

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ У ПРОМИСЛОВОСТІ ТА СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

УДК 004.8/681.5

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)

**О. П. Голик**, доц., канд. техн. наук, **І. В. Волков**, викл., **Ісмаїл Мухаммед**, асп.  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
*e-mail: dego@ukr.net*

### Структура моніторингу та ідентифікації нафтових забруднень

В статті запропоновано схему структури загального аналізу нафтових забруднень у режимі реального часу. В даному випадку пропонується для очистки вод від нафтових забруднень використовувати біологічні способи очистки.

**нафтові забруднення, ідентифікація, прийняття рішень, база знань, база даних**

**Е. П. Голик**, доц., канд. техн. наук, **І. В. Волков**, препод., **Ісмаїл Мухаммед**, асп.  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

### Структура мониторинга и идентификации нефтяных загрязнений

В статье предложена схема структуры общего анализа нефтяных загрязнений в режиме реального времени. В данном случае предложено для очистки воды от нефтяных загрязнений использовать биологические методы очистки.

**нефтяные загрязнения, идентификация, принятие решений, база знаний, база данных**

**Постановка проблеми.** В [1] було обґрунтовано доцільність автоматизації комп'ютерно-інтегрованої технології ідентифікації та моніторингу нафтових забруднень. Авторами зазначено, що для того щоб розробити робота, який повинен в реальному часі виконувати функції моніторингу, ідентифікації та очистки морських вод від нафтових забруднень, необхідно володіти інформацією про види розливів нафти, їх хімічний склад та методи і засоби очистки. Оскільки наслідки забруднень нафтопродуктами можуть швидко зростати, то потрібно щоб такі роботи були розташовані безпосередньо на морському транспорті.

Для живлення таких роботів доцільно використовувати сонячну енергію. В роботі [2] було запропоновано методіку моделювання імовірності надходження сонячної радіації для систем очищення від нафтових забруднень.

В роботі [3] авторами було проведено пошук оптимальних рішень щодо вибору методів очищення водних ресурсів від нафтових забруднень та було визначено, що оптимальним рішенням щодо вибору методу очистки водних ресурсів від нафтових забруднень є біологічний метод очистки.

Таким чином метою даної роботи є дослідження біологічних методів очистки вод від нафтових забруднень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для автоматизації процесів біологічної очистки стічних вод підприємств нафтової промисловості в роботі [4] авторами запропоновано використовувати нейронну мережу в задачі керування комплексом очисних споруд. Дана нейронна мережа дозволяє прогнозувати значення

показників якості очищеної води, згідно виміряних на вході показниках неочищеної води. Однак розроблена нейронна мережа не є універсальною, оскільки вона навчена для умов роботи конкретного підприємства нафтової промисловості.

В роботах [5, 7] авторами зазначено, що серед методів, які успішно використовуються для ліквідації наслідків забруднень нафтою та нафтопродуктами, сорбційне очищення води є одним з ефективних способів. Було проведено лабораторні дослідження в результаті яких, дану гіпотезу було підтверджено експериментальними даними. Однак розроблений авторами метод перебуває у стадії випробувань та розробки.

Авторами запропоновано сорбент на основі гідроксидів заліза та алюмінію [6]. Дослідження показали, що отриманий сорбент дозволяє виконувати очистку стічних вод гальваноцеху до прийнятих норм.

Перспективним є використання технології переробки нафти вуглеводнями, які володіють високою мінералізацією, меншою селективністю та токсичністю [8]. Однак використання даної технології ускладнюється наявністю складної матриці нафтовмісних вод, що призводить до більшого енергоспоживання та подальшої обробки.

В роботі [9] авторами доведено ефективність очистки нафтовмісних вод з використанням комплексної фото каталітичної та біологічної очистки. Обробку було проведено в періодичних реакторах з використанням  $TiO_2$  в якості фотокаталізатора. При цьому було досягнуто очищення від нафтопродуктів на 90% за 30 хвилин часу реакції при  $pH=5,0$ . Для біологічної очистки було використано бактерії *Pseudomonas aeruginosa* у біоплівках. За 45 хвилин часу було очищено 66,5% нафтових забруднень. Для підвищення ефективності процесу очистки авторами запропоновано об'єднати хімічне та біологічне очищення, забезпечивши таким чином очистку на 99% нафти та 78,6% загального органічного вуглецю.

