_B [1 - \exp(-k_B t)]\}, \quad (5.12)$$

де C – концентрація нафти з врахуванням випаровування, $\text{г}/\text{м}^2$;

C^* – концентрація нафти без врахування випаровування, $\text{г}/\text{м}^2$;

δ_B – доля легких (що випаровуються) фракцій в нафті в початковий момент

часу;

t – час, с.

На рис. 5.3 наведено приклад моделювання розповсюдження аварійного розливу кувейтської нафти масою 100 т. Кольором від чорного до світло-сірого позначені різні значення концентрації нафти.

Доля легких фракцій в нафті складає 41,9%, для них літом константа випаровування k_B дорівнює $12,70 \text{ д}^{-1}$, константа неконсервативності при температурі води 20°C прийнята рівною $k_H = 0,043 \text{ д}^{-1}$. Початкова концентрація нафти складає 850 г/м^2 , радіус плями дорівнює $R_0=193,5 \text{ м}$.

Для легких фракцій розрахунок стійкий $(2a+f)\leq 1$ при $-N_{0L\Phi}=16$, $\Delta r_{L\Phi}=193,5/16 = 12,1 \text{ м}$, $\Delta t_{L\Phi}=0,035 \text{ д}$.

Для важких фракцій $(2a+f)\leq 1$ при $-N_{0B\Phi}=2$, $\Delta r_{B\Phi} = 193,5/2 = 96,8 \text{ м}$, $\Delta t_{B\Phi}=2,26 \text{ д}$.

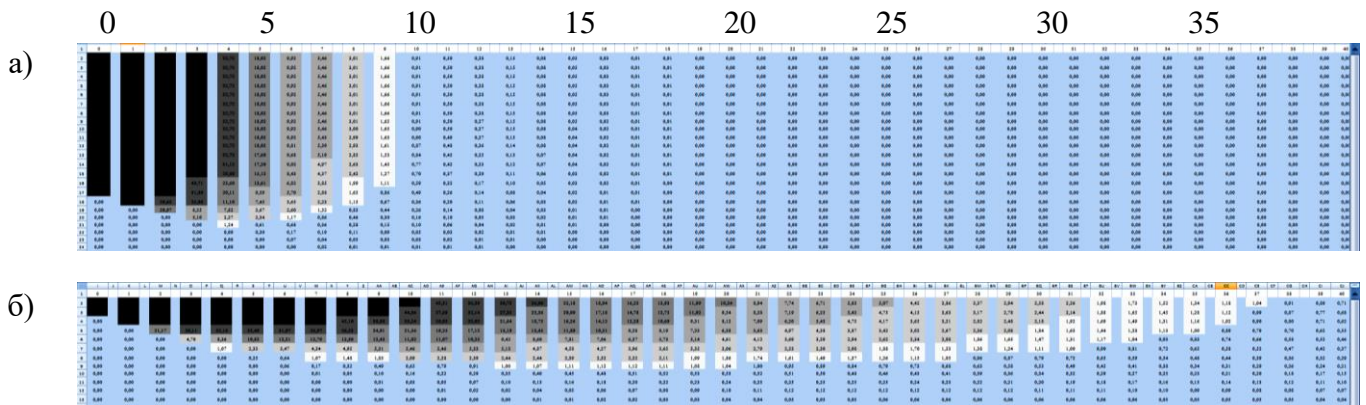


Рисунок 5.3 – Розповсюдження аварійного розливу 100 т кувейтської нафти: а) легкі фракції; б) важкі фракції

По рис. 5.3(а) видно, що літом легкі фракції вже через $8\div 9$ годин після розливу ($10\Delta t_{L\Phi} = 0,35 \text{ д} = 8,5 \text{ г}$) випаровуються. Крок у часі при моделюванні розповсюдження важких фракцій дорівнює $\Delta t_{B\Phi}=2,26 \text{ д}$, тобто легкі фракції повністю випаровуються на першому кроці $\Delta t_{B\Phi}$ і ніяк не позначаються на значеннях концентрації нафти в моменти часу більш ніж 1 доба.

Через 85 діб ($38\Delta t_{B\Phi}$) після розглядуваного розливу (рис. 5.3(б)) радіус зони впливу буде дорівнювати $R_{B\Pi} = (N_{0B\Phi} + 38)\Delta r_{B\Phi} = 40 * 96,8 = 3870 \text{ м} = 3,9 \text{ км}$. Концентрація нафти в цієї зоні буде не більш ніж $0,9 \text{ г/м}^2$ без враховування диспергування нафти.

