

УДК 004.8/681.5

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).175-181](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).175-181)**О. П. Голик**, доц., канд. техн. наук, **І. А. Березюк**, доц., канд. техн. наук,**М. С. Мірошніченко**, доц., канд. техн. наук, **Ісмаїл Мухаммед**, асп.*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна  
e-mail: dego@ukr.net*

## Моніторинг та аналіз нафтових забруднень водних ресурсів з використанням інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень

В статті для аналізу та моніторингу нафтових забруднень водних ресурсів запропоновано розробити інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень, яка має в своєму складі базу даних параметрів нафтових забруднень та базу знань способів очистки.

**нафтові забруднення, моніторинг, параметри нафтових забруднень прийняття рішень, база знань, база даних**

**Е. П. Голик**, доц., канд. техн. наук, **І. А. Березюк**, доц., канд. техн. наук, **М. С. Мірошніченко**, доц., канд. техн. наук, **Ісмаїл Мухаммед**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

### Мониторинг и анализ нефтяных загрязнений водных ресурсов с использованием интеллектуальной системы поддержки принятия решений

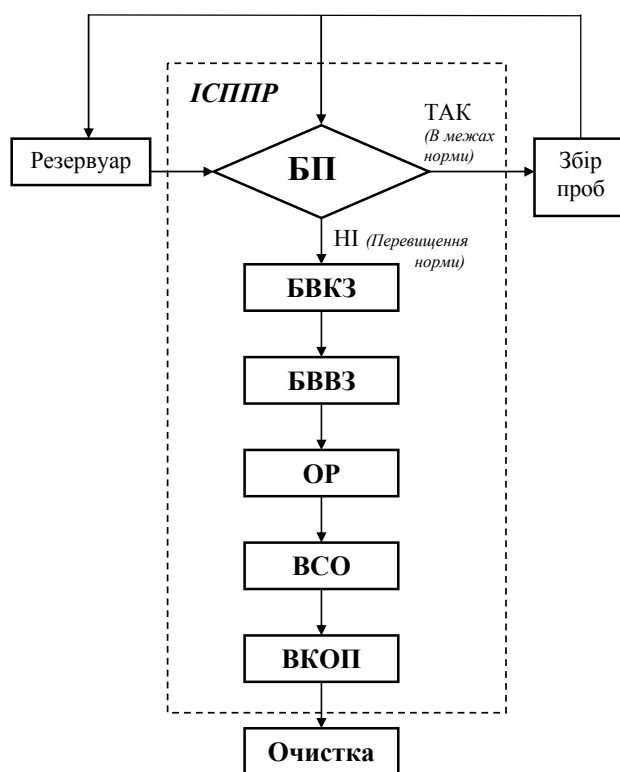
В статье для анализа и мониторинга нефтяных загрязнений водных ресурсов предложено разработать интеллектуальную систему поддержки принятия решений, которая включает в себя базу данных параметров нефтяных загрязнений и базу знаний способов очистки.

**нефтяные загрязнения, мониторинг, параметры нефтяных загрязнений, принятие решений, база знаний, база данных**

**Постановка проблеми.** Актуальність та доцільність проведення наукових досліджень в області очистки водних ресурсів від нафтових забруднень обґрунтована в [1]. За допомогою методів прийняття рішень в умовах невизначеності в [2] було визначено, що найбільш доцільним способом очистки водних ресурсів від нафтових забруднень є біологічний метод. Пропонується розробити робота зі штучним інтелектом, який безпосередньо у місці забруднення зможе виконувати очисні заходи. В [3] було запропоновано структурну схему для очистки водних ресурсів від нафтових забруднень, наведена на рис. 1.

Пропонується удосконалити дану схему та окремо дослідити роботу блоків визначення кількості та виду забруднення. Таким чином розробка блоків визначення кількості та виду забруднень для аналізу стану нафтових забруднень у водних ресурсах є актуальним науковим завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботі [4] запропоновано математичну модель, яка дозволяє виконати прогноз розливу нафти та дослідити ефективність різних методів очистки поверхні води від нафтових забруднень. Дослідження проводились в умовах Новоросійського морського порту на Чорному морі. Запропонована дворівнева математична модель дозволяє моделювати рух нафти в межах акваторії порту. При моделюванні використано рівняння дифузії та метод динаміки часток. Особливістю даної моделі є широкий діапазон відстані від 1 мм до 10 км. Однак дана модель потребує додаткових досліджень, оскільки в ній не враховано основні параметри нафтових забруднень.