В [10] наведено результати біологічної очистки синтетичної води, що добувають на родовищі в активному мулі з метою видалення органічних сполук з використанням ендогенних бактерій. Було отримано біокінетичні коефіцієнти, які показали низьку спорідненість до субстрату.

Вважається, що біологічні обробки дають найкращий компроміс між ефективністю видалення нафтових плям та експлуатаційними витратами [11]. Гібридні процеси показують багатообіцяючу продуктивність, але повинні бути додатково вивчені.

Наразі вченими вже розроблено деякі препарати, що містять консорціум мікроорганізмів (наприклад, препарати Ленойл та Деворойл). До складу таких препаратів, як правило, входять мікроорганізми *Bacillus brevis* та *Arthrobacter*, які здатні адаптуватися до високих доз нафти, ефективно утилізувати субстрат незалежно від типу ґрунту та особливостей забруднювача. Їх можна використовувати для очистки: в'язкої нафти, парафінової нафти, нафти з високим вмістом сірки, нафтопродуктів (мазут, дизельне паливо, бензин та інше), ароматичних речовин (фенол, крезол тощо).

В результаті біологічної обробки нафтового забруднення препаратами Деворойл та Ленойл [12] в навколишньому середовищі залишаються бактеріальний білок (не потребує подальшої утилізації) та нетоксичні продукти розпаду нафти. Продукти життєдіяльності бактерій та власне самі бактерії легко засвоюються аборигенною мікрофлорою, даючи основу для формування гумусу або утворюючи донний мул. Ефективність окислення вуглеводнів нафти досягає 99%.

Препарати Деворойт та Ленойл представляють собою порошки, які складаються з клітин мікроорганізмів, що володіють вуглеводнеокисляючою активністю та концентрацією не менше 10<sup>9</sup> клітин уграмі препарату [12].

**Постановка завдання.** Аналіз останніх досліджень показав, що використання саме біологічних методів очистки вод від нафтових забруднень є перспективним. Метою даної роботи є дослідження роботи установок для біологічного очищення вод від нафти та нафтопродуктів і розробка структури аналізу нафтових забруднень для бази даних та бази знань інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

**Основний матеріал.** При біологічній очистці використовують мікроорганізми, які «з'їдають» нафту. На сьогодні існує більше 1000 простих організмів (наприклад, дріжджі *Candida* харчуються нафтовими парафінами). Після чого утворюється велика кількість біомаси з великою концентрацією вітамінів та білку.

Для розробки бази знань та бази даних біологічної очистки вод від нафтових забруднень необхідно володіти інформацією про фізіологію мікроорганізмів. Всі вони мають свій обмін речовин: поживні речовини засвоюються, а продукти життєдіяльності виділяються. Мікроорганізми живуть за рахунок дихання і харчування.

Одним із видів біологічної очистки є біоремедація. В [13] наведено схему кроків біоремедації при забрудненні нафтовими плямами, показана на рис. 1 (схема показана в оригінальному вигляді [13]).