На 13 кроці буде спостерігатися максимальний розмір зони забруднення з концентрацією нафти на поверхні більш 1 г/м^2 (це граничне значення взято умовно) $R_{3A} = (N_{0B\Phi} + 10)\Delta r_{B\Phi} = 12 * 96,8 = 1162 \text{ м} \approx 1,2 \text{ км}$. Максимальне значення концентрації нафти в центрі плями буде дорівнювати 31 г/м^2 . При цьому радіус зони впливу становитиме $R_{B\Pi} = (N_{0B\Phi} + 13)\Delta r_{B\Phi} = 15 * 96,8 = 1452 \text{ м} \approx 1,5 \text{ км}$.

Таким чином, при аналізі розповсюдження аварійних розливів нафти за тривалі періоди часу, можна одразу розглядати тільки важкі фракції нафти.

6 РОЗРАХУНОК РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАФТИ ЗА РІЗНИМИ СЦЕНАРІЯМИ ЇЇ РОЗЛИВУ НА ОДЕСЬКОМУ РЕЙДІ

6.1 Опис методики розрахунків

Для розрахунку переносу й дифузії нафти при її аварійних розливах необхідні такі вихідні дані: об'єм розливу W_O або його маса M_O ; характеристика розкладання розливої нафти k_H (коефіцієнт неконсервативності); коефіцієнт Шезі C ; щільність нафти ρ_H ; глибина акваторії H м; швидкість вітру на висоті 2 м над водною поверхнею V_B ; середня для ділянки висота хвилі 1%-ої забезпеченості в системі h ; відстань розливу від берегової лінії L .

Послідовність розрахунку.

1. Визначається початковий радіус плями забруднення r_O , виходячи з припущення, що товщина нафтової плями після гравітаційного розтікання складає 0,001 м:

$$r_O = (W_O/\pi/0,001)^{0,5}. \quad (6.1)$$

2. За величиною r_O визначається ширина кілець Δr з урахуванням такої вимоги:

$$\Delta r = r_O/n_O, \quad n_O \geq 2. \quad (6.2)$$

3. Середня швидкість дрейфової течії (м/с) розраховується за формулою:

$$V_T = k_T * V_B (3 + 10h)^{0,5}, \quad (6.3)$$

де k_T – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта Шезі C , що визначається за табл. 6.1.1;

V_B – швидкість вітру на висоті 2 м над водною поверхнею;

h – середня для ділянки висота хвилі 1%-ої забезпеченості в системі (прийнята рівною 1,25 м).

Таблиця 6.1 – Значення k_T в залежності від коефіцієнта Шезі C

C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1000
k_T	0,0010	0,0018	0,0027	0,0034	0,0042	0,0050	0,0055	0,0060	0,0064	0,0068

4. Коефіцієнт турбулентної дифузії розраховується за формулою:

$$D = g * H * V_T / (M * C), \quad (6.4)$$

$$M = \begin{cases} 0,7C + 6, & \text{при } C < 60; \\ 48, & \text{при } C \geq 60. \end{cases}$$

5. Розраховується крок у часі:

$$\Delta t = \Delta r^2 / (4D). \quad (6.5)$$

6. Час, коли пляма досягне берегової лінії, дорівнює:

$$T_B = L / V_T. \quad (6.6)$$

7. Оцінюється кількість кроків у часі до контакту з берегом:

$$K_B = T_B / \Delta t, \quad (6.7)$$

8. Розраховується початкова концентрація нафти:

$$C_0 = M_0 / (\pi * r_0^2). \quad (6.8)$$

9. В n_0 перших кілець, починаючи від центра плями, записується початкова концентрація C_0 . Далі розраховується концентрація речовини в наступний момент часу (через Δt). Розрахунок ведеться покроково від одного моменту часу до іншого. Розрахунок закінчується у момент контакту плями з берегом.

10. В усі моменти часу повинна виконуватися умова (6.9). Якщо замість коефіцієнту неконсервативності k_H використовується коефіцієнт розпаду k_P , то умова (2.16) має вигляд:

$$\sum_{n=1}^{n_k} C_{k,n} (2n - 1) = C_0 n_0^2 (1 - k_P \Delta t)^k \quad (6.9)$$

При розрахунках розповсюдження розлитої нафти прийняті характеристики розкладання її кувейтського виду, оскільки значення цих характеристик близькі до середніх значень видів нафти, які імпортуються.