ІСППР – інтелектуальна система підтримки прийняття рішень; БП – блок порівняння;  
 БВКЗ – блок визначення кількості забруднення; БВВЗ – блок визначення виду забруднення;  
 ОР – обробка результатів; ВСО – визначення способу очистки;  
 ВКОП – визначення кількості очисного препарату

Рисунок 1 – Структура аналізу нафтових забруднень водних ресурсів

*Джерело: розроблено авторами*

Згідно результатів аналізу, наведених у [5], на ступінь можливого забруднення впливають тип нафтопродукту, об'єм розливу нафтопродукту, течія, швидкість вітру та висота хвилі, напрямок вітру. Автором було запропоновано методику за допомогою якої можна оцінити параметри нафтового забруднення та виконати прогноз можливих сценаріїв подальших подій. Дану методику доцільно використовувати для створення інформаційної підтримки попередження нафтових розливів з поверхні води. Однак в даній методиці не наводиться способів очистки поверхні води від нафтових забруднень.

В роботі [6] автором запропоновано для розрахунку гідродинамічних умов розливів нафти використовувати тривимірні рівняння Нав'є-Стокса. При розрахунках було враховано умови на річці Волга, Росія. Це дозволяє виконати чисельну оцінку швидкості течії та інтенсивності турбулентності води для ділянки аварійності транспортних суден на річці Волга.

Для аналізу нафти в оточуючому середовищі автором в роботі [7] узагальнено методи взяття проб та очистки. Використано метод газової хроматографії. В основному робота присвячена аналізу вуглеводневих сполук у нафтопродуктах.

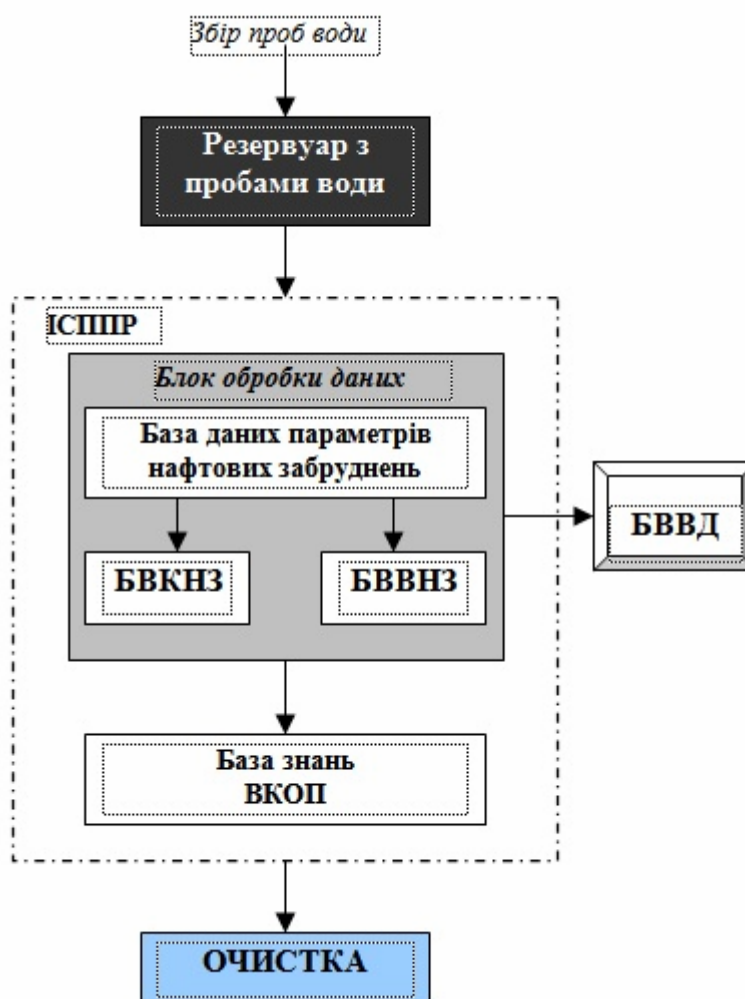
Методологія оцінки нафтових розливів в Аравійській затоці представлена в роботі [8]. Автором було проведено фактичні експерименти в яких враховувались різні типи нафти, швидкість та напрямок вітру, температура оточуючого середовища, властивості нафти та ін. В результаті досліджень було розроблено алгоритм та програмне забезпечення за допомогою якого можна оцінити об'єм розливої нафти. Вхідними даними для програмного забезпечення є площа розповсюдження та форма нафтової плями на поверхні води, різні метеорологічні та фотографічні умови. Даний метод доцільно використовувати для невеликих нафтових плям.

