

УДК 628.1

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-1/12>**Голик О.П.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Жесан Р.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Мірошніченко М.С.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Ісмаїл Мухаммед

Центральноукраїнський національний технічний університет

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВИБОРУ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ВІД НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ

Забруднення природного середовища нафтою та нафтопродуктами є однією з багатьох екологічних проблем. При транспортуванні нафтопродуктів відбуваються великі втрати нафти, що в свою чергу сприяє виникненню полів забруднення у морських водах. Нафтові плями на поверхні води можуть залишатись досить тривалий період часу.

Заходи з очищення від нафтових забруднень не дають змогу повністю усунути дану проблему. Тому площа забруднених територій зростає і формуються техногенні скупчення в при поверхневій гідросфері. Універсального методу очищення вод від нафтопродуктів не існує, кожен метод має свої переваги та недоліки. Крім того, в деяких випадках необхідно своєчасно та швидко визначити вид та ступінь забруднення і обрати оптимальний метод для очистки даного забруднення. Людина не завжди може належним чином виконати це завдання, оскільки рішення доводиться приймати в умовах невизначеності.

Одним з ефективних методів розв'язання цієї проблеми є використання роботів зі штучним інтелектом, який за допомогою бази даних та бази знань, шляхом ідентифікації та використання методів прийняття рішень зміг би оцінити вид та ступінь нафтових забруднень і в результаті обрати оптимальний метод для очистки водних ресурсів від нафтових забруднень.

У статті розглянуто основні методи очистки вод від нафтових забруднень, виявлено фактори, що впливають на вибір методу очищення води від нафтових забруднень. Для вибору методів очищення запропоновано використати критерії прийняття рішень в умовах невизначеності, а саме: критерій Вальда, критерій Лапласа, критерій Гурвіца та критерій Севіджа. Наведено альтернативи для прийняття рішень та фактори, що впливають на прийняття рішень. Побудовано матрицю рішень.

Запропоновано методіку пошуку оптимального рішення щодо вибору методів очистки водних ресурсів від нафтових забруднень. Для реалізації даної методіки необхідно матрицю рішень заповнювати згідно даних анкет, фахівцями та експертами відповідних галузей. Було визначено, що оптимальним рішенням щодо вибору методу очистки вод від нафтових забруднень є біологічний метод.

Отримані результати дозволять у подальшому провести ідентифікацію даних та виявити взаємозв'язки між видом забруднення та методом його очищення. В результаті чого можна буде створити базу даних та базу знань для робота зі штучним інтелектом, який зможе безпосередньо у місці забруднення виконувати відповідні очисні заходи.

Ключові слова: нафтові плями, штучний інтелект, прийняття рішень, критерій Вальда, матриця рішень, методи очистки, автоматизація.

Постановка проблеми. Однією з екологічних проблем у водних ресурсах є забруднення вод нафтопродуктами. Наразі не існує універсального методу, який би дозволив виконувати очищення вод від нафти та нафтопродуктів. Це залежить від виду забруднення, його кількості та територіального розташування місця розливу нафти. Тому для

різних видів розливів використовують найбільш прийнятні методи для даного виду забруднення.

В якості прикладу розглянуто випадки, коли розливи нафтопродуктів відбулися в морських водах. Пропонується розробити робота зі штучним інтелектом, який зможе безпосередньо у місці забруднення здійснювати моніторинг та ідентифікацію

даних, що дозволить визначити оптимальний метод очистки морських вод від нафтових забруднень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виконано огляд видів нафтових забруднень стічних вод та методів очистки. Авторами зазначено, що не існує універсальних схем очищення вод від нафтових забруднень. Як показує досвід, при проектуванні конкретних очисних технологій в розрахунок повинні прийматися певні та конкретні показники. Також слід враховувати територіальні, фінансові та експлуатаційні можливості.

В [2, с. 229] авторами розглянуто способи очистки морських акваторій від нафтових забруднень. Наведено механічні, фізико-хімічні та біологічні способи. Проведено аналіз кожного способу та виявлено їх переваги та недоліки. Механічні та фізико-хімічні методи здатні видалити нафту з поверхні води, однак при боротьбі з емульсованою нафтою та тонкою плівкою вони практично безсилі. Авторами запропоновано усунути цей недолік за допомогою біоремедіаційного способу очистки водної екосистеми.