Дані про розкладання нафти наведені в табл. 6.2.

6.2 Вихідні дані

В таблицях 6.2-6.5 наведені вихідні дані для розрахунку і аналізу розповсюдження нафтової плями при її розливі на Одеському рейді для холодного та теплого періодів часу.

Таблиця 6.2 – Характеристика розкладання розлитої нафти

Час після розливу, годин	Обсяг нафти, що випарувалася, % від V_0 (літо/зима)	Вміст води в нафті, % від V_0 (літо/зима)	Об'єм плями нафти на воді, % від V_0 (літо зима)	Обсяг диспергованої нафти (літо/зима)
1	19,9/16,7	1,8/51,5	79,3/167	2,2/2,3
3	26,6/20,4	5,4/64,4	70,9/205	6,3/6,6
5	31,2/24,1	10,3/65,0	63,8/181	11,6/12,6
12	36,4/28,7	19,0/65,0	53,7/140	20,1/22,3
18	39,9/32,1	26,3/65,0	45,3/109	26,7/29,8
24	41,9/34,6	32,5/65,0	38,9/85,4	31,8/35,5
36	41,9/38,6	42,0/65,0	32,1/51,1	39,5/43,5
48	41,9/41,9	48,7/65,0	25,7/28,4	44,9/48,2
60	41,9/41,9	53,5/65,0	20,1/20,1	48,8/51,1

1) Гідрометеорологічні умови, за яких визначено характеристики розкладання наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Гідрометеорологічні умови розкладання нафти

Дані	Літо	Зима
Температура води, °С	22	3
Температура повітря, °С	23	-3
Швидкість вітру, м/с	5,1	7,7
Хвилювання	Легке	Середнє

- 2) Щільність нафти ρ становить 0,85 т/м³.
- 3) Товщина нафтової плівки під час розливу (прийнята рівною 0,001 м).
- 4) Характеристики режиму вітру та хвилювання прийняті за даними спостережень ГМС Одеса [10,11] (табл. 6.5).

Дані, необхідні для виконання розрахунку поширення нафтової плями, і просторово тимчасові масштаби моделі наведено в табл. 6.4.

Таблиця 6.5 – Характеристики режиму вітру та хвилювання за даними спостережень ГМС Одеса

V, м/с	Повторюваність швидкості вітру і висоти хвиль за напрямками, %																							
	Пн			ПнСх			Сх			ПдСх			Пд			ПдЗх			Зх			ПнЗх		
1-4	4,17	11,24	100	3,650	11,41	100	2,630	6,940	100	7,23	15,13	100	5,14	12,32	100	4,46	7,82	100	4,96	8,75	100	9,61	21,9	100
5-9	4,78	7,070	62,90	5,040	7,764	68,00	2,790	4,312	62,10	6,28	7,90	52,2	5,68	7,18	58,3	3,05	9,362	43,00	3,14	3,792	43,30	8,59	12,29	56,10
10-15	2,290	2,40	2,580	2,724	2,724	23,90	1,430	1,522	21,90	1,59	1,62	10,70	1,48	1,5	12,2	0,31	0,312	4	0,62	0,652	7,45	3,43	3,7	16,9
16-20	0,10	0,100	0,89	0,140	0,144	1,260	0,090	0,92	1,320	0,03	0,03	0,2	0,02	0,02	0,16	0,02	0,02	0,02	0,03	0,032	0,36	0,26	0,27	1,23
>20				0,004	0,004	0,04	0,002	0,002	0,3										0,002	0,002	0,02	0,01	0,01	0,04
Σ	11,24			11,14			6,94			15,13			12,32			7,82			8,75			21,96		
$h_{3\%}$, м																								
<0,5	5,93	10,45	100	5,630	11,36	100	3,91	7,66	100	11,05	16,76	100	8,77	14,37	100	5,36	6,52	100	5,44	6,73	100	13,03	21,05	100
0,6-1,0	3,48	4,523	43,30	3,570	5,730	50,40	2,28	3,75	49,0	4,41	5,71	34,1	4,71	5,6	39	1,08	1,16	17,8	1,22	1,29	19,2	7,1	8,02	38,1
1,1-1,5	0,87	1,043	9,980	1,450	2,160	19,00	0,96	1,47	19,2	1,02	1,30	7,76	0,73	0,89	6,19	0,07	0,08	1,23	0,07	0,07	1,04	0,76	0,92	4,37
1,6-2,0	0,14	0,173	1,660	0,400	0,710	6,250	0,34	0,51	6,66	0,2	0,28	1,67	0,14	0,16	1,11	0,01	0,01	0,15				0,14	0,16	0,76
2,1-2,5	0,03	0,033	0,320	0,200	0,310	2,730	0,10	0,17	2,22	0,06	0,08	0,48	0,02	0,02	0,14							0,01	0,02	0,095
2,6-3,0	0,00	0,003	0,028	0,070	0,110	0,970	0,05	0,07	0,91	0,01	0,02	0,12										0,01	0,01	0,048
3,1-3,5	0,03	0,04	0,350	0,02	0,02	0,26	0,01	0,01	0,06															
>3,5				0,01	0,01	0,088																		
Σ	10,45			11,36			7,66			16,76			14,37			6,52			6,73			21,05		