В роботах [9, 10] авторами запропоновано для прогнозування об'єму розливу нафти використати стохастичну модель Маркова. Дослідження проводились для умов Нігерії. За допомогою двостороннього статистичного дисперсійного аналізу було виявлено причини витоку нафти.

**Постановка завдання.** Аналіз наведених вище робіт показав, що для оцінки нафтових забруднень, як правило, застосовують різні статистичні методи, які дозволяють прогнозувати параметри нафтових забруднень. Однак вимагає додаткових досліджень проблема моніторингу, аналізу та очистки нафтових забруднень безпосередньо у місці розливу. Необхідно щоб була можливість одразу після витоку нафти (нафтопродуктів) оцінити параметри забруднення та відразу здійснити відповідні очисні заходи.

Метою роботи є аналіз нафтових забруднень поверхні води з використанням інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР).

**Основний матеріал.** На рис. 2 представлена схема аналізу та моніторингу нафтових забруднень на поверхні води.



ІСППР – інтелектуальна система підтримки прийняття рішень; БВКНЗ – блок визначення кількості нафтових забруднень; БВВНЗ – блок визначення виду нафтових забруднень; БВВД – блок виводу та візуалізації даних; ВКОП – визначення кількості очисного препарату

Рисунок 2 – Структура аналізу розливів нафти у водних ресурсах

*Джерело: розроблено авторами*

Блок обробки даних (БОД) виконує аналіз нафтових забруднень. До його складу входять блок визначення кількості нафтового забруднення (БВКНЗ), блок визначення виду нафтового забруднення (БВВНЗ) та база даних параметрів нафтових забруднень (БДПНЗ).

БДПНЗ містить інформацію щодо факторів, які впливають на параметри нафтового забруднення. В результаті аналізу робіт різних авторів [4-9] щодо оцінки нафтових забруднень було виявлено, що найбільш впливовими параметрами нафтових забруднень є:

- об'єм розливу нафти (нафтопродуктів);
- тип нафтопродуктів;
- швидкість вітру;
- напрямок вітру;
- течія;
- швидкість хвилі;
- висота хвилі.

Тоді БДПНЗ можна представити в наступному вигляді (рис. 3).



БДПНЗ – база даних параметрів нафтових забруднень

Рисунок 3 – Структура бази даних параметрів нафтових забруднень на поверхні води

*Джерело: розроблено авторами*

Інформація з БДПНЗ надходить на БВКНЗ та БВВНЗ. Згідно інформації з БДПНЗ база знань визначає тип очисного препарату та його кількість. Базу даних доцільно заповнювати на основі статистичних даних та експертної оцінки.

Блок визначення кількості нафтового забруднення виконує розрахунок кількості нафтового забруднення з урахуванням інформації, що надійшла з БДПНЗ. Алгоритм роботи БВКНФ наступний.

1. Визначення маси нафти, що забруднює товщу води [11]:

$$M_n = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot M_p(C_n - C_f), \quad (1)$$

де  $M_n$  – маса розчиненої та(або) емульсованої нафти, що забруднює поверхню води, т.;  $M_p$  – маса нафти розлитої на поверхні водного об'єкту, т.;  $C_n$  – концентрація насичення розчиненої та(або) емульсованої нафти у поверхневому шарі води водного об'єкту, г/м<sup>3</sup>;  $C_f$  – фонові концентрації насичення розчиненої та(або) емульсованої нафти на глибині 0,3 м у поверхневому шарі води водного об'єкту, там де немає розливу, г/м<sup>3</sup>.

2. Визначення об'єму води, в якому розчинилась нафта [11]:

$$V_B = 0,3 \cdot F_{\Pi}, \quad (2)$$

де  $F_{\Pi}$  – площа поверхні водного об'єкту, яка покрита нафтою, м<sup>2</sup>.