Біоремедіація – це використання технологій та пристроїв, що призначені для біологічного очищення ґрунтів, водоймищ та ін. [3, с. 6]. Авторами розглянуто різні типи технологій біоремедіації залежно від того, чи проводиться вона безпосередньо у місці забруднення або поза ним. В роботі наведено результати експериментальних досліджень очистки ґрунту від нафтових забруднень за допомогою методу санування. Оскільки в нашому випадку необхідно дослідити методи очистки водних ресурсів, то даний метод в подальшому не буде розглядатися.

Робота [4, с. 26] присвячена автоматизації процесів біологічної очистки стічних вод підприємств нафтової промисловості. Авторами використано нейронну мережу в задачі керування комплексом очисних споруд, яка дозволяє прогнозувати значення показників якості очищеної води, згідно вимірюваних на вході показників неочищеної води. Для розв'язання даної задачі використано керування «з попередженням». Однак розроблену нейронну мережу не можна використовувати для будь-яких місцевостей, оскільки вона навчена для конкретного підприємства нафтової промисловості.

В [5, с. 22] авторами виконано порівняльний аналіз способів очистки водоймищ від нафтових плям. Наведено переваги та недоліки методів і виконано їх аналіз. Автори стверджують, що кожний метод слід використовувати в залежності від

конкретної аварійної ситуації, а найбільш безпечним та ефективним є біологічний метод очистки нафтових забруднень.

В роботах [6, с. 38; 7, с. 222] запропоновано для очистки поверхні води використовувати мульти-робота, який запобігає розповсюдженню нафтових плям. Основними компонентами робота є модуль GPS, модуль передавача та цифровий компас, мікроконтролер і регулятор напруги. Однак робот не виконує очистку води від нафтових плям, а запобігає зростанню площі нафтових забруднень. Для реалізації поставленої в роботі мети необхідно мати близько сотні таких роботів.

У джерелі [8, с. 65] зазначено, що серед методів, які успішно використовуються для вирішення проблеми ліквідації наслідків забруднень нафтою та нафтопродуктами, сорбційне очищення води є одним з ефективних способів. Було проведено лабораторні дослідження, в результаті яких гіпотезу було підтверджено експериментальними даними. Однак розроблений авторами метод ще у стадії розробки.

У роботі [9] виконано аналіз існуючих технологій очистки поверхні води від нафтових забруднень. Автором зазначено, що ці технології потребують удосконалення, проте запропоновані роботи краще працюють, ніж комерційні скімери у важкодоступних місцях.

Авторами запропоновано сорбент на основі гідрооксидів заліза та алюмінію [10, с. 9]. Процес очистки стічних вод, що містять нафтопродукти, здійснювався як за рахунок зовнішньої дифузії іонів до поверхні зерна адсорбенту, так і за рахунок внутрішньої дифузії іонів за мезо- і макропорами всередині зерна. Дослідження показали, що отриманий сорбент дозволяє виконувати очистку стічних та промивних вод гальваноцеху до прийнятих норм. Метод буде розглянуто в подальшій роботі при пошуку оптимальних методів очистки водних ресурсів від нафтових забруднень.

Аналіз наведених вище робіт показав, що при виборі методів очищення вод від нафтових забруднень слід враховувати територіальні, фінансові та експлуатаційні показники. Кожен метод має свої переваги та недоліки, тому використання методу очистки залежить від багатьох факторів. Однак у більшості робіт автори стверджують, що найбільш безпечними та ефективними методами очистки вод від нафтових забруднень є біологічні методи.

Постановка завдання. Враховуючи вищеведене, можна сказати, що вибір оптимального рішення щодо методу очистки водних ресурсів

від нафтових забруднень доводиться приймати в умовах невизначеності. Оскільки на вибір методу впливають багато факторів (проникність середовища, вартість очисних технологій, самоочищення, вид та кількість забруднювачів, тощо), то людині важко своєчасно оцінити одночасно вплив всіх факторів. Таким чином пропонується розробити робота зі штучним інтелектом, який за допомогою бази даних та бази знань, шляхом ідентифікації зміг би повністю оцінити вид та ступінь забруднення і в результаті обрати оптимальний метод для очистки водних ресурсів від нафтових забруднень.

Метою статті є виявлення факторів, що впливають на вибір оптимального рішення щодо вибору метода очищення водних ресурсів від нафтових забруднень.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для пошуку оптимальних рішень щодо вибору методів очистки водних ресурсів від нафтових забруднень, скористаймося методами теорії прийняття рішень в умовах невизначеності [11, с. 542; 12, с. 117], в яких дані для прийняття рішення звичайно задаються у вигляді матриці, рядки якої відповідають можливим діям (альтернативним рішенням), а стовбці – можливим станам системи. Тобто, в якості альтернативних рішень $A_1, A_2, \dots, A_p, \dots, A_n$ – методи та способи очистки вод від нафтових забруднень.