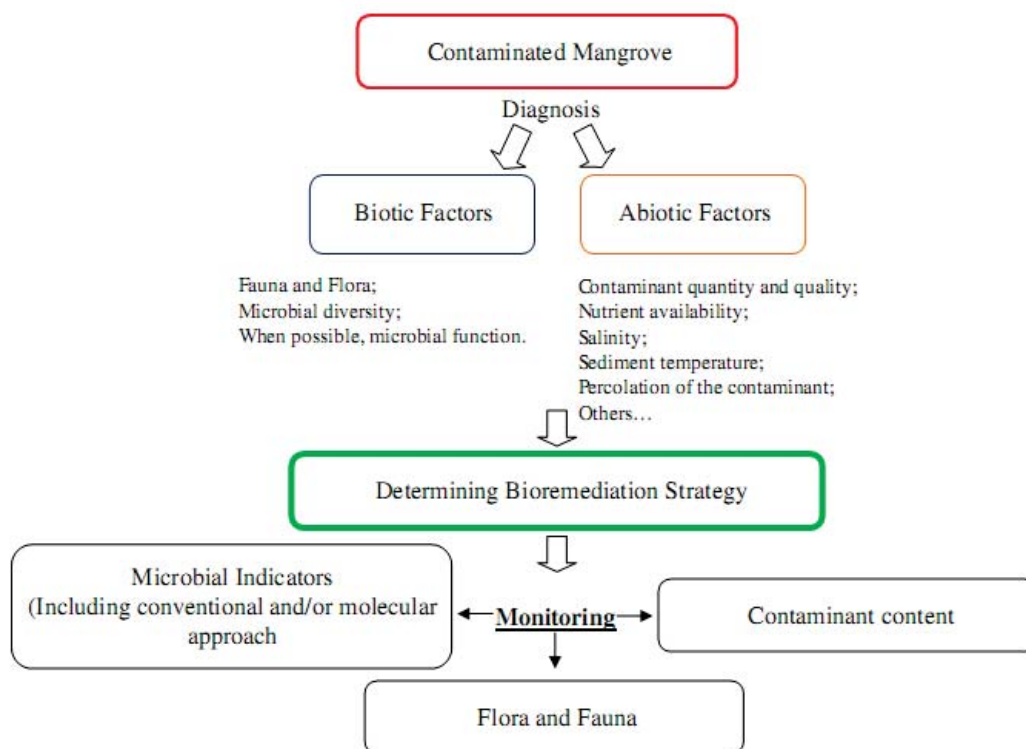


Рисунок 1 – Схема процесу біоремедації для очистки вод від нафтових плям

Джерело: [13]

Автори використали дану схему при дослідженні екосистеми мангрових лісів. Основним в даній схемі є визначення рівня забруднення. Зазвичай використовуються хімічні параметри рівнів забруднення, але як правило, це ароматичні вуглеводні речовини, які швидко розчиняються в повітрі. Згідно даної схеми, по-перше необхідно

визначити кількість забруднювача, знайденого на ділянці, та його концентрацію. Даний підхід можна використати і для очищення вод від нафтових забруднень.

В [14] запропоновано поєднати моніторинг розливу нафти та моделювання, як симбіотичну систему управління зворотнім зв'язком, засновану на теорії системи застосування динамічного приводу даних (Dynamic Data Drive Application System (DDDAS)).

На рис. 2 наведено блок-схему DDDAS для контролю розливів нафти в морських акваторіях.