3. Визначення плівки нафти, що залишилась на водній поверхні [11]:

$$M_{\Pi H} = m_{\Pi H} \cdot F_{\Pi H}, \quad (3)$$

де  $F_{\Pi H}$  – площа водної поверхні, яка покрита плівкою нафти, м<sup>2</sup>;

$m_{\Pi H}$  – маса плівки нафти на 1 м<sup>2</sup> площі водної поверхні, г/м<sup>2</sup>.

Використання ІСППР для очистки нафтових забруднень доцільно, оскільки особам, що приймають рішення в даних умовах, буде складно внаслідок наступних причин:

- складність в прийнятті рішень;
- необхідність у точній оцінці різних альтернатив;
- необхідність функціоналу для прогнозування;
- необхідність мультипоточкового входу (для прийняття рішень необхідні виводи на основі даних, експертні оцінки, відомі обмеження та ін.).

**Висновки.** Для аналізу нафтових забруднень водних ресурсів доцільно використовувати ІСППР, які повинні мати в своєму складі базу даних та базу знань. База даних повинна містити ключову інформацію про параметри нафтових забруднень. Для прийняття рішення щодо кількості та типу очисного препарату необхідно володіти інформацією про об'єми розливу нафти та тип розливу, напрямок та швидкість вітру, течію, висоту та швидкість хвилі. В подальшому наведені вище параметри нафтових забруднень будуть детально досліджені з метою розробки відповідної бази даних для аналізу і моніторингу нафтових забруднень водних ресурсів.

## Список літератури

1. Голик О.П., Жесан Р.В., Ісмаїл Мухаммед Обґрунтування автоматизації комп'ютерно-інтегрованої технології ідентифікації та моніторингу нафтових забруднень. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2019. Вип. 1 (32). 220-227. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).220-227](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).220-227)
2. Голик О.П., Жесан Р.В., Мірошніченко М.С., Ісмаїл Мухаммед Пошук оптимальних рішень щодо вибору методів очищення водних ресурсів від нафтових забруднень. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія Технічні науки.* 2019. Т. 30 (69). № 5. Частина I. 75-80. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-1/12>
3. Голик О.П., Волков І.В., Ісмаїл Мухаммед Структура моніторингу та ідентифікації нафтових забруднень. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2019. Вип. 2 (33). 214-221. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).214-221](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).214-221)
4. Калач А.В., Щербаков О.В. Математическое моделирование нефтяного загрязнения водной поверхности. *Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России».* 2013. №4. С. 88-94. URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-neftyanogo-zagryazneniya-vodnoy-poverhnosti> (дата звернення: 06.10.2020).
5. Пластинин Андрей Евгеньевич Оценка загрязнения при разливе нефти на водную поверхность. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. 2013. №2 (18). С. 129-135. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-zagryazneniya-pri-razlive-nefti-na-vodnuyu-poverhnost> (дата звернення: 30.09.2020).
  6. Липатов И. В., Пластинин А. Е. Оценка гидродинамических условий при ликвидации разливов нефти. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. 2014. №5 (27). С. 127-134. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-gidrodinamicheskikh-usloviy-pri-likvidatsii-razlivov-nefti> (дата звернення: 30.09.2020).
  7. Fingas, Merv. Water Analysis|Oil Pollution. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. 2016. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.12212-7
  8. Cekirge, Huseyin. Oil Spills: Determination of Oil Spill Volumes Observed on Water Surfaces. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*'. 2013. Vol. 8. 17-30. URL: [https://www.researchgate.net/publication/283618030\\_Oil\\_Spills\\_Determination\\_of\\_Oil\\_Spill\\_Volumes\\_Observed\\_on\\_Water\\_Surfaces](https://www.researchgate.net/publication/283618030_Oil_Spills_Determination_of_Oil_Spill_Volumes_Observed_on_Water_Surfaces) (дата звернення: 30.09.2020).
  9. Mba, Ifeoma & Mba, Emmanuel & Arazu, Winnie & Urama, Chinasa & Machebe, Henrietta & Eze, Chikodili. International Journal of Energy Economics and Policy Application of the Stochastic Markov Model in Predicting the Volume of Oil Spill in Nigeria: A Case of the Niger-delta Region. 2019. URL: [https://www.researchgate.net/publication/344393365\\_International\\_Journal\\_of\\_Energy\\_Economics\\_and\\_Policy\\_Application\\_of\\_the\\_Stochastic\\_Markov\\_Model\\_in\\_Predicting\\_the\\_Volume\\_of\\_Oil\\_Spill\\_in\\_Nigeria\\_A\\_Case\\_of\\_the\\_Niger-delta\\_Region](https://www.researchgate.net/publication/344393365_International_Journal_of_Energy_Economics_and_Policy_Application_of_the_Stochastic_Markov_Model_in_Predicting_the_Volume_of_Oil_Spill_in_Nigeria_A_Case_of_the_Niger-delta_Region) (дата звернення: 30.09.2020).
  10. Mba, Ifeoma & Mba, Emmanuel & Ogbuabor, Jonathan & Arazu, Winnie. Causes and Terrain of Oil Spillage in Niger Delta Region of Nigeria: The Analysis of Variance Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019. Vol. 9. 283-287. DOI: 10.32479/ijee.7332.
  11. Старикова Г.В., Уженцева Е.А., Махнева А.Н. Расчет количества нефти, вылившейся при аварии из нефтепровода, экономический ущерб от аварии. Часть 1: Методические указания для выполнения курсовых и практических работ для студентов направления 280700.62 «Техносферная безопасность» по дисциплине «Промышленная экология» очной и заочной форм обучения. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 48 с. URL: <http://elib.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2015/04/1207.pdf> (дата звернення: 30.09.2020).