Факторами, що впливають на прийняття рішення при виборі альтернатив, є множина $A\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p, \dots, \lambda_m\}$. Кожній дії A_i і кожному стану λ_j відповідає очікуваний результат $U_{ij}(A_i, \lambda_j)$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$, що визначає перевагу даної дії. Очікувані результати матриці $\{U_{ij}\}$ формуються за 10-бальною приведеною шкалою (1 – найгірший результат, 10 – найкращий результат) [11, с. 542; 12, с. 118].

В основному нафтопродукти знаходяться у вільному (грубо дисперсному) стані, що утворюють плівку або шар на поверхні води. Тому в нашому випадку було розглянуто саме такий вид забруднення.

Для такого виду забруднення використовують наступні методи очистки вод від нафтових забруднень:

- 1) самоочищення;
- 2) електрокоагуляція (за допомогою електролітів);
- 3) механічні (відстоювання);
- 4) фізико-хімічні (флотація, коалесценція, адсорбція, хімічний);
- 5) біологічний (за допомогою аеробних мікроорганізмів, на основі іммобілізованих мікроор-

ганізмів, за допомогою активних нафтодеструкторів).

Фактори, що впливають на вибір того чи іншого методу:

- проникність середовища;
- простота конструкції необхідного для очищення обладнання та апаратури;
- вид та кількість забруднення;
- дисперсний стан нафтопродуктів (вільний, емульсований, розчинний);
- розповсюдження забруднення;
- ступінь забруднення;
- концентрація нафтопродуктів;
- вартість необхідного для очищення обладнання та апаратури;
- вплив на очисні споруди;
- використання електроенергії для роботи обладнання;
- екологічність роботи очисного обладнання;
- вимоги до якості очищеної води;
- вплив на органолептичні властивості води;
- безпечність роботи обладнання;
- вплив на фізико-хімічні та бактеріологічні властивості води;
- небезпека акумуляції шкідливих речовин тканинами тварин та риби, що вживають в їжу;
- вплив на життєдіяльність організмів, що знаходяться у забруднених водах.

Методи механічної очистки дозволяють «втягувати» з вод нафтопродукти у грубо дисперсному стані, і тому вони використовуються з іншими, більш чутливими методами. Відстоювання відбувається за допомогою спеціальних різних реагентів, пісколовок, нафтоуловлювачів тощо.

Біохімічний спосіб відбувається за допомогою аеробних мікроорганізмів, але при цьому необхідне попереднє відстоювання.

Хімічний метод слід використовувати разом з фільтрацією або відстоюванням. Широке використання у фізико-хімічній обробці отримали флотація та сорбція.

Переваги електрокоагуляції: не потребує використання реагентів; простота конструкцій та апаратури; невисока вартість. Основними недоліками є потреба у великій кількості електроенергії та можливість утворення вибухонебезпечних сумішей водню.

Електрофлотатори, напірні та пневматичні флотатори, пінні сепаратори, як правило, громіздкі та мають більшу робочу глибину, складні в обслуговуванні і при монтажі. Електрофлотація має такі переваги: високий ступінь дисперсності газових бульбашок та відносна чистота

їх поверхні; можливість плавного регулювання швидкості процесу, шляхом зміни ступеню насичення рідини бульбашками газу в широких межах; надійність роботи обладнання; простота виготовлення апарату та його обслуговування. Головною перевагою є висока ступінь очистки за короткий час, безшумність роботи, відсутність частин, що обертаються, можливість утилізації видобутих компонентів.

Перевагами адсорбції є: компактність обладнання; можливість очистити воду від широкого спектру забруднювачів; можливість використання різних сорбентів (глина, пісок, торф, тощо).