6.3 Розрахунки розповсюдження нафти за різними напрямками та аналіз їх результатів

1. Радіус плями після гравітаційного розтікання дорівнює:

$$r_0 = (117,647 / 3,14 / 0,001)^{0,5} = 193,6 \text{ (м)}.$$

2. Вважаємо: а - $\Delta r = 48,39$ м; $n_0 = 4$; б - $\Delta r = 96,78$ м; $n_0 = 2$

3. Швидкість вітрової течії для заданого напрямку становить:

$$V_T = 0,0045 * 5,0 (3 + 10 * 1,00)^{0,5} = 0,081 \text{ м/с}.$$

4. Коефіцієнт турбулентної дифузії складає:

$$D = 9,8 * 15,0 * 0,087 / (34 * 40) = 0,0094 \text{ м}^2/\text{с}.$$

5. Крок у часі буде дорівнювати:

$$\Delta t = 32,26^2 / (4 * 0,0125) = 110713 \text{ (с)} = 30,75 \text{ (г)} = 1,28 \text{ (діб)}.$$

6. У такому разі пляма нафти досягне берегу за

$$T_B = 10000 / 0,087 = 31,92 \text{ (г)} = 1,33 \text{ (діб)}.$$

7. Кількість кроків у часі до контакту з берегом складе

$$K_B = 1,33 / 1,28 = 1,039 \approx 2.$$

8. Початкова концентрація нафти у плями буде дорівнювати:

$$C_0 = 100000 / (3,14 * 193,56^2) = 0,850 \text{ (кг/м}^2\text{)} = 850 \text{ (г/м}^2\text{)}.$$

9. Розрахунок дифузії нафтової плями наведений на рис. 6.3.1 та 6.3.2

10. Початкова перевірна сума складає:

$$C_0 n_0^2 = 850 * 3^2 = 7650.$$

У кожний момент часу k сума концентрацій нафти із врахуванням площі кілець повинна складати:

$$C_0 n_0^2 (1 - k_P \Delta t)^k = 7650 * (1 - 0,011 * 1,28)^k = 7650 * 0,98591^k.$$

11. Спираючись на формулу (6.10), розраховуємо концентрацію нафти без урахування випаровування:

$$\zeta^* = 826,2 \text{ г/м}^2$$

А для розрахунку концентрацію нафти з урахуванням випаровування, по табл. 6.2.1 знаходимо, що об'єм повного випаровування легких фракцій по відношенню до початкового об'єму (в долях від одиниці) дорівнює 0,419.

Знаходимо для $t = 1,33$ (діб)

$$\text{для літа: } \zeta = \zeta^* \{1 - \delta u [1 - \exp(-kt)]\} = 651,6 \text{ г/м}^2,$$

$$\text{для зими: } \zeta = \zeta^* \{1 - \delta u [1 - \exp(-kt)]\} = 741,8 \text{ г/м}^2.$$

Узагальнення щодо проведених розрахунків:

1. Пляма досягне берегу через 1,33 діб.
2. Радіус плями наприкінці розрахункового часу ($2\Delta t = 1,33$ діб) складе $(2+3)\Delta r = 5*64,52 = 323$ м.
3. Загальна площа поверхні під нафтовою плямою дорівнює приблизно $3,14*232^2 = 0,327$ км².
4. Максимальна концентрація нафти у плямі без обліку випаровування складає 826,2 г/м².
5. З врахуванням випаровування влітку концентрація нафти у плямі складає 651,6 г/м², взимку – 741,8 г/м².

За таким саме принципом зроблено розрахунок розповсюдження нафти за умови переважання й інших напрямків вітру.