## References

1. Holyk, O.P., Zhesan, R.V. & Ismail, Mohammad. (2019). Obgruntuvannia avtomatyzatsii kompiuterno-intehrovanoi tekhnolohii identyfikatsii ta monitorynhu naftovykh sabrudnen [Rationale for the Development of Automated Computer-integrated Technology for the Identification and Monitoring of Oil Pollution], *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 1(32)*, 220-227. DOI: 10.32515/2664-262X.2019.1(32).220-227. [in Ukraine].
2. Holyk, O.P., Zhesan, R.V., Miroshnichenko, M.S. & Ismail, Mohammad. (2019). Poshuk optymalnykh rishen shchodo vyboru metodiv ochyshchennia vodnykh resursiv vid naftovykh zabrudnen [The searching to the optimal decision for the metod selection for the water treatment from oil pollution]. *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University". Series: Technical Sciences, Vol. 30 (69), 5. Part I*, 75-80. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-1/12> [in Ukraine].
3. Holyk, O.P., Volkov, I.V. & Ismail, Mohammad. (2019). Struktura monitorynhu ta identyfikatsii naftovykh zabrudnen [The structure of monitoring and identification by oil pollution]. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2(33)*, 214-221. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).214-221](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).214-221). [in Ukraine].
4. Kalach A.V., Shcherbakov O.V. (2013). Matematycheskoe modelyrovanye neftianoho zahriazneniya vodnoi poverkhnosti [Mathematical modeling of oil pollution of the water surface]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii»*, 4, 88-94. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-neftyanogo-zagryazneniya-vodnoy-poverhnosti> [in Russian].
5. Platinin Andrey Evgenevich (2013). Otsenka zagryazneniya pri razlive nefti na vodnuyu poverhnost [Assessment of contamination from oil spills on the water surface]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 2 (18), 129-135. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-zagryazneniya-pri-razlive-nefti-na-vodnuyu-poverhnost> [in Russian].
6. Lipatov, I. V. & Platinin, A. E. (2014). Otsenka gidrodinamicheskikh usloviy pri likvidatsii razlivov nefti [Assessment of hydrodynamic conditions during oil spill response]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 5 (27), 127-134. Retrieved from