З наведеної вище інформації можна зробити висновок, що використання одного методу не дасть можливість повністю усунути нафтові забруднення. Таким чином, альтернативами для прийняття рішення щодо вибору методу очищення вод від нафтових забруднень є:

- A1 – самоочищення; A17 = A1+A2+A4;
- A2 – електрокоагуляція; A18 = A1+A2+A5;
- A3 – механічний метод; A19 = A1+A3+A4;
- A4 – фізико-хімічний метод; A20 = A1+A3+A5;
- A5 – біологічний метод; A21 = A1+A4+A5;
- A6 = A1+A2; A22 = A2+A3+A4;
- A7 = A1+A3; A23 = A2+A3+A5;
- A8 = A1+A4; A24 = A2+A4+A5;
- A9 = A1+A5; A25 = A3+A4+A5;
- A10 = A2+A3; A26 = A1+A2+A3+A4;
- A11 = A2+A4; A27 = A1+A2+A3+A5;
- A12 = A2+A5; A28 = A1+A2+A4+A5;
- A13 = A3+A4; A29 = A1+A3+A4+A5;
- A14 = A3+A5; A30 = A2+A3+A4+A5;
- A15 = A4+A5; A31 = A1+A2+A3+A4+A5.
- A16 = A1+A2+A3;

Зважаючи на велику кількість факторів, що впливають на вибір тієї чи іншої альтернативи, було прийнято рішення скоротити кількість факторів, шляхом їх об'єднання. Таким чином факторами, що впливають на прийняття рішення є:

- λ_1 – ступінь забруднення;
- λ_2 – екологічність роботи очисного обладнання;
- λ_3 – витрати при експлуатації очисного обладнання;
- λ_4 – вартість очисного обладнання;
- λ_5 – вплив на життєдіяльність організмів, що проживають у забрудненому середовищі;
- λ_6 – територіальне розповсюдження забруднення;
- λ_7 – можливість утилізації видобутих речовин.

В табл. 1 наведено матрицю рішень для пошуку оптимального рішення щодо вибору методів очистки водних ресурсів від нафтових забруднень.

Рядки та стовбці матриці рішень необхідно заповнювати згідно даних, що надають в анкетах-

опитування експерти та фахівці у даній галузі. Тому для прикладу було використано довідникові дані [1, с. 10; 3, с. 7].

Оптимальне рішення автори знаходять за допомогою відомих критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності: Вальда, Лапласа, Гурвіца, Севіджа [11, с. 542; 12, с. 118].

Таблиця 1

Матриця рішень

Альтернативи	ФАКТОРИ							Критерії			
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	Вальда	Лапласа	Гурвіца	Севіджа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1	2	10	10	10	1	1	1	1	5,0	6,1	9
A2	6	8	3	6	5	4	6	3	5,4	5,9	5
A3	3	6	8	7	6	5	3	3	5,4	5,9	5
A4	7	6	7	6	5	8	10	5	7,0	7,9	5
A5	9	9	8	7	6	9	7	6	7,9	7,7	3
A6	4	10	2	7	5	4	5	2	5,3	6,6	8
A7	3	5	3	8	4	5	2	2	4,3	5,4	6
A8	5	7	3	7	3	6	9	3	5,7	6,4	6
A9	6	9	4	9	5	5	4	4	6,0	6,9	5
A10	4	9	3	6	4	5	3	3	4,9	6,4	6
A11	5	10	3	6	3	7	10	3	6,3	7,0	7
A12	3	9	4	6	7	7	4	3	5,7	6,4	6
A13	6	7	5	5	4	6	10	4	6,1	7,4	6
A14	4	8	6	4	7	7	5	4	5,9	6,3	4
A15	4	7	5	5	5	6	10	4	6,0	7,4	6
A16	5	8	2	5	3	7	4	2	4,9	5,4	6
A17	6	9	2	4	5	6	10	2	6,0	6,6	8
A18	8	10	2	5	4	5	6	2	5,7	6,6	8
A19	7	8	7	4	6	8	10	4	7,1	7,4	6
A20	9	7	6	5	5	8	7	5	6,7	7,3	4
A21	8	6	7	4	4	9	10	4	6,9	7,4	6
A22	8	9	2	3	6	9	10	2	6,7	6,6	8
A23	6	8	2	3	5	9	6	2	5,6	6,0	7
A24	6	10	2	3	6	8	10	2	6,4	6,6	8
A25	9	7	4	2	4	9	10	2	6,4	6,6	8
A26	9	6	1	1	6	9	10	1	6,0	6,1	9
A27	10	6	1	1	8	9	8	1	6,1	6,1	9
A28	10	7	1	1	4	10	10	1	6,1	6,1	9
A29	10	8	1	1	1	9	10	1	5,7	6,1	9
A30	10	7	1	1	5	10	10	1	6,3	6,1	9
A31	10	6	0	0	9	10	10	0	6,4	5,7	10

За найбільш обережним, максимінним критерієм Вальда, що дає гарантований результат і повністю виключає ризик прийняття рішення, обирається найкращий із найгірших результатів рішення.