За результатами розрахунку, при розливі нафти на Одеському рейді (рейдова стоянка № 354) з ймовірністю 42,1% ця нафта буде викинута на узбережжя від Чорноморська до Тилігульського лиману. Смуга забруднення становитиме близько 3,0-4,5 км.

З ймовірністю 8,8% нафтою будуть забруднені Дніпровський лиман, Кінбурнська коса, Кінбурнська затока та Тендра з довжиною смуги 4,0-5,0 км.

Ймовірність винесення нафти на Кримський півострів у Каркінітську затоку становить 21,9%. Смуга забруднення при цьому дорівнює приблизно 65 км.

Тільки при вітрах із півночі нафту буде винесено в море з ймовірністю 11,2%.

Ймовірність забруднення узбережжя від м. Чорноморськ до дельти р. Дунай становитиме 11,4% зі смугою забруднення 3,0-5,0 км.

Результати розрахунку наведені у таблиці 6.8.

Таблиця 6.6 – Розрахунок дифузії нафтова плями ($\Delta r_1 = 48,6$ м)

n	2n-1	b	d	Ск.п, %								
				k=0	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	0.500000	0.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	99.603175	98.701299	97.348485	
2	3	0.333333	0.166667	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	99.206349	97.799423	95.995671	93.949106	
3	5	0.300000	0.200000	100.000000	100.000000	100.000000	97.619048	94.588745	91.486291	88.503164	85.693473	
4	7	0.285714	0.214286	100.000000	100.000000	92.063492	85.930736	81.168831	77.333777	74.142524	71.416084	
5	9	0.277778	0.222222	100.000000	72.222222	64.646465	60.497835	57.681208	55.550006	53.829504	52.379565	
6	11	0.272727	0.227273	0.000000	22.727273	27.777778	30.011655	31.218781	31.929182	32.359307	32.615179	
7	13	0.269231	0.230769	0.000000	0.000000	5.244755	9.032634	11.771562	13.822289	15.405673	16.658097	
8	15	0.266667	0.233333	0.000000	0.000000	0.000000	1.223776	2.719503	4.183235	5.525847	6.729386	
9	17	0.264706	0.235294	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.287947	0.783857	1.394271	2.055504	
10	19	0.263158	0.236842	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.068198	0.219749	0.444370	
11	21	0.261905	0.238095	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.016238	0.060440	
12	23	0.260870	0.239130	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.003883	
13	25	0.260000	0.240000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
14	27	0.259259	0.240741	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
15	29	0.258621	0.241379	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
16	31	0.258065	0.241935	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
17	33	0.257576	0.242424	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
18	35	0.257143	0.242857	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
19	37	0.256757	0.243243	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
20	39	0.256410	0.243590	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
21	41	0.256098	0.243902	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
Сума				2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
				Таблиця 6.6								

Продовження таблиці 6.6

п	Ск.п, %																	
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
1	95.648796	93.706294	91.608392	89.423077	87.201034	84.978992	82.782938	80.630805	78.534572	76.501861	74.537133							
2	91.763792	89.510490	87.237762	84.978992	82.756949	80.586884	78.478672	76.438338	74.469150	72.572406	70.748016							
3	83.061383	80.594406	78.276136	76.090821	74.024711	72.066195	70.205538	68.434539	66.746208	65.134510	63.594163							
4	69.036519	66.922783	65.017336	63.278341	61.674832	60.183547	58.786784	57.470901	56.225253	55.041424	53.912678							
5	51.119795	50.000000	48.986755	48.056699	47.192926	46.382891	45.617128	44.888403	44.191137	43.520997	42.874593							
6	32.755153	32.814090	32.814090	32.769802	32.691277	32.585620	32.457993	32.312248	32.151340	31.977600	31.792913							
7	17.667386	18.492498	19.174479	19.742796	20.219161	20.619928	20.957648	21.242124	21.481129	21.680918	21.846591							
8	7.799717	8.749919	9.594276	10.346149	11.017338	11.618010	12.156836	12.641180	13.077305	13.470546	13.825469							
9	2.728764	3.391500	4.031122	4.641041	5.218264	5.761927	6.272416	6.750822	7.198613	7.617430	8.008968							
10	0.724920	1.044809	1.390237	1.750454	2.117370	2.485033	2.849132	3.206603	3.555308	3.893801	4.221144							
11	0.137039	0.245413	0.382264	0.543208	0.723684	0.919406	1.126566	1.341886	1.562608	1.786438	2.011495							
12	0.016395	0.041211	0.080439	0.134800	0.203998	0.287083	0.382730	0.489443	0.605686	0.729963	0.860874							
13	0.000932	0.004401	0.012149	0.025685	0.046111	0.074102	0.109948	0.153632	0.204904	0.263351	0.328456							
14	0.000000	0.000224	0.001172	0.003525	0.008026	0.015375	0.026165	0.040852	0.059749	0.083037	0.110777							
15	0.000000	0.000000	0.000054	0.000310	0.001009	0.002463	0.005017	0.009017	0.014785	0.022601	0.032696							
16	0.000000	0.000000	0.000000	0.000013	0.000082	0.000286	0.000744	0.001607	0.003042	0.005229	0.008342							
17	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000003	0.000021	0.000080	0.000222	0.000506	0.001007	0.001812							
18	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000006	0.000022	0.000065	0.000157	0.000328							
19	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000006	0.000019	0.000048							
20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000006							
21	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000							
Сума	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500							