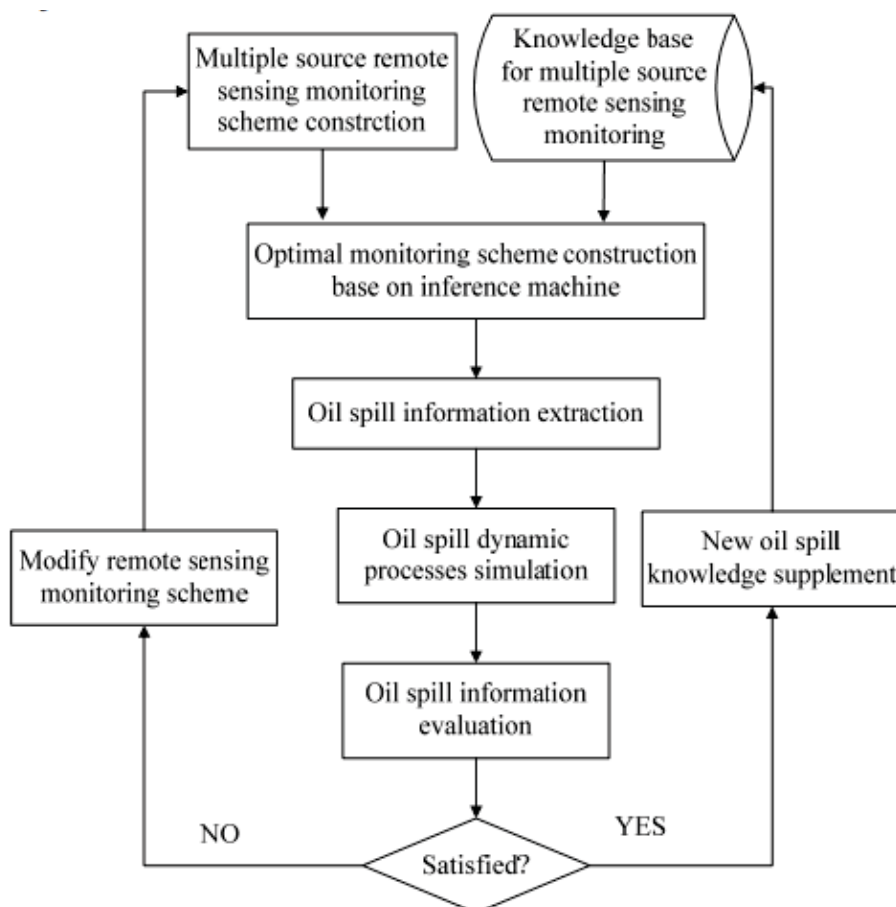


Рисунок 2 – Схема процесу біоремедації для очистки вод від нафтових плям

Джерело: [14]

Згідно рис. 2 на схему моніторингу на основі машинного висновку надходить інформація з бази знань для моніторингу дистанційного зондування декількох джерел. Після чого відбувається вилучення інформації про розлив нафти. Потім відбувається симуляція процесу розливу нафти в динаміці та оцінювання інформації щодо розливу нафти. Якщо результати оцінювання вказують на наявність розливу нафти, то відбувається внесення даних до бази знань про нові розливи нафти. Якщо інформація не підтверджується, то процес зондування повторюють знову.

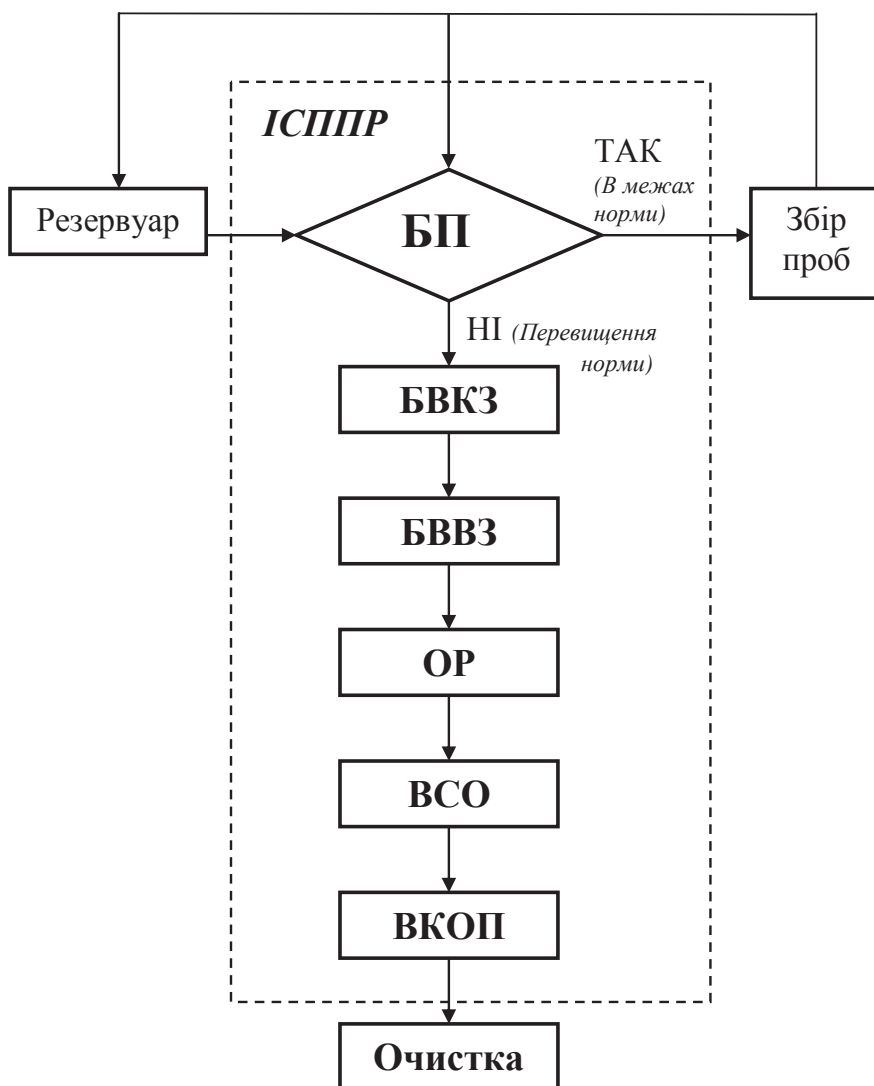
Виходячи з вище наведеного пропонується наступна схема загального аналізу нафтових забруднень у водних ресурсах, наведена на рис. 3.