У застосуванні до наведеної матриці рішень (див. табл. 1) має вигляд:

$$A_5^* = \max_i \min_j \{U_{ij}(A_i, \lambda_j)\} = 6, \quad (1)$$

де A_i , $i = \overline{1,31}$ – можливі комбінації енергетичних потоків; λ_j , $j = \overline{1,7}$ – фактори, що впливають на вибір альтернативних рішень.

Згідно цього критерію, оптимальним рішенням щодо вибору методу очищення вод від нафтових забруднень є альтернативи A_4 , A_5 , A_{20} .

Застосування методу Лапласа, що є критерієм недостатнього обґрунтування, тобто стани $A\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p, \dots, \lambda_m\}$ мають рівні імовірності, доцільне у випадках, коли рішення приймається багато разів.

Розглядається прийняття рішення в умовах ризику та обирається дія A_i , яка дає найбільший очікуваний виграш, тобто:

$$A_5^* = \max \left\{ \frac{1}{n} \sum U_{ij}(A_i, \lambda_j) \right\} = 7,9, \quad (2)$$

де $n = 7$ – кількість факторів, що впливають на прийняття рішення при виборі альтернатив.

Отриманий результат відповідає альтернативі A_5 .

За допомогою критерію Гурвіца охоплюється ряд підходів: від обережного до песимістичного застосуванням коефіцієнту α :

$$A_4^* = \max \left\{ \alpha \cdot \max U_{ij}(A_i, \lambda_j) + (1 - \alpha) \min U_{ij}(A_i, \lambda_j) \right\} = 7,9, \quad (3)$$

де $\alpha = 0,57$ – коефіцієнт оптимізму-песимізму.

Результати, отримані за допомогою критерію Гурвіца, за альтернативами A_4 та A_5 співпада-

ють з результатами, отриманими за критерієм Вальда.

За менш песимістичним критерієм Севіджа мінімізуються втрати об'єкта, що приймає рішення за рахунок вибору відповідного варіанту A_i , що мінімізує втрати (жаль) об'єкта з приводу не обрання кращого рішення:

$$A_5^* = \min \max r_{ij} = 3. \quad (4)$$

де $r_{ij} = \max U_{ij}(A_i, \lambda_j) - U_{ij}(A_i, \lambda_j)$ – матриця втрат [11, с.542; 12, с.118].

Необхідно визначити в кожному рядку максимальний елемент $\max \lambda_i$, та відняти від нього всі інші елементи, тоді отримаємо матрицю втрат.

Оптимальним рішенням щодо вибору методу очищення вод від нафтових забруднень за критерієм Севіджа відповідає альтернатива A_5 .

Висновки. В ході проведеного дослідження за допомогою критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності (критерії Вальда, Лапласа, Гурвіца, Севіджа) було визначено, що зважаючи на вплив факторів до вибору певної альтернативи, оптимальним рішенням щодо вибору методу очистки водних ресурсів від нафтових забруднень є біологічний метод.

Таким чином, в подальшій роботі буде більш детально досліджено біологічні методи очистки вод від нафтових забруднень. Отримані результати будуть використані для розробки робота зі штучним інтелектом, який зможе безпосередньо у місці забруднення здійснювати моніторинг та ідентифікацію нафтових забруднень і виконувати відповідні очисні заходи.

Список літератури:

1. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Аналит. обзор // СО РАН. ГПНТБ, НИОХ. Новосибирск, 1992. 72 с. URL: http://www.spsl.nsc.ru/download/ecology/V_23.pdf (дата звернення: 05.09.2019).
2. Долгополова В.Л., Патрушева О.В. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений // Молодой ученый. 2016. № 29. С. 229–234. URL: <https://moluch.ru/archive/133/37456/> (дата звернення: 13.09.2019).
3. Шувалов Ю.В., Синькова Е.А., Кузьмин Д.Н. Очистка грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // ГИАБ. 2004. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-gruntov-ot-zagryazneniya-neftyu-i-nefteproduktami> (дата звернення: 13.09.2019).
4. Плехов В.Г., Дьяченко В.В., Дьяченко И.Л. Автоматизация процессов биологической очистки сточных вод предприятий нефтяной промышленности // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2012. № 14. С. 22–33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protsessov-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod-predpriyatij-neftyanoj-promyshlennosti> (дата звернення: 10.09.2019).
5. Гречкин Н.В., Власовец Н.А. Сравнительный анализ способов очистки водоёмов от нефтяных пятен // Юный ученый. 2018. № 11. С. 22–24. URL: <https://moluch.ru/young/archive/15/1141/> (дата звернення: 13.09.2019).
6. Zahugi E.M.H., Shanta M.M., Prasad T.V. Design of multi-robot system for cleaning up marine oil spill. *International Journal of Advanced Media and Communication*. 2012. Vol. 2, № 4. P. 33–43. URL:

https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/information_technology/DESIGN%20OF%20MULTI.pdf (дата звернення: 10.09.2019).

7. Zahugi E.M.H., Shanta M.M., Prasad T.V. Oil spill cleaning up using swarm of robots. *Advances in Computing and Information Technology. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2013. Vol. 178. P. 215–224. DOI: 10.1007/978-3-642-31600-5_22.

8. Магєррамов А.М., Азизов А.А., Алосманов Р.М., Буният-заде И.А., Керимова Э.С. Удаление тонких нефтяных пленок с водной поверхности // Молодой ученый. 2011. № 7. Т. 1. С. 65–68. URL: <https://moluch.ru/archive/30/3451/> (дата звернення: 16.09.2019).

9. Using robots to clean oil spills. *Robotics tomorrow*: веб-сайт. URL: <https://www.roboticstomorrow.com/article/2013/12/using-robots-to-clean-oil-spills> (дата звернення: 16.09.2019).

10. Марченко Людмила Анатольевна, Белоголов Ефим Анатольевич, Марченко Артем Андреевич, Бугаец Ольга Николаевна, Боковикова Татьяна Николаевна Д.Т.Н. Исследование возможности сорбционной очистки при ликвидации нефтяных загрязнений // Научный журнал КубГАУ. Scientific Journal of KubSAU. 2012. № 84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sorbtsionnoy-ochistki-pri-likvidatsii-neftyanyh-zagryazneniy> (дата звернення: 13.09.2019).

11. Таха Х. Введение в исследование операций / Х. Таха, А. Хемди: 7-е издание: [пер. с англ.]. М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. 912 с.

12. Рева О.М. Прийняття рішень на кожному кроці і...з посмішкою: посібник для допитливих. Кіровоград : «Поліграфічні послуги», 2007. 308 с.

Holyk O.P., Zhesan R.V., Miroshnichenko M.S., Mohammad Ismail.

THE SEARCHING TO THE OPTIMAL DECISION FOR THE METOD SELECTION FOR THE WATER TREATMENT FROM OIL POLLUTION

Environmental pollution with oil and petroleum products is one of many environmental problems. During the transportation of oil products there is a large loss of oil, which in turn contributes to the emergence of fields of pollution in marine waters. Oil stains on the water surface can remain for a long period of time.

Oil pollution cleanup measures do not completely address the issue. Therefore, the area of contaminated territories increases and technogenic accumulations occur in the surface hydrosphere. There is no universal method of water purification from petroleum products; each method has its advantages and disadvantages. In addition, in some cases, it is necessary to determine in a timely and prompt manner the type and extent of contamination and to choose the best method for cleaning up the contamination. A person cannot always accomplish this task properly, since decisions have to be made under uncertainty.

One effective way to solve this problem is to use artificial intelligence robots that, through a database and knowledge base, can identify and use oil-based decision-making methods to evaluate the type and extent of oil pollution and, as a result, choose the best method for water purification from oil pollution.

The article deals with the basic methods of purification of water from oil pollution, identifies factors that influence the choice of method of water purification from oil pollution. It is suggested to use the decision criteria under uncertainty to choose purification methods, namely: the Waldo test, the Laplace test, the Hurwitz test and the Sevidg test. The alternatives for decision making and the factors that influence decision making are given. A solution matrix is constructed.

The method of finding the optimal solution for the choice of methods of purification of water resources from oil pollution is offered. To implement this methodology, it is necessary to fill the decision matrix according to the questionnaires, by experts and experts of the respective industries. It has been determined that the biological method is the optimal solution for the choice of the method of purification of water from oil pollution.

The results obtained will allow us to further identify the data and identify the relationship between the type of contamination and how it is cleaned. As a result, it will be possible to create a database and a knowledge base for artificial intelligence, which will be able to carry out appropriate cleaning measures directly at the site of contamination.

Key words: oil stains, oil pollution, artificial intelligence, making decisions, automation, criterion, decision matrix.