Таблиця 6.7 – Розрахунок дифузії нафтова плями ($\Delta r_1 = 97,2$ м)

n	2n-1	b	d	Ск,н, %										
				k=18	22	26	30	34	38	42	46	50		
1	1	0.500000	0.000000	71.695296	64.820963	59.001692	54.072203	49.866999	46.248443	43.107388	40.358233	37.933714		
2	3	0.333333	0.166667	57.946630	53.182421	49.142714	45.661795	42.629886	39.966334	37.609079	35.509195	33.627508		
3	5	0.300000	0.200000	36.779669	35.244029	33.770469	32.360864	31.020673	29.753514	28.560274	27.439613	26.388705		
4	7	0.285714	0.214286	17.549561	18.373235	18.823623	19.026271	19.057335	18.967500	18.792202	18.556866	18.280000		
5	9	0.277778	0.222222	6.009839	7.296498	8.322758	9.134049	9.770411	10.264447	10.642470	10.925776	11.131662		
6	11	0.272727	0.227273	1.410034	2.129643	2.842714	3.511175	4.119402	4.662888	5.142586	5.562095	5.926200		
7	13	0.269231	0.230769	0.215431	0.438523	0.727034	1.055612	1.403010	1.753815	2.097550	2.427412	2.739231		
8	15	0.266667	0.233333	0.020113	0.060603	0.134027	0.241178	0.377667	0.537053	0.712720	0.898727	1.090085		
9	17	0.264706	0.235294	0.001048	0.005264	0.016961	0.040381	0.078189	0.131139	0.198519	0.278719	0.369693		
10	19	0.263158	0.236842	0.000026	0.000262	0.001379	0.004724	0.012021	0.024874	0.044428	0.071281	0.105533		
11	21	0.261905	0.238095	0.000000	0.000006	0.000066	0.000362	0.001310	0.003542	0.007788	0.014743	0.024973		
12	23	0.260870	0.239130	0.000000	0.000000	0.000002	0.000016	0.000095	0.000362	0.001034	0.002405	0.004806		
13	25	0.260000	0.240000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000004	0.000025	0.000100	0.000300	0.000734		
14	27	0.259259	0.240741	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.000007	0.000027	0.000086		
15	29	0.258621	0.241379	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000002	0.000007		
16	31	0.258065	0.241935	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
Сума				625	625	625	625	625	625	625	625	625	625	

Таблиця 6.8 – Переміщення нафтової плями за напрямками

Напрямок перенесення	Вітер (румб)	Ймовірність напрямку	Відстань до берега, км	Швидкість розповсюдження нафти, м/с	Час контакту, діб	Діаметр, км	Примітка
Зх	Сх	0,069	8	0,115	0,81	2,9	Узбережжя Одеси
ПнЗх	ПдСх	0,151	10	0,0926	1,25	3,0	- " -
Пн	Пд	0,123	8-10	0,0842	1,24	3,0	- " -
ПнСх	ПдЗх	0,078	20-30	0,0590	4,90	4,5	- " -
Сх	Зх	0,088	50-60	0,0555	11,5	5,0	Дніпровський лиман - Гендра
ПдСх	ПнЗх	0,219	170-200	0,0514	41,7	65	Каркінітська затока
Пд	Пн	0,112	-	0,114	-	-	Відкрите море
ПдЗх	ПнСх	0,114	10-140	0,109	1,06-14,9	5,0	п. Чорноморськ - дельта Дунаю
	Штиль	0,047	-	-	-	-	

7 РОЗРАХУНОК ЗБИТКІВ ВІД РОЗЛИВУ НАФТИ

Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водним об'єктам (морські води) внаслідок аварійних або самовільних скидів забруднюючих речовин зі зворотними водами, грн, здійснюється відповідно до розділу VII Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України за № 389 від 20.07.2009 р. «Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів» за формулою [17]:

$$З = K_c \times K_{ц} \times K_{я} \times K_{б} \times K_{д} \times k_3 [(M_{i1} \times \gamma_{i1}) + (M_{i2} \times \gamma_{i2}) + \dots (M_{im} \times \gamma_{im})] \quad (7.1)$$

{Абзац другий пункту 7.4 розділу VII в редакції Наказу Міністерства екології та природних ресурсів № 220 від 30.06.2011}

- де $K_c = 3$ - коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі при самовільному чи аварійному скиді;
- $K_{ц}$ - коефіцієнт, що враховує цінність морської акваторії, який визначається згідно з [додатком 4](#);
- $K_{я}$ - коефіцієнт, що враховує якісну різноманітність морських вод, який визначається згідно з [додатком 5](#);
- $K_{б}$ - коефіцієнт, що враховує фактор батиметричних умов району забруднення, який визначається згідно з [додатком 6](#);
- $K_{д}$ - коефіцієнт, що враховує вплив гідродинамічного фактору, який визначається згідно з [додатком 7](#);
- $k_3 = 3$ - коефіцієнт ураженості морського середовища;
- M_i - маса наднормативного скиду i -ї забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами, т;
- m - кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;
- γ_i - визначається за формулою (7.2).
- γ_i - питомий економічний збиток від забруднення водних і ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який

визначається за формулою

$$(\gamma)_i = (\gamma) \times A_i, \quad (7.2)$$

де (γ) - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році, грн/т, який визначається за формулою

$$(\gamma) = (\gamma)_n \times I/100, \quad (7.3)$$

де $(\gamma)_n$ - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у попередньому році, грн/т;

I - індекс інфляції (індекс споживчих цін), середньорічний по Україні за попередній рік, %;

A_i - безрозмірний показник відносної небезпечності i -ї забруднюючої речовини, який визначається із співвідношення за формулою

$$A_i = 1/\Gamma ДК_i, \quad (7.4)$$

де $\Gamma ДК_i$ - безрозмірна величина, чисельно рівна $\Gamma ДК$ i забруднюючої речовини у воді водного об'єкта відповідної категорії.

Отже, використовуючи дані, що наведені у [17] маємо такі значення нанесених державі збитків:

$$З = 3 * 1,30 * 1,50 * 0,8 * 1,15 * 3 * 41415840 \approx 669 \text{ млн. грн.}$$

ВИСНОВКИ

За результатами розрахунку, при розливі нафти на Одеському рейді (рейдова стоянка № 354) з ймовірністю 42,1% ця нафта буде викинута на узбережжя від Чорноморська до Тилігульського лиману. Смуга забруднення у своїй становитиме 3,0-4,5 км.

З ймовірністю 8,8% нафтою будуть забруднені Дніпровський лиман, Кінбурнська коса, Кінбурнська затока та Тендра з довжиною смуги 4,0-5,0 км.

Ймовірність винесення нафти на Кримський півострів у Каркінітську затоку становить 21,9%. Смуга забруднення при цьому дорівнює приблизно 65 км.

Тільки при вітрах із півночі нафту буде винесено в море з ймовірністю 11,2%.

Ймовірність забруднення узбережжя від м. Чорноморськ до дельти р. Дунай становитиме 11,4% зі смугою забруднення 3,0-5,0 км.

Отже, аварійні розливи нафти в морі, зокрема на рейді Одеського порту, можуть сильно впливати на екологічний стан водного середовища та берегової смуги.

Однак слід зауважити, що розливи при зіткненні танкера з великим судном можуть бути набагато більшими за 100 т, і досягати 10000 т нафти. Такі розливи зазвичай мають характер екологічних катастроф.

Окрім зіткнення з іншим судном, причиною розливів найчастіше є те, що у наш час Одеський порт дозволяє собі приймати під обробку танкери, які за своїми габаритами значно перевищують максимально дозволені значення розмірів суден, які планують ошвартувати до причалів. Це завчасно підвищує ризик виникнення серйозної аварії.

У зв'язку з цим буде доцільно реконструювати причали Одеського порту для прийому великотоннажних танкерів, із подальшим виключенням ситуацій коли тоннаж судна перевищує нормативні значення для причалів.

А також не буде зайвим посилити екологічний контроль за суднами та їх діяльністю на період перебування в зоні рейдової стоянки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Галабов К. «Развитие общества и комплексное управление прибрежной зоной в Черноморском регионе» /Спасение Черного моря. Бюллетень BSEF, 09/96/
2. Рабочие материалы конференции «Черноморская Жемчужина-99»
3. «Про Основні напрями розвитку туризму в Україні до 2010 року»
УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ.
4. «Про туризм» ВР України , Закон № 324/95-ВР від 15.09.95.
5. Стратегический план действий по оздоровлению и защите Черного моря /материалы конференции, Стамбул, Турция, 30-31 октября 1996 г.
6. Одесский морской торговый порт. Материалы изысканий: гидрометеорологическая и гидрологическая характеристика. Черноморниипроект, Одесса, 1970 г.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів заочної форми навчання за спеціальністю “Екологія і охорона навколишнього середовища”/ Укладачі: Юрасов С.М., Кузьміна В.А. Одеса, ОДЕКУ, 2003. 32 с. укр. мова.
8. Уильямс Дж. Основы контроля морских загрязнений. Л: Судостроение, 1984.-135с.
9. Владимиров А.М. и др. Охрана окружающей среды. Л: ГИМИЗ, 1991. 424с.
10. П 58-76 /ВНИИГ . Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения. Л: ВНИИГ, 1977. 316с.
11. СНиП 2..06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М: Госкомстрой, 1986. 40с.
12. Лаппо Д.Д. Стрекалов С.С., Завьялов В.К. Нагрузки и воздействия ветровых волн на гидротехнические сооружения. Л: ВНИИГ, 1990. 432с.

13. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. проф. Караушева А.В./ Л: ГИМИЗ, 1987.
14. Оперативні дані щодо вантажообігу в портах України. Електронний сайт Адміністрації морських портів України. URL: <http://www.uspa.gov.ua/golovna/365-ukrainskij/verkhne-menu/operativna-informatsiya/15930-operativni-dani-shchodo-vantazhoobigu-v-portakh-ukrajini>
15. «Обов'язкові постанови по морському порту Одеса». Електронний сайт Адміністрації морських портів України. URL: <http://www.port.odessa.ua/images/compulsory-regulations.pdf>
16. «Звіт про НДР» НДУ «УкрНЦЕМ», Том 4 «Аналіз гідрофізичних характеристик українських вод чорного моря та їх ролі у формуванні екологічного стану моря».
17. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України за № 389 від 20.07.2009 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09#top>
18. Юрасов С.Н., Горун В.В. Применение конечно-разностных схем при моделировании неустановившейся турбулентной диффузии взвеси в водном потоке // Украинский гидрометеорологический журнал. 2014. №14. С. 172–184.
19. Юрасов С.М., Комаренко А.Д. Глава 6. Числове моделювання розповсюдження зависі при виконанні днопоглиблювальних робіт / Розвиток методів проектування, будівництва та реконструкції гідротехнічних споруд. Частина 1: серія монографій / [Авт. кол. : Дубровський М.П., Рогачко С.І., Бугаєва С.В. та ін.] за ред. М.П. Дубровського. Одеса: Купрієнко СВ, 2019. С. 92-113.
20. Омирзак А.А. Определения радиуса разлива нефти на водной поверхности при отсутствии ветра. <https://studylib.ru/doc/2101013/#> (дата звернення 01.12.2021).
21. Алышанов Г.Н. Анализ математических моделей динамики

метрических параметров нефтяного пятна при аварии танкера на морской акватории. <https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol20/alshanov.pdf> (дата звернення 01.12.2021).

22. СНиП 2..06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М: Госкомстрой, 1986. 40 с.

23. Лаппо Д.Д. Стрекалов С.С., Завьялов В.К. Нагрузки и воздействия ветровых волн на гидротехнические сооружения. Л: ВНИИГ, 1990. 432 с.

24. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. <https://www.c-o-k.ru/library/document/12923> (дата звернення 01.12.2021).

25. Раздел 1. СТО Газпром 8-2005. Регламент по расчету предельно допустимых сбросов веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами. <http://www.gosthelp.ru/text/stogazprom82005reglamentp.html> (дата звернення 01.12.2021).