МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

по організації роботи студентів при
виконанні курсового проекту з дисципліни
«**Моделювання та прогнозування стану довкілля**»
для студентів III курсу природоохоронного факультету
Напрям підготовки 6.040106 «Екологія,
охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»
ПДВ: Е-4, Е-6, Е-9

ОДЕСА – 2014

Методичні вказівки по організації роботи студентів при виконанні курсового проекту з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів III курсу природоохоронного факультету. Напрям підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», ПДВ: Е-4, Е-6, Е-9/ Укладач: Романчук М.Є. Одеса, ОДЕКУ, 2014. – 28 с. укр. мова.

ЗМІСТ

ВСТУП 4

1 АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ НА МОРСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ІМОВІРНІСТЬ РОЗЛИВІВ НАФТИ 5
1.1 Характеристика та походження нафти……..5
1.2 Джерела нафтового забруднення та приклади найбільших аварій 6
1.3 Поведінка розлитої нафти у морі.....7
1.4 Негативний вплив розливів нафти 8
1.4.1 Вплив на берегову смугу 8
1.4.2 Вплив на біологічне суспільство 9
1.5 Аварійні розливи і їх імовірність 10
1.6 Методи боротьби з нафтовим забрудненням води ……11

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРАХУНКУ ДИФУЗІЇ НАФТИ У МОРІ 13
2.1. Вивід диференційного рівняння 13
2.2. Розв’язання диференційного рівняння 15
2.3. Вихідні дані та послідовність розрахунку 17

3 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ 21
3.1. Приклад розрахунку 21
3.2. Завдання для виконання курсового проекту 25

ЛІТЕРАТУРА 27

ВСТУП

Метою курсу “Моделювання та прогнозування стану довкілля” є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок у галузі математичного моделювання реальних процесів розповсюдження забруднювальних речовин у довкіллі. Отримані знання та навички необхідні для роботи у державних та відомчих виробничих підрозділах, що здійснюють контроль стану навколишнього природного середовища, а також у науково-дослідних установах, які займаються проблемами охорони довкілля.

Завдання курсу – вивчення механізму забруднення навколишнього середовища, транспортування, міграції, перетворення забруднювальних речовин; стосовно водного середовища - засвоєння узагальнених моделей якості води.

Вивчення курсу базується на знаннях дисциплін “Основи загальної екології”, “Моніторинг навколишнього середовища”. Отримані знання будуть використовуватись при вивченні таких дисциплін , як “Методи оцінки якості природних вод”, “Забезпечення екологічної безпеки”, “Екологічний аудит”.

Дисципліна складається з трьох блоків: атмосфера, вода, ґрунти.

Загальний обсяг годин відведений на вивчення дисципліни складає 246 годин (по 16 годин лекційного курсу на вивчення атмосфери та води, 10 годин – на ґрунти; по 18 годин практичних занять з атмосфери та води, 10 годин – на ґрунти; 220 годин самостійної роботи). Формою організації вивчення курсу є лекції та практичні заняття, а також самостійна робота. Формою контролю засвоєння знань є курсовий проект, модульна робота на практичних заняттях та відповіді-захисти інших практичних занять, модульні роботи з лекційного матеріалу та екзамен.

Типовий курсовий проект за темою “Оцінка розповсюдження нафти в морі при її аварійних розливах ” виконується на основі засвоєння теоретичного матеріалу [1–5], що стосується вивчення водного середовища та його можливого забруднення. В роботі повинна міститись необхідна інформація щодо проблеми нафтового забруднення (можна на прикладі перевалки нафти на одноточечному рейдовому причалі SALM), розрахунку його розповсюдження та засоби щодо ліквідації наслідків. Курсовий проект складається з трьох частин: перша – теоретична, друга – розрахункова, третя – аналітична. Перша частина може виконуватись.

В результаті виконання даної роботи студенти повинні *знати*: можливі сценарії нафтових розливів, імовірність аварійних ситуацій при транспортуванні та перевантаженні нафти, етапи її деградації у морі, її вплив на довкілля та гідробіонтів, процеси трансформації нафтової плями у різні моменти часу, методи захисту водної поверхні при потраплянні нафти, а також *вміти* розраховувати значення концентрації нафти і розміри зони забруднення у різні моменти часу відповідно процесів трансформації нафтової плями.

Оцінювання курсового проекту виконується таким чином:

усього за курсовий проект – максимум 30 балів; з них: оформлення та правильність виконання розрахунків – 18 балів (60%); захист –12 балів (40%).

1 АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ НА МОРСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ІМОВІРНІСТЬ РОЗЛИВІВ НАФТИ

1.1 Характеристика та походження нафти

Нафта відома людству з найдавніших часів. Її почали добувати на березі Євфрату за 6-4 тис. років до нашої ери. Застосовувалася вона і як ліки. Стародавні єгиптяни використовували асфальт (окиснену нафту) для бальзамування. Нафтові бітуми використовувалися для приготування будівельних розчинів. Нафта входила до складу «грецького вогню».

В Україні нафта була виявлена в копаних колодязях та грязьових вулканах на Керченському півострові ще в III ст. до н.е., а в XVIII ст. в Галичині було відомо про “скельну олію”, тобто нафту.

Свою назву нафта дістала від індійського слова “**нафата**” (просмоктуюча, втікаюча). Слово (petroleum) – нафта, зазвичай вживається для позначення типів сирої нафти і великої кількості продуктів її переробки.

Нафта - це в´язка, горюча і маслянista рідина від темно-бурого до світло-жовтого кольору з характерним запахом.

Численними хімічними аналізами встановлено, що нафта складається головним чином з вуглецю і водню – відповідно 79,5–87,5 і 11,0–14,5% від маси (рис. 1.1). Окрім них, у нафтах присутні ще три елементи – сірка, кисень і азот. Їх загальна кількість звичайно складає 0,5–8%. У дуже незначних концентраціях в нафтах зустрічаються метали – ванадій, нікель, залізо, алюміній, мідь, магній, барій, стронцій, марганець, хром, кобальт, молібден, калій, натрій, цинк, кальцій, срібло, галій та ін., а також бор, миш'як, йод. Загальний склад металів у нафті рідко перевищує 0,02–0,03% від її маси.

Вказані елементи утворюють різноманітні класи хімічних сполук, з яких і складаються нафти.