- <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-gidrodinamicheskikh-usloviy-pri-likvidatsii-razlivov-nefti> [in Russian].
7. Fingas, Merv. Water Analysis|Oil Pollution. (2016). *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.12212-7
  8. Cekirge, Huseyin. Oil Spills: Determination of Oil Spill Volumes Observed on Water Surfaces. (2013). *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, Vol. 8, 17-30. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/283618030\\_Oil\\_Spills\\_Determination\\_of\\_Oil\\_Spill\\_Volumes\\_Observed\\_on\\_Water\\_Surfaces](https://www.researchgate.net/publication/283618030_Oil_Spills_Determination_of_Oil_Spill_Volumes_Observed_on_Water_Surfaces) [in English]
  9. Mba, Ifeoma & Mba, Emmanuel & Arazu, Winnie & Urama, Chinasa & Machebe, Henrietta & Eze, Chikodili. International Journal of Energy Economics and Policy Application of the Stochastic Markov Model in Predicting the Volume of Oil Spill in Nigeria: A Case of the Niger-delta Region. 2019. URL: [https://www.researchgate.net/publication/344393365\\_International\\_Journal\\_of\\_Energy\\_Economics\\_and\\_Policy\\_Application\\_of\\_the\\_Stochastic\\_Markov\\_Model\\_in\\_Predicting\\_the\\_Volume\\_of\\_Oil\\_Spill\\_in\\_Nigeria\\_A\\_Case\\_of\\_the\\_Niger-delta\\_Region](https://www.researchgate.net/publication/344393365_International_Journal_of_Energy_Economics_and_Policy_Application_of_the_Stochastic_Markov_Model_in_Predicting_the_Volume_of_Oil_Spill_in_Nigeria_A_Case_of_the_Niger-delta_Region)
  10. Mba, Ifeoma & Mba, Emmanuel & Ogbuabor, Jonathan & Arazu, Winnie. Causes and Terrain of Oil Spillage in Niger Delta Region of Nigeria: The Analysis of Variance Approach. 2019. *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 9. 283-287. DOI: 10.32479/ijeep.7332.
  11. Starikova, G.V., Uzhentseva, E.A. & Mahneva, A.N. (2014). Raschet kolichestva nefi, vyilivsheysya pri avarii iz nefteprovoda, ekonomicheskiy uscherb ot avarii [Calculation of the amount of oil spilled from an oil pipeline in an accident, economic damage from the accident]. *Chast1 : Metodicheskie ukazaniya dlya vyipolneniya kursovyih i prakticheskikh rabot dlya studentov napravleniya 280700.62 «Tehnosfernaya bezopasnost» po distsipline «Promyshlennaya ekologiya» ochnoy i zaochnoy form obucheniya. / G.V. Starikova, E.A. Uzhentseva, A.N. Mahneva – Tyumen: TyumGNGU*. P. 48 Retrieved from <http://elib.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2015/04/1207.pdf> [in Russian].

**Olena Holyk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Iryna Bereziuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mariya Miroschnichenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mohammad Ismail**, post-graduate  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Monitoring and Analysis of Oil Pollution of Water Resources With Using an Intelligent Decision Support System**

Oil production is increasing. This increases the number of accidents. Oil spills are increasing. Since oil has special physical and chemical properties and parameters, contamination of water resources by oil and oil products causes man-made disasters. The authors made the assumption that a robot with artificial intelligence will be used to purify the water surface from oil (oil products) by biological methods. This robot will be located directly on the ship and will monitor and analyze oil pollution. In order to carry out clean-up activities at the site of the accident, it is necessary to have information on the main parameters of oil pollution. The authors of this article propose a structure for the monitoring and analysis of oil pollution in water resources. According to this structure, analysis and monitoring must be carried out by an intelligent decision support system. An intelligent decision support system includes a database of oil pollution parameters and a knowledge base.

The aim of this work is to analyze oil pollution on the water surface using an intelligent decision support system. In order to achieve this objective, the article proposes the structure of the oil pollution parameter database, which is part of an intelligent system to support decision-making on oil pollution analysis and assessment. This scheme includes the main parameters of oil pollution affecting the decision on the choice of type and quantity of treatment products for the biological treatment method. An algorithm for determining the capacity of oil spill is proposed. The main elements of the oil pollution parameters database are: type of oil products, capacity of oil spill, water flow, wave height and velocity, wind direction and speed.

In future, the analysis and monitoring scheme for oil-based water pollution will be expanded to include special technical, measuring and meteorological instruments that will allow the immediate presence of the oil (oil products) spill investigate oil contamination parameters.

**oil pollutions, monitoring, parameters of oil pollution, decision-making, knowledge data base**

*Одержано (Received) 07.10.2020*

*Прорецензовано (Reviewed) 14.10.2020*

*Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020*