Рисунок 3 – Схема загального аналізу нафтових забруднень

Джерело: розроблено автором

Згідно запропонованих в [1] етапів розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для робота з очистки вод від нафтових забруднень, загальна структура аналізу нафтових забруднень матиме вигляд, показаний на рис. 4.



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 4 – Структура аналізу нафтових забруднень водних ресурсів

Джерело: розроблено автором

В блоці порівняння відбувається оцінка забруднення. В резервуар надходять зразки проб води. Після чого в БП визначається чи відповідає зразок нормам не забрудненої води. Якщо зразок води знаходиться в межах норми, то далі відбувається збір нових проб. Якщо виявляється що вода забруднена, то в БВКЗ та БВВЗ виконується визначення кількості та виду забруднення. Після обробки результатів відбувається визначення способу очистки та кількості очисних препаратів.

В подальших дослідженнях дану схему (рис. 4) буде модифіковано та синтезовано. Більше уваги буде приділено розробці бази даних та бази знань для блоку порівняння.

**Висновки.** В даній роботі на основі аналізу попередніх досліджень, було запропоновано схему загального аналізу нафтових забруднень. Дана схема дозволяє в режимі реального часу проводити моніторинг та ідентифікацію нафтових забруднень. Застосування даної схеми для аналізу нафтових забруднень можливе не лише для визначення нафтових забруднень у водних ресурсах.

## Список літератури

1. Голик О.П., Жесан Р.В., Ісмаїл Мухаммед Обґрунтування автоматизації комп'ютерно-інтегрованої технології ідентифікації та моніторингу нафтових забруднень. *Центральнoукраїнський 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., Ісмаїл Мухаммед Моделювання імовірності надходження сонячної радіації для систем очищення від нафтових забруднень. *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту*: зб. матеріалів конф., 21-25 травня 2019 р. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2019. С. 42-43.
3. 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>
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> (звернення: 13.05.2019).
5. Магеррамов 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).
6. Марченко Людмила Анатольевна, Белоголов Ефим Анатольевич, Марченко Артем Андреевич, Бугаец Ольга Николаевна, Боковикова Татьяна Николаевна. 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).
7. Долгополова В. Л., Патрушева О. В. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений. *Молодой ученый.* 2016. №29 (133). С. 229-234. URL: <https://moluch.ru/archive/133/37456/> (дата звернення: 13.05.2019).
8. Liu, Bo & Chen, Bing & Zhang, Baiyu. Oily Wastewater Treatment by Nano-TiO<sub>2</sub>-Induced Photocatalysis. *IEEE Nanotechnology Magazine.* 2017. Vol. PP. 1-1. DOI: 10.1109/MNANO.2017.2708818
9. Yeber, María & Paul, Elvira & Soto, Carolina. Chemical and biological treatments to clean oily wastewater: Optimization of the photocatalytic process using experimental design. *Desalination and Water Treatment.* 2012. Vol. 47. 295-299. DOI: 10.1080/19443994.2012.696413
10. Kardena, Edwan & Hidayat, Syarif & Nora, Silvia & Helmy, Qomarudin. Biological Treatment of Synthetic Oilfield-Produced Water in Activated Sludge Using a Consortium of Endogenous Bacteria Isolated from A Tropical Area. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology.* 2017. Vol. 08. DOI: 10.4172/2157-7463.1000331