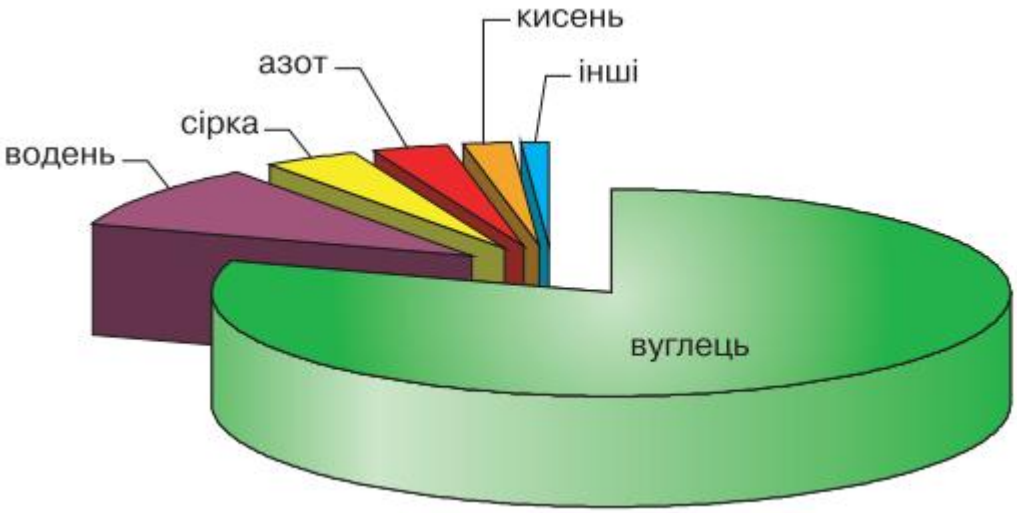

Рисунок 1.1 - Хімічний склад нафти

Нині існує три гіпотези походження нафти:

Найсучаснішою і найпоширенішою є гіпотеза органічного (біогенного) походження, згідно з якою нафта утворилася з останків тварин та рослин, які накопичилися в осадових породах морів та океанів. Опинившись у надрах землі, вони протягом мільйонів років зазнавали складних хімічних змін за умов високих температур і тиску з наявністю різних природних каталізаторів. У результаті в глибинних шарах земної кори створилися первинні, а потім вторинні родовища нафти, тобто зони заповнення, звідки вона й видобувається в наш час.

Є прихильники гіпотези неорганічного (абіогенного) походження нафти. Вперше її найповніше висловив Д.І. Менделєєв, який вважав, що нафта утворилась із карбідів та водяного пару в умовах глибинних процесів, які відбуваються в земній корі під впливом високих тисків і температур.

В питанні про походження нафти є прихильники й комплексного підходу. Вони вважають, що могли існувати обидва механізми утворення нафти (органічний і неорганічний), певною мірою доповнюючи один одного або діючи на різних стадіях процесу.

1.2 Джерела нафтового забруднення та приклади найбільших аварій

Джерел надходження нафти в моря і океани досить багато – це аварії танкерів і бурових платформ, скид баластних і очисних вод, винос з річковим стоком, промивання цистерн танкерів і скид цих вод, скиди нафтохімічних заводів.

За підрахунками Національної Дослідницької Ради США щорічно у воду потрапляє майже 1,5 млн. $м^3$ нафти і нафтопродуктів, близько 45% витоків мають природні причини (наприклад, нафта з підводних пластів, що мимовільно виливається в море). Приблизно 5% нафти потрапляє в моря, океани і озера в результаті процесу видобутку і переробки. На транспортні аварії (танкери, нафтопроводи тощо) припадає 22% подібних розливів. Решта нафти потрапляє у воду в результаті сотень і тисяч дрібних аварій і витоків, які часто не помічають. Їх причиною може бути, наприклад, нещільний бензобак на катері або очисні споруди, що неадекватно працюють.

Перша катастрофа, яка отримала розголос у всьому світі, сталася в 1967 р. Біля берегів Західної Європи зазнав аварії супертанкер «Торрі Каньйон», в море потрапило 120 тис. т нафти. Величезна нафтова пляма спотворила прибережні води і берега Франції та Англії. Загинуло приблизно 50 тис. водоплавних птахів, що склало 90% птахів цих районів.

У 1978 році танкер «Amoco Cadiz» сів на мілину неподалік від узбережжя Бретані (Франція). З-за штормової погоди рятувальну операцію провести було неможливо. Корпус танкера розколовся, і в море витекло понад 230 тис. т нафти. На той момент ця аварія була найбільшою екологічною катастрофою в історії Європи. Підраховано, що загинули 20 тис. птахів. У рятувальних роботах брали участь понад 7 тис. осіб.

Сумний рекорд по забрудненню морських вод у XX столітті належить нафтовій свердловині «Ixtoc-1» (Мексика), пробуреної біля берегів півострова Юкатан в Мексиканській затоці. Аварія сталася в червні 1979 р. Щодня в акваторію виливалося більше 4 тис. т нафти. Свердловина фонтанувала більше місяця. В результаті, в Мексиканську затоку вилилося до 460 тис. т сирої нафти. Ліквідація наслідків аварії зайняла майже рік. Вперше в історії були організовані спеціальні рейси з евакуації морських черепах із зони лиха.

Розлив нафти в Мексиканській затоці, що стався 20 квітня 2010 року в результаті аварії на буровій платформі Deepwater Horizon, загрожує обернутися *наймасштабнішою екологічною катастрофою* за всю історію США.

Міністерство юстиції США подало цивільний позов проти дев'яти компаній, включаючи BP. У позові не вказується сума компенсацій, на якій наполягає влада, однак, за оцінками, мова може йти про десятки мільярдів доларів. Законодавство США передбачає, що виплати за витік одного бареля нафти можуть становити, залежно від обставин, від $ 1100 до $ 4300.

За офіційними даними, у затоку витекло 4,9 млн. тонн нафти, а пляма досягла 100 000 кв. км, знищуючи все живе на своєму шляху.

1.3 Поведінка розлитої нафти у морі

Гравітаційне розтікання, турбулентна дифузія, адвективний перенос. Щільність вуглеводнів нижче щільності води і, тому, спостерігається стійка тенденція до утворення нафтової плями на поверхні води. Вилита нафта швидко розповсюджується по поверхні води. Швидкість розповсюдження плями і товщина плівки залежать від температури морської води і складу нафти.

Розлита у море нафта розповсюджується на поверхні води під дією трьох процесів: гравітаційне розтікання, турбулентна дифузія і адвективний перенос.

Збільшення розмірів плями нафти одразу ж після розливу відбувається переважно за рахунок гравітаційного розтікання. Інтенсивність цього процесу з часом швидко зменшується із-за зменшення товщини нафтової плями і збільшення в'язкості нафти в результаті випаровування її легких фракцій. В деякий момент часу розтікання повністю припиняється, і подальша деформація плями є наслідком турбулентної дифузії.

Таким чином, процес розповсюдження нафти у море можна умовно розділити на два етапи:1 – розтікання і адвекція, 2 – турбулентна дифузія і адвекція.

Випаровування. Сира нафта – це суміш різних вуглеводнів, з великим процентним вмістом летких речовин. Звичайно, основна кількість ароматичних речовин (до C_9) і н-алканів (до C_{11}) випаровується у перші 10 годин.

Розчинення. Деякі з більш легких летких фракцій, що розчинюються у морській воді, можуть переходити в розчин. Цей факт слід приймати до уваги під час перших декількох хвилин розливу, а потім вже вступає в дію фактор

випаровування.

Дисперсія. Дисперсія – це утворення крапель нафти у воді, під дією хвиль і вітру. Для видалення нафтової плями слід приймати до уваги, що в перші 24 години дисперсія має вертикальний характер, а впродовж місяця – горизонтальний.

Емульгування. Після видалення основного об'єму летких речовин шляхом розчинення і випаровування може відбутись емульсифікація нафти. Такі емульсії представляють собою густу рідину і містять до 80% води. Найкраще прийняти заходи до утворення емульсії, оскільки цей процес викликає збільшення об'єму і щільності матеріалу, який обробляється.

Процес емульсифікації починається приблизно через годину після розливу, але набуває значимих параметрів через 12–24 години і потім продовжується приблизно тиждень.

Осадження. Після того, як леткі речовини випарилися, а нафта эмульсифікувалась, починається процес осадження. Цей процес найбільш характерний для прибережних районів. Осадження може початися приблизно через годину після розливу, але значиму інтенсивність воно набуває через 24 години і потім продовжується приблизно тиждень.

Біорозкладання. Біологічне розкладання рідких вуглеводнів в довкіллі є найбільш важливим процесом. Процес стає інтенсивним через тиждень після розливу і триває впродовж довгого часу. Біорозкладання може відбуватись у будь-яких умовах навколишнього середовища (берегова смуга, поверхня води, по всій глибині води і в донних відкладеннях). Процес посилюється в теплій воді і при наявності поживних речовин.

1.4 Негативний вплив розливів нафти

1.4.1 Вплив на берегову смугу

В тому випадку, коли нафта потрапляє на берегову смугу, яка знаходиться в зоні сильного прибою, то розлита нафта швидко зникає з берега під впливом хвиль і внаслідок перемішування води. Це не може розглядатися як сприятливий фактор, тому що нафта переноситься на інші берегові ділянки і наносить збитки в іншому місці. Триваліше всього розлита нафта зберігається на максимально високих і низьких урізах води і укритих щілинах, тобто там, де енергія хвиль мінімальна. В залежності від характеру і віку розлитої нафти, можуть загинути означені види тварин і найбільш чутливі червоні і зелені водорості. Більша частина нафти, яка сягає берега, представляє собою сиру нафту або бункерне паливо, яке вже деякий час знаходилось у морі і втратило більшу частину своїх токсичних речовин.

Але нафта, яка вивітрилась наносить збитки 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 скопища викинутої на берег нафти може привести до задушення тварин, тим

самим викликаючи далі екологічний дисбаланс. Найбільш добре освітлений в публікаціях вплив такого типа було знешкодження домінантних організмів, які споживають водорості, що мало своїми наслідками зріст шару водоростей. Відновлення першого суспільства затримується у зв'язку з зникненням домінантного виду організмів, виникненням шару водоростей в період відсутності личинок тварин, які колонізують цей район, а потім – наявністю густого шару водоростей, інгибуючого колонізацію ділянки даним видом тварин в наступному сезоні. Вплив подібної дії може тривати роками.

Менш серйозні пошкодження, або ж збитки, нанесені у той час, коли популяція організмів, які споживають водорості, може бути відновлена до появи дуже густого шару водоростей, усуваються набагато швидше.

Викинута на берег нафта важко видаляється з берегових ділянок, які знаходяться під впливом слабкого прибою і складених осадочними породами. В тому випадку, якщо нафта все ще має властивості рідини, вона уходить в підґрунтовий шар. Там низький вміст кисню не сприяє бактеріальному розкладанню нафти, яка внаслідок цього може зберігати свої токсичні властивості довгий час. Крім негайного шкідливого впливу на фауну, постійна наявність токсичних речовин заважає виникненню відновлюваних процесів, а нафта, вилуговуючись пізніше з осадочних порід , може викликати нове забруднення.

1.4.2 Вплив на біологічне суспільство

Планктон і, особливо, нейстон (організми поверхневої плівки води), які мешкають в декількох верхніх сантиметрах моря, зазнають найбільшого ризику, тому що на нього відбувається вплив самих концентрованих водорозчинних речовин, які вилужуються з нафтової плями.

Нафта і її фракції токсичні для широкого кола організмів, які складають планктон, причому ароматичні речовини більш токсичні, ніж вуглеводні аліфатичного ряду. Нафта, яка вивітрилась, після втрати летких і водорозчинних компонентів не дуже токсична і є спостереження відносно поїдання веслоногими часток і, які проходили по їх шлунково-кишковому тракту, не завдаючи шкоди.

Вивчення відповідної реакції планктонного суспільства на розлив нафти в природних умовах дало суперечні результати, але не підтвердило прогнозів, зроблених внаслідок лабораторних експериментів.

Хоч не може бути сумнівів в тому, що забруднення нафтою, в тому випадку, якщо воно достатньо серйозне вбиває на планктонні організми, до сих пір не виявлено інших впливів, ніж часові. Яких би збитків не завдавалось, організми відновлюються після цього, або шляхом відновлення їх зросту, або внаслідок їх проникнення в неторкані впливом області. Так як нафтові вуглеводні розкладаються під дією дріжджів і бактерій , то в основному вони служать джерелом харчування.

Морські птахи отримують негативний вплив у зв'язку з фізичними характеристиками нафти, яка плаває по поверхні, а не з її токсичністю. В тому

випадку коли рідка нафта (або будь-яка поверхнево-активна речовина) забруднить пір'я птахів, то воно втрачає свої водовідштовхуючі властивості. Якщо птаха при цьому залишається на морі , вода проникає в пір'я и витісняє повітря , яке знаходиться між пір'ям і шкірою. Птахи можуть втратити плавучість і утонути, або піддатися гіпотермії і загинути. Птахи намагаються очистити своє пір'я, при цьому вони заковтують велику кількість нафти, яка потім може викликати захворіння кишечника, нирок і серця.

Навіть незначна кількість нафти, засвоєна птахами, пригнічує процеси кладення яєць, а серед відкладених яєць зменшується кількість тих, з яких благополучно вилупляться пташенята. Якщо ж нафта попаде з пір'я птаха на яйця, то ембріон може загинути.

В цілому, непряма дія нафти на розмноження здається набагато менш значною, ніж пряма смертність серед дорослих птахів, і в північній півкулі увагу було сконцентровано саме на цій проблемі. Значного впливу зазнають види, які пірнають, такими є птахи сімейства чистикових (різні види гагарок) і деякі пірнаючі морські вутки.

1.5 Аварійні розливи і їх імовірність

Імовірність аварійних розливів нафти встановлюється за їх можливими сценаріями, які розробляються для кожного виду операцій, пов'язаних з обробкою танкерів:

- прибуття танкеру;
- швартовка, підключення до причалу, роз'єднання;
- розвантаження нафти;
- вихід з ладу системи.

Прибуття танкеру. Ця операція включає прибуття танкеру на якірну стоянку або місце розташування причалу. Прибуття танкеру пов'язане з небезпекою зіткнення танкеру із малим судном. Прогнозована імовірність зіткнення танкеру із малим судном – раз у 20 років, і втрати нафти при цьому будуть дорівнювати нулю. Однак, зіткнення танкеру з великим судном або зі стаціонарним об'єктом може потенційно привести до великих втрат нафти при означених обставинах. Припускається, що серйозна аварія може статися при пошкодженні двох цистерн танкеру, а розрахункові втрати нафти при цьому складуть 20 000 тонн.

Транспортування потенційно небезпечних вантажів була ретельно досліджена Об'єднаним Дослідницьким Центром при Комітеті Європейського Суспільства в Іспрі (Італія) і Технічним Університетом Данії (Romer et al 1993). На основі цієї інформації, імовірність крупних розливів (більше 100 тонн) в будь-якому порту була визначена як $9*10^{-6}$ при одному заході в порт. Наприклад, імовірність хоч би одного зіткнення впродовж року при 408 суднозаходах буде дорівнювати:

$$1 - (1 - 9*10^{-6})^{408} = 3{,}67*10^{-3},$$

або 3,67 випадків в 1000 років, що еквівалентно часу, коли випадок відбувається раз в 272 роки.

Імовірність того, що за нормативний період експлуатації (100 років) хоч би один раз відбудеться розлив складе

$$1 - (1 - 3{,}67*10^{-3})^{100} = 0{,}307 = 30{,}7\ \%.$$

Значення 30,7 % можна трактувати таким чином: в 31-ій із 100 реалізацій процесу обслуговування флоту тривалістю 100 років відбувається хоч б одна аварія з розливом нафти більше 100 тонн.

Швартовка до причалу, підключення та роз'єднання. Ці операції пов'язані з небезпекою пошкодження плаваючих шлангів катером і зіткнення з підводним обладнанням.

Пошкодження плаваючих шлангів при перетині їх судами відбувається імовірністю 1 раз у 20 років. Можливі витоки нафти при цьому складають біля 7 тонн.

Розвантаження нафти. Ця операція відбувається після швартовки танкеру до причалу і з'єднання шлангів до системи розвантаження танкеру. До цього моменту вже проведені іспити та перевірки, встановлений контроль і починається розвантаження сирої нафти.

У цей момент можливі: обрив швартових, вихід з ладу ущільнення і розрив шлангу.

Обрив швартових може привести до надмірної напруги на нафтопроводящому шлангу, що може спричинити втрати до 100 кг нафти на кожному шлангу. Це найпоганіший варіант, і передбачається, що у момент обриву швартових насоси працюють. Якщо насоси не працюють, то більш реальною є цифра витрати нафти – 20–30 літрів. Це викликане тим, що шланги обладнані спеціальними з'єднаннями із подвійною блокіровкою. Швартові мають менш міцну конструкцію, ніж шланг і можуть обірватися 1 раз в 5 років.

За прогнозами , імовірність аварії у разі виходу з ладу ущільнень шлангу складає один раз на два роки, при цьому можливий виток нафти до 10 літрів. При щільності нафти 0,85 кг/дм^3, вона дорівнює втраті 9 кг нафти кожні два роки або 4,5 кг нафти у рік.

Звичайно об'єм витоку, який очікується у випадку пошкодження трубопроводу дорівнює 1000 тонн.

1.6 Методи боротьби з нафтовим забрудненням води

Захисні заходи і очисні роботи зазвичай здійснюються під час розливів нафти в океані, коли можливі контакти з сушею або важливими природними ресурсами. Зусилля по очищенню залежать від обставин розливу. Близькість розливів нафти з густонаселеними районами, гаванями, громадськими пляжами, рибальськими майданчиками, місцями осередку тваринного світу (важливими природними зонами), заповідними місцями; видами, яким загрожує небезпека;

також середовищем існування прибережної лінії (захищеними від припливів обмілинами, трясовинами) впливає на захисні заходи і очисні роботи. Незважаючи на те, що сильні вітри і шторми заважають основним захисним заходам та очищення, вони також сприяють розчинення нафти у воді, доки вона не досягне берега.

Методи боротьби з нафтовим забрудненням води наступні:

1) захист плавучими загородженнями (бонами) берегової лінії від плями нафти на воді;

2) випалювання важких нафтових фракцій;

3) збір нафти і закачування її в спеціальні очисні судна;

4) обробка нафтової плями бактеріями (наприклад, Pseudomonas), розкладницькими вуглеводнями;

5) застосування нових спеціально розроблених диспергуючих агентів - менш токсичних і які більш піддаються біорозкладу, ніж традиційні;

6) прокладка маршрутів супертанкерів подалі від небезпечних вод та екологічно вразливих узбереж;

7) будівництво танкерів з подвійними стінками вантажних ємностей;

8) впровадження нових баластних систем.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПРЕДУМОВИ РОЗРАХУНКУ ДИФУЗІЇ НАФТИ У МОРІ

2.1 Вивід диференційного рівняння

Уявимо, що стався аварійний розлив нафти об'ємом W_O, і нафтова пляма у плані має вигляд кола з початковою концентрацією нафти C_O. Початок системи координат розташуємо 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 адвекції, а переміщення речовини в плямі – турбулентної дифузії.

Оцінка розповсюдження нафтової плями круглої форми на поверхні води за рахунок турбулентності водних мас найбільш просто може бути виконана методом, який оснований на рішенні диференційного рівняння турбулентної дифузії в полярних координатах.

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

Зроблене припущення правомочні, коли пульсації швидкості течії в потоці мають розподіл, близький до нормального, коефіцієнт турбулентної дифузії однаковий вздовж і поперек осередненого вектора швидкості течії, в межах плями швидкості течії в окремих точках незначно відрізняються одне від одного за значеннями і напрямом.

Виділимо на плямі, яка розглядається, сектор із кутом α (рис.2.1). На відстані r від центра концентрацію нафти і її похідну по радіусу позначимо C і $\partial C/\partial r$, а інтенсивність турбулентного переносу та його похідну – q та $\partial q/\partial r$.

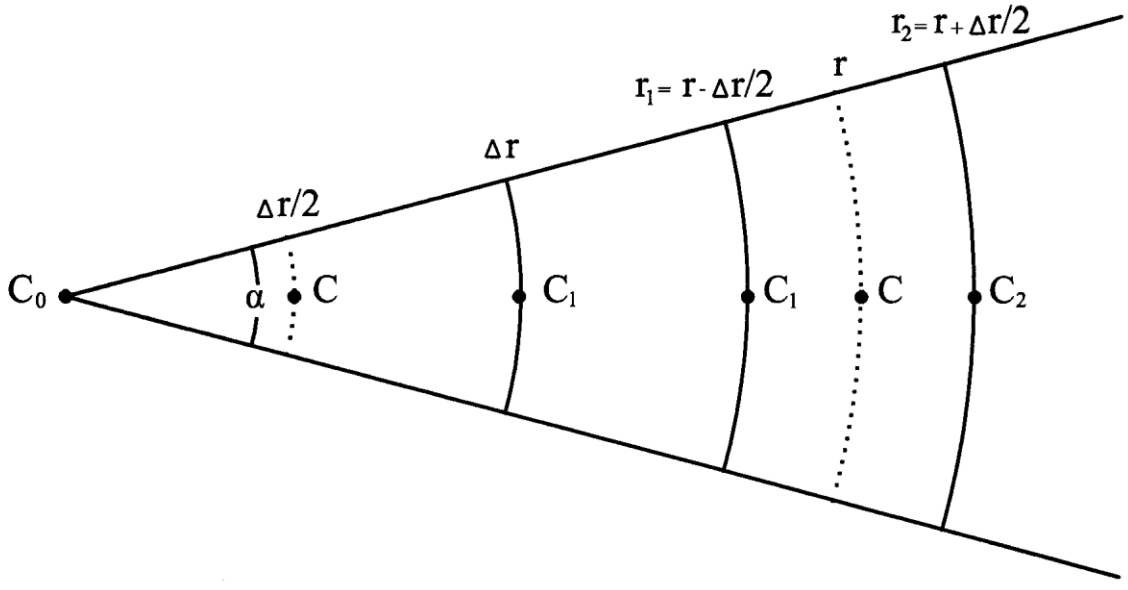

Рис.2. 1 Схема до виводу диференціального рівняння

З двох сторін від концентрації, яка розглядається, проведемо дуги з радіусами $r_1=(r-\Delta r/2)$ і $r_2=(r+\Delta r/2)$, довжина яких відповідно складе αr_1 і αr_2.

Поверхня, обмежена дугами й відрізками радіусів, буде мати площу $\Delta\omega$, яка дорівнює:

$$\Delta\omega = \alpha r \Delta r.$$

Кількість речовини, яка надійшла на контрольну площу через першу дугу за час δt , виражається величиною:

$$m_1 = q_1 \Delta\omega_1 \delta t = q_1 \alpha r_1 \, \delta t = q_1 \alpha \, (r - \Delta r/2) \, \delta t. \qquad (2.1)$$

За цей же час через другу дугу буде винесено:

$$m_2 = q_2 \, \alpha (r + \Delta r/2) \, \delta t. \qquad (2.2)$$

Зміна кількості речовини за рахунок її надходження через дугу 1 і виносу через дугу 2 дорівнює:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \alpha \delta t \, [q_1 (r - \Delta r/2) - q_2 (r + \Delta r/2)] =$$

$$= \alpha \delta t \, [r(q_1 - q_2) - (q_1 + q_2)\Delta r/2]. \qquad (2.3)$$

Представимо різницю і суму величин q_1 і q_2 у наступному вигляді:

$$q_1 - q_2 = -(\partial q/\partial r)\,\Delta r = -\partial/\partial r[-D(\partial C/\partial r)]\Delta r = D(\partial^2 C/\partial r^2)\Delta r,$$

$$(q_1 + q_2)/2 = q = -D(\partial C/\partial r).$$

Тоді формула (2.3) буде мати вигляд:

$$\Delta m = \alpha \delta t [r D(\partial^2 C/\partial r^2)\Delta r - (-D(\partial C/\partial r))\Delta r] =$$

$$= \alpha r \Delta r \delta t [D(\partial^2 C/\partial r^2) + D(\partial C/\partial r)/r] =$$

$$= \Delta\omega \, \delta t [D(\partial^2 C/\partial r^2) + D(\partial C/\partial r)/r]. \qquad (2.4)$$

Крім того, на контрольної поверхні буде трансформовано $\Delta m_H = \Delta\omega C k_H \delta t$ речовини (де k_H – коефіцієнт неконсервативності, 1/с). З врахуванням цього загальне зниження кількості нафти (Δm_3) на поверхні буде дорівнювати:

$$\Delta m_3 = \Delta m + \Delta m_H = \Delta\omega \delta t [D(\partial^2 C/\partial r^2) + D/r \, (\partial C/\partial r) + C k_H]. \qquad (2.5)$$

Процеси виносу, надходження й трансформації речовини визначають зміни її кількості за часом на контрольній поверхні. Ці зміни можна подати у

вигляді:

$$\Delta m_3 = \Delta\omega\delta t\,(\partial C/\partial t). \qquad (2.6)$$

Якщо праві частини рівнянь (2.5) та (2.6) розділити на $\Delta\omega\delta t$, то одержимо:

$$\partial C/\partial t = D(\partial^2 C/\partial r^2) + D/r\,(\partial C/\partial r) + Ck_H. \qquad (2.7)$$

Таким чином, модель розповсюдження речовини при аварійних розливах разом з граничними й початковими умовами буде записана у вигляді:

$$\begin{aligned} &\partial C/\partial t = D(\partial^2 C/\partial r^2) + D/r\,(\partial C/\partial r) + Ck_H, \qquad (2.8)\\ &C(t,r) = C_O, \quad \text{при } t = 0 \text{ і } 0 \le r \le r_O;\\ &C(t,r) = 0, \quad \text{при } t \ge 0 \text{ і } r > r_t, \end{aligned}$$

де C_O – концентрація речовини в початковий момент часу у плямі;
r_O, r_t – радіус плями в початковий момент часу.

2.2 Розв'язання диференціального рівняння

Для виводу розрахункової формули скористуємось диференціальним рівнянням з граничними й початковими умовами (2.8), що дозволить визначити значення концентрації речовини в плямі в різні моменти часу.

У деякий момент часу $t=k\Delta t$ (де Δt – крок в часі) виділимо на плямі нафти сектор з кутом α, розіб'ємо його дугами з кроком Δr на відсіки (рис.2.2), пронумеруємо ці відсіки, починаючи від центра n=1,2,3... Зазначимо, що середні концентрації речовини у відсіках спостерігаються на дугах, які проходять через середину відсіку. Середню концентрацію речовини в момент часу $t=k\Delta t$ в відсіку з номером n позначимо $C_{k,n}$. Вона буде спостерігатись на відстані $r_n=(2n-1)(\Delta r/2)$ від центра. Середні концентрації речовини у відсіках ліворуч і праворуч від відсіку, який розглядається, у той же момент часу позначимо $C_{k,n-1}$, і $C_{k,n+1}$, а концентрацію у відсіку n у подальший момент часу $t_{k+1}=(k+1)\Delta t$ позначимо $C_{k+1,n}$.

Основне рівняння (2.8) у вигляді кінцевих різниць буде записано:

$$\Delta C/\Delta t = D(\Delta^2 C/\Delta r^2) + (D/r)(\Delta C/\Delta r) + k_H C. \qquad (2.9)$$

Запишемо усі різниці в (2.10), використовуючи схему на рис. 2.2:

$$\Delta C/\Delta t = (C_{k+1,n} - C_{k,n})/\Delta t, \qquad (2.10)$$

$$\Delta C/\Delta r = (C_{k,n+1} - C_{k,n-1})/(2\Delta r), \tag{2.11}$$

$$\Delta^2 C/\Delta r^2 = [(\Delta C/\Delta r)_П - (\Delta C/\Delta r)_Л]/\Delta r =$$

$$= [(C_{k,n+1} - C_{k,n})/\Delta r - (C_{k,n} - C_{k,n-1})/\Delta r]/\Delta r =$$

$$= (C_{k,n+1} + C_{k,n-1} - 2C_{k,n})/\Delta r^2, \tag{2.12}$$

$$r = (n\Delta r - \Delta r/2) = \Delta r(n - 1/2) = \Delta r(2n - 1)/2, \tag{2.13}$$

де $(\Delta C/\Delta r)_П$ і $(\Delta C/\Delta r)_Л$ – прирощення концентрації на правій і лівій межах відсіку з номером n.

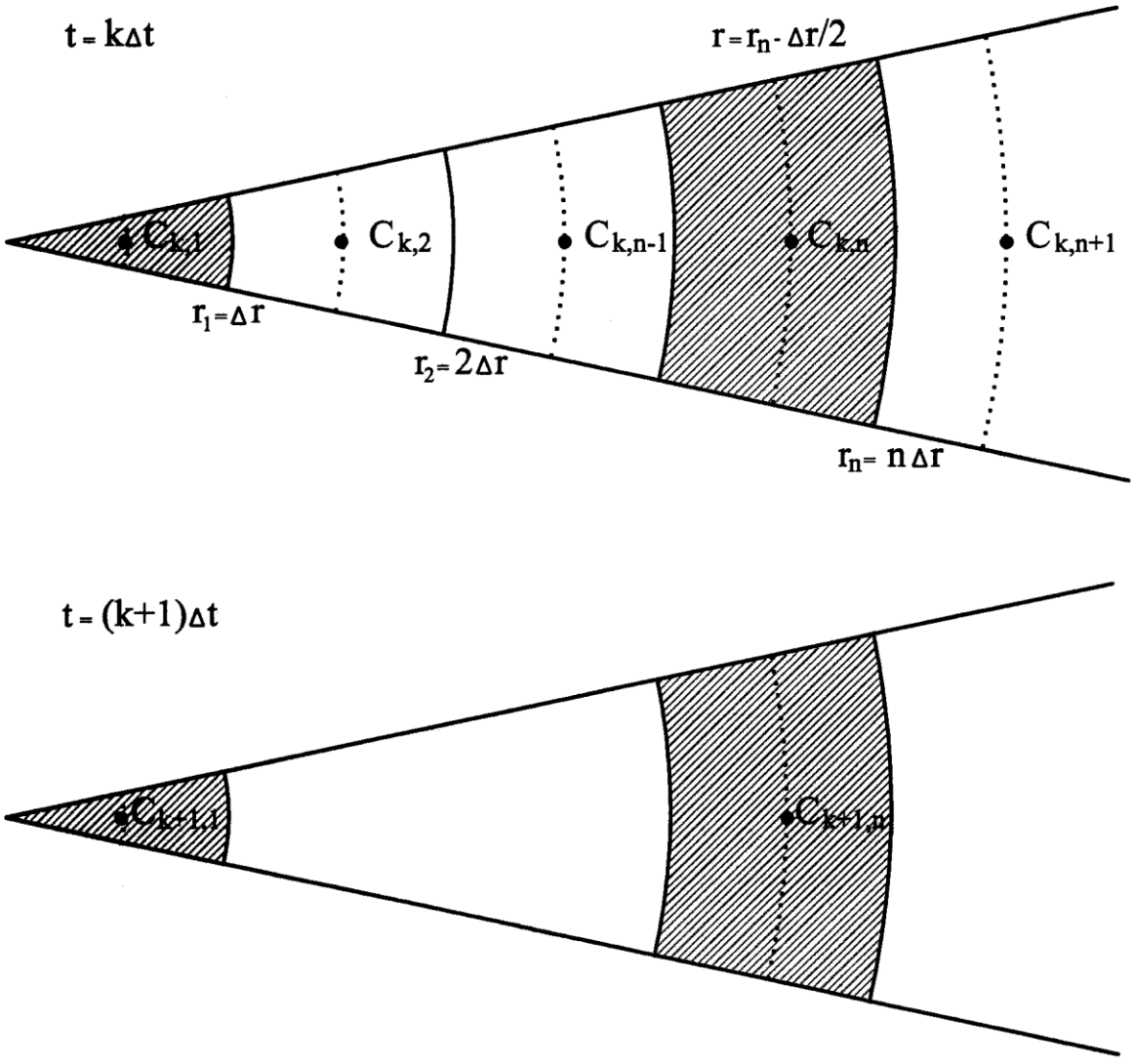

Рис. 2.2 Схема до виводу розрахункової формули

Підставивши ці вирази в формулу (2.9), розкривши дужки і вирішивши її відносно $C_{k+1,n}$, отримаємо:

$$C_{k+1,n} = (1 - 2a + k_H \Delta t) C_{k,n} + a(bC_{k,n+1} + dC_{k,n-1}), \quad (2.14)$$

де $a = D\Delta t/\Delta r^2$; $b = 2n/(2n-1)$; $d = 2(n-1)/(2n-1)$.

Формулу (2.14) можна спростити, прийнявши а = 0,25 , тоді

$$C_{k+1,n} = (0{,}5 + k_H \Delta t) C_{k,n} + 0{,}25(bC_{k,n+1} + dC_{k,n-1}), \quad (2.15)$$

при $\Delta t = \Delta r^2/(4D)$ і $\Delta t < 0{,}5/(-k_H)$.

Сума коефіцієнтів у формулах (2.14) і (2.15) дорівнює $(1+k_H\Delta t)$. Це означає, що кількість речовини від одного моменту часу до другого зменшується в $(1+k_H\Delta t)$ разів (значення коефіцієнту k_H негативні). Тоді перевіркою на вірність виконання розрахунків буде вираз:

$$\sum_{1}^{n_k} C_{k,n}(2n-1) = C_O\, n_O{}^2 (1+k_H\Delta t)^k, \quad (2.16)$$

де n_k – кількість кілець у плямі в момент часу k;
k – номер кроку у часі з моменту розливу;
C_O – початкова концентрація речовини;
n_O – кількість кілець у плямі у початковий момент часу.

2.3 Вихідні дані та послідовність розрахунку

Вихідні дані.

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 розлитої 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:

$$r_O = \sqrt{W_O/\pi/0{,}001}. \quad (2.17)$$

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

$$\Delta r = r_O/n_O, \quad n_O \geq 2. \quad (2.18)$$

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

$$V_T = k_T * \overline{V_B \sqrt{3 + 10h}}, \qquad (2.19)$$

де k_T – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта Шезі C, що визначається за табл. 2.1;

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

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

Таблиця 2.1 – 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:

$$D = g*H*V_T/(M*C), \qquad (2.20)$$

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

5. Розраховується крок у часі:

$$\Delta t = \Delta r^2/(4D)\ . \qquad (2.21)$$

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

$$T_Б = L/V_T. \qquad (2.22)$$

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

$$K_Б = T_Б/\Delta t, \qquad (2.23)$$

8. Розраховується початкова концентрація нафти:

$$C_O = M_O/(\pi * r_O^2). \qquad (2.24)$$

9. В n_O перших кілець, починаючи від центра плями, записується початкова концентрація C_O. За формулою (2.14) або (2.15) розраховується концентрація речовини в наступний момент часу (через Δt). Розрахунок

ведеться покрокове від одного моменту часу до другого. Розрахунок закінчується у момент контакту плями з берегом.

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

$$\sum_{1}^{n_k} C_{k,n}(2n-1) = C_O\, n_O^2 (1 - k_P\, \Delta t)^k \qquad (2.25)$$

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. 2.2.

Врахування випаровування нафти виконується за формулою :

$$\varsigma = \varsigma^* \{1 - \delta u[1 - \exp(-\kappa t)]\}, \qquad (2.26)$$

де ς - концентрація нафти з урахуванням випаровування;

ς^*- концентрація нафти без урахування випаровування;

δu – об’єм повного випаровування легких фракцій по відношенню до початкового об’єму, в долях одиниці;

$\kappa = 1n2/\tau$;

τ - інтервал часу, за який випаровується половина легких фракцій (по аналогії з періодом напіврозпаду).

Таблиця 2.2 - Характеристика розкладання розлитої нафти

Час після розливу, год	Об’єм нафти, яка випарилася (літо/зима)% від Vo	Вміст води у нафті % від Vo (літо/зима)	Об’єм плями нафти на воді, % від Vo (літо/зима)	Об’єм дисперсированної 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
6	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

Розрахунок зручно виконувати в табличному редакторі EXCEL.

Етапи розрахунку:

а) спочатку формується перша частина табл. 3.1 (див. приклад розрахунку) – вихідні дані;

б) далі виконуються попередні розрахунки і заповнюється друга частина табл. 3.1;

в) потім формується табл. 3.2 з основним розрахунком.

Наприкінці записуються висновки з основними результатами розрахунків.

3 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

3.1 Приклад розрахунку

Вихідні дані: первинний розлив складає 25 т; щільність нафти складає 0,85 т/м^3; товщина нафтової плівки наприкінці гравітаційного розтікання – 0,001 м; середня швидкість вітру на висоті 2 м над поверхнею води – 6,5 м/с; висота хвиль – 1,25 м; коефіцієнт Шезі – 30 м^{0,5}/с; глибина акваторії – 15,0 м; відстань від берегу – 35 км; коефіцієнт розпаду нафти – 0,011 доб.$^{-1}$

Рішення.

1. Діаметр плями після гравітаційного розтікання дорівнює:

$r_O = \sqrt{25/0,85 / (0,001*3,14)} = 96,79$ (м).

2. Вважаємо $\Delta r = 32,26$ м; $n_O = 3$.

3. Швидкість вітрової течії становить:

$V_C = 0,0027*6,5 \sqrt{3 + 10*1,25} = 0,069$ м/с.

4. Коефіцієнт турбулентної дифузії складає:

$D = 9,8*15,0*0,069/(30*27) = 0,0125$ м^2/с.

5. Крок у часі буде дорівнювати:

$\Delta t = 32,26^2/(4*0,0125) = 20810$ (с) = 5,781 (г) = 0,2409 (діб).

6. У такому разі пляма нафти досягне берегу за

$T_Б = 35000/0,069 = 140,9$ (г) = 5,871 (діб).

7. Кількість кроків у часі до контакту з берегом складе

$K_Б = 5,871 / 0,2409 = 24,37 \approx 24$.

8. Початкова концентрація нафти у плями буде дорівнювати:

$C_O = 25000 / (3,14*96,79^2) = 0,850$ (кг/м^2) = 850 (г/м^2).

9. Розрахунок дифузії нафтової плями наведений в табл.3.

10. Початкова перевірочна сума складає:

$C_O\, n_O^2 = 850*3^2 = 7650.$

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

$C_O\, n_O^2(1- k_P\, \Delta t)^k = 7650*(1- 0{,}011*0{,}2409)^k = 7650*0{,}99735^k.$

11. Спираючись на формулу (2.26), розраховуємо концентрацію нафти з урахуванням випаровування:

$\varsigma^* = 245$ г/м^2

По табл.2.2 знаходимо, що об'єм повного випаровування легких фракцій по відношенню до початкового об'єму (в долях від одиниці) дорівнює 0.419.

τ для літнього періоду приблизно дорівнює 1.2 год. Тоді:

к = 1n2/τ=1n2/1,2=0.578;

τ для зимового періоду приблизно дорівнює 3,1 год. Тоді:

к = 1n2/τ=1n2/3,1=0.224;

t=kΔt

Знаходимо

для літа: ς=ς*{l-δu[l-exp(-кt)]}=245*{l-0,419[l-exp(-0,578*t)]}=145,9 г/м^2 ,

для зими: ς=ς*{l-δu[l-exp(-кt)]}=245*{l-0,419[l-exp(0,224*t)]}=170,1 г/м^2

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати попередніх розрахунків

Вихідні дані	
Первинний розлив, т	25
Щільність нафти, т/м^3	0,85
Товщина нафтової плівки після гравітаційного розтікання, м	0,001
Середня швидкість вітру у напрямку берегу, м/с	6,5
Висота хвиль з забезпеченістю 1% у системі, м	1,25
Глибина акваторії, м	15,0
Коефіцієнт Шезі	30
Відстань від берегу, км	35,0

Результати попередніх розрахунків	
Початковий радіус плями, м	96,79
Крок у просторі Δr, м	32,26
Кількість кілець у початковий момент часу n_O	3
Швидкість вітрової течії, м/с	0,069
Коефіцієнт турбулентної дифузії, $м^2/с$	0,0125
Крок у часі Δt, діб	0,2409
Пляма нафти достигне берегу через, діб	5,871
Кількість інтервалів часу, коли пляма достигне берегу	24
Початкова концентрація нафти у плями, $г/м^2$	850
Початкова перевірочна сума	7650

Висновки.

По результатах розрахунків можемо зробити такі висновки:

1. Пляма досягне берегу через 5,87 діб.
2. Радіус плями наприкінці розрахункового часу ($24\Delta t$ = 5,8 діб) складе $(24+3)\Delta r = 27*32,26 = 871$ м.
3. Загальна площа поверхні під нафтовою плямою дорівнює приблизно $3,14*871^2 = 2,38$ $км^2$.
4. Максимальна концентрація нафти у плямі без обліку випаровування складає 245 $г/м^2$.
5. З врахуванням випаровування влітку концентрація нафти у плямі складає 145,9 $г/м^2$, з врахуванням випаровування взимку – 170,1 $г/м^2$.

Таблиця 3 – Розрахунок дифузії плями

n	$2n$-1	$0{,}25b$	$0{,}25d$	Ck,n, г/м^2										
				k=0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0,500000	0,000000	850,000	847,748	845,501	800,760	744,333	688,295	636,596	590,172	548,878	512,214	479,608
2	3	0,333333	0,166667	850,000	847,748	760,501	692,150	636,203	588,545	547,122	510,711	478,459	449,718	423,969
3	5	0,300000	0,200000	850,000	592,748	518,995	475,504	444,223	419,081	397,500	378,284	360,830	344,799	329,984
4	7	0,285714	0,214286	0,000	182,143	217,606	231,004	236,352	237,869	237,210	235,160	232,164	228,514	224,415
5	9	0,277778	0,222222	0,000	0,000	40,476	68,488	87,952	101,860	112,016	119,513	125,043	129,073	131,929
6	11	0,272727	0,227273	0,000	0,000	0,000	9,199	20,141	30,585	39,917	48,046	55,046	61,035	66,135
7	13	0,269231	0,230769	0,000	0,000	0,000	0,000	2,123	5,704	10,028	14,624	19,210	23,629	27,795
8	15	0,266667	0,233333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,495	1,577	3,155	5,096	7,274	9,587
9	17	0,264706	0,235294	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,117	0,429	0,963	1,709	2,637
10	19	0,263158	0,236842	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,115	0,287	0,556
11	21	0,261905	0,238095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,031	0,084
12	23	0,260870	0,239130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,008
13	25	0,260000	0,240000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	27	0,259259	0,240741	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	29	0,258621	0,241379	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16	31	0,258065	0,241935	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	33	0,257576	0,242424	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	35	0,257143	0,242857	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	37	0,256757	0,243243	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	39	0,256410	0,243590	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	41	0,256098	0,243902	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ліва частина (25)				7650,000	7629,728	7609,509	7589,344	7569,232	7549,173	7529,168	7509,216	7489,316	7469,470	7449,675
Права частина (25)				7650,000	7629,728	7609,509	7589,344	7569,232	7549,173	7529,168	7509,216	7489,316	7469,470	7449,675

Продовження табл. 3

Ck,n, г/м^2													
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
450,518	424,460	401,021	379,848	360,643	343,156	327,174	312,516	299,028	286,579	275,056	264,360	254,408	**245,126**
400,790	379,831	360,800	343,452	327,581	313,010	299,592	287,197	275,715	265,051	255,123	245,857	237,192	229,071
316,236	303,443	291,514	280,370	269,943	260,170	250,997	242,375	234,259	226,609	219,388	212,564	206,106	199,987
220,018	215,435	210,752	206,033	201,326	196,665	192,078	187,582	183,191	178,913	174,755	170,719	166,805	163,015
133,856	135,037	135,619	135,715	135,418	134,804	133,934	132,858	131,618	130,247	128,774	127,222	125,610	123,954
70,457	74,100	77,151	79,688	81,774	83,470	84,824	85,881	86,680	87,253	87,629	87,835	87,892	87,821
31,667	35,228	38,478	41,424	44,082	46,468	48,600	50,496	52,174	53,653	54,948	56,076	57,052	57,888
11,957	14,326	16,653	18,908	21,070	23,127	25,070	26,896	28,603	30,193	31,667	33,030	34,286	35,439
3,714	4,905	6,177	7,502	8,857	10,221	11,578	12,916	14,224	15,495	16,722	17,902	19,031	20,108
0,923	1,385	1,933	2,556	3,242	3,979	4,755	5,560	6,385	7,222	8,062	8,900	9,731	10,549
0,176	0,314	0,500	0,736	1,021	1,351	1,723	2,132	2,573	3,042	3,534	4,045	4,569	5,103
0,024	0,055	0,104	0,176	0,272	0,395	0,545	0,722	0,925	1,152	1,402	1,673	1,963	2,269
0,002	0,007	0,017	0,034	0,060	0,098	0,149	0,214	0,294	0,389	0,500	0,627	0,768	0,924
0,000	0,001	0,002	0,005	0,011	0,020	0,035	0,055	0,082	0,117	0,160	0,212	0,273	0,343
0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,007	0,012	0,020	0,031	0,045	0,064	0,087	0,116
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,007	0,011	0,017	0,025	0,035
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004	0,006	0,010
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7429,934	7410,245	7390,607	7371,022	7351,489	7332,008	7312,578	7293,199	7273,872	7254,597	7235,372	7216,198	7197,075	7178,003
7429,934	7410,245	7390,607	7371,022	7351,489	7332,008	7312,578	7293,199	7273,872	7254,597	7235,372	7216,198	7197,075	7178,003

3.2 Завдання для виконання курсового проекту

Типовий курсовий проект “Оцінка розповсюдження нафти в морі при її аварійних розливах” виконується за варіантами даних нафтових розливів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Вихідні дані

№ варі-анту	Маса розливу, т	Щіль-ність нафти, т/м^3	Почат-кова товщина плівки, м	Середня швид-кість вітру, м/с	Висота хвиль 1% у системі, м	Коефі-цієнт Шезі, м^{0,5}/с	Кількість кілець, n_O	Глибина акваторії, м	Відстань від берегу, км
1	40	0,85	0,001	5,0	1,25	31	4	18	27
2	28	0,85	0,001	6,3	1,25	30	4	15	25
3	24	0,85	0,001	5,5	1,25	33	3	17	29
4	32	0,85	0,001	6,8	1,25	32	3	20	33
5	30	0,85	0,001	7,1	1,25	34	3	21	45
6	37	0,85	0,001	7,0	1,25	35	4	22	34
7	26	0,85	0,001	6,7	1,25	30	3	19	30
8	33	0,85	0,001	6,5	1,25	30	3	16	36
9	35	0,85	0,001	6,0	1,25	34	4	17	28
10	27	0,85	0,001	6,1	1,25	31	4	15	26
11	36	0,85	0,001	5,9	1,25	33	3	23	41
12	30	0,85	0,001	5,8	1,25	30	3	22	35
13	34	0,85	0,001	6,2	1,25	35	4	20	31
14	31	0,85	0,001	6,6	1,25	34	3	19	39
15	29	0,85	0,001	5,7	1,25	32	3	18	37

Завдання курсового проекту: 1) розрахувати час коли пляма досягне берегу; 2) визначити радіус плями та її площу наприкінці розрахункового часу (у момент контакту плями з берегом); 3) розрахувати максимальне значення концентрації нафти в плямі з врахуванням її неконсервативності при контакті з берегом; 4) розрахувати концентрацію нафти з урахуванням випаровування влітку та взимку.

Курсовий проект повинен складатись з вступу, трьох глав і висновків:

у вступі студент викладає завдання, варіант і склад роботи, а також вказує на актуальність проблеми забруднення вод Світового океану нафтопродуктами;

у першій главі використовуючи розділ 1 даних методичних вказівок, викладаються особливості поведінки розлитої нафти у морі, опис проблеми нафтового забруднення та імовірність аварійних розливів. Студент до цієї глави може самостійно знайти інформацію, що стосується впливу нафто забруднення на навколишнє середовище та гідробіонтів;

використовуючи [1–4] і розділ 2 вказівок, складається друга глава щодо

теоретичних основ розрахунків;

третя глава є самостійною розрахунковою частинною роботи, вона виконується згідно п. 2.3;

на основі виконаної роботи складаються висновки.

Після висновків наводиться перелік літературних джерел, які використовувались при написанні курсового проекту.

Робота оформлюється згідно методичних вказівок до оформлення курсових робіт [5]. Готовий курсовий проект подається на перевірку викладачу, який веде практичні роботи.

Після отримання роботи у викладача студент повинен виправити помилки, якщо вони були, і захистити роботу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища». – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 179 с.
2. Збірник методичних вказівок до самостійної роботи студентів заочної форми навчання з дисциплін кафедри прикладної екології (рівень підготовки – бакалавр; напрям підготовки – 0708 “Екологія”)/ Т.А.Сафранов, Ю.М.Соколов, А.Л.Цикало, Л.М.Полетаєва, Т.П.Шаніна, С.М.Юрасов, А.В.Чугай, Н.В.Грабко, В.А.Кузьміна. – Одеса: «Екологія», 2005. – 138 с.
3. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. проф. Караушева А.В./ – Л: ГИМИЗ, 1987.
4. Караушев А.В. Речная гидравлика. – Л: ГИМИЗ, 1969.– 461с.
5. Методичні вказівки до оформлення курсових та дипломних проектів (робіт). Одеса: ОДЕКУ, 1998. – 16 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

по організації самостійної роботи студентів при
виконанні курсового проекту з дисципліни
«**Моделювання та прогнозування стану довкілля**»
для студентів III курсу природоохоронного факультету. Напрям підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»
ПДВ: Е-4, Е-6, Е-9

Укладач:

Романчук М.Є.

Підп. до друку Формат Папір офсетний

Умовн. друк. арк. Тираж Зам. №

Надруковано з готових оригінал-макетів

Одеський державний екологічний університет
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

по організації роботи студентів при виконанні курсового проекту
з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля»
для студентів III курсу природоохоронного факультету
Напрям підготовки 6.040106 «Екологія,
охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»
ПДВ: Е-4, Е-6, Е-9

«Затверджено»

на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
протокол № 9 від 15.05 2014 р.
декан факультету_____Чугай А.В.

«Затверджено»

на засіданні кафедри прикладної екології
протокол № 8 від 6.05 2014 р.
зав. кафедри_____ Сафранов Т.А.

Одеса-2014