11. Lusnier, Nicolas & Seyssiecq, Isabelle & Sambusiti, Cecilia & Jacob, Matthieu & Nicolas, Lesage & Roche, Nicolas. Biological Treatments of Oilfield Produced Water: A Comprehensive Review. *SPE Journal*. 2019. DOI: 10.2118/195677-PA
12. Очистка воды от нефти. *Все о воде*. веб-сайт. URL: [http://www.o8ode.ru/article/answer/clean/o4ictka\\_vody\\_ot\\_nefti.htm](http://www.o8ode.ru/article/answer/clean/o4ictka_vody_ot_nefti.htm) (дата звернення: 14.12.2019)
13. Santos, Henrique & Carmo, Flávia & Paes, Jorge & Rosado, Alexandre & Peixoto, Raquel. Bioremediation of Mangroves Impacted by Petroleum. 2011. *Water, Air, & Soil Pollution*. Vol. 216. 329-350. DOI: 10.1007/s11270-010-0536-4
14. Li, Yao & Wang, Lizhe & Chen, Lajiao & Ma, Yan & Zhu, Xiaomin & Chu, Bin. Application of DDDAS in marine oil spill management: A new framework combining multiple source remote sensing monitoring and simulation as a symbiotic feedback control system. 2013. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 4526-4529. DOI: 10.1109/IGARSS.2013.6723842

## References

1. Holyk, O.P., Zhesan, R.V. & Ismail, Mohammad. (2019). Obruntuvannia avtomatyzatsii kompiuterno-intehrovanoi tekhnologii 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, No 1(32)*, 220-227. DOI: 10.32515/2664-262X.2019.1(32).220-227. [in Ukraine].
2. Holyk, O.P., Zhesan, R.V. & Ismail, Mohammad. (2019). Modeliuvannia imovirnosti nadkhodzhennia soniachnoi radiatsii dlia system ochyshchennia vid naftovykh sabrudnen [Modeling the probability of solar radiation for oil pollution treatment systems]. *Conference proceedings from Intellectual system for decision making and problems of computational intelligence: Mizhnarodna naukova konferentsiia (21-25 travnia 2019 roku)*. (pp. 42-43). Zaliznyi Port: FOP Vyshemyrskii V.S. [in Ukraine].
3. 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].
4. Plehov, V.H., Dyachenko, V.V., Dyachenko, I.L. (2012). Avtomatizatsiya protsessov biologicheskoy ochistki stochnykh vod predpriyatiy neftyanoy promyshlennosti [Automation of processes of biological wastewater treatment of oil industry enterprises]. *Vestnik PNIPU. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya - Bulletin PNRPU. Chemical technology and biotechnology, №14*, 22-33. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protsessov-biologicheskoy-ochistki-stochnykh-vod-predpriyatiy-neftyanoy-promyshlennosti> [in Russian].
5. Maherramov, A.M., Azizov, A.A., Alosmanov, R.M., Buniat-zade, I.A. & Patrusheva, O.V. (2011). Udalenie tonkikh neftianykh plenok s vodnoy poverkhnosti [Removing thin oil films from a water surface]. *Molodoy ucheniy - Young scientist, №7, Vol.133*, 65-56. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/30/3451/> [in Russian].
6. Marchenko, L.A., Beloholov, E.A., Marchenko, A.A., Buhaets, O.N. & Bokovikova, T.N. (2012). Issledovanie vozmozhnosti sorbtionnoy ochistki pri likvidatsii neftianykh zahriazneniy [Study of the possibility of sorption purification in the elimination of oil pollution]. *Scientific Journal of KubSAU, №84*. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-sorbtionnoy-ochistki-pri-likvidatsii-neftianykh-zagryazneniy> [in Russian].
7. Dolgopolova, V.L., & Patrusheva, O.V. (2016). Sposoby ochistki morskikh akvatoriy ot neftianykh zagryazneniy [Methods for cleaning offshore areas from oil pollution]. *Molodoy ucheniy - Young scientist, №29(133)*, 229-234. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/133/37456/> [in Russian].
8. Liu, Bo & Chen, Bing & Zhang, Baiyu. (2017). Oily Wastewater Treatment by Nano-TiO<sub>2</sub>-Induced Photocatalysis. *IEEE Nanotechnology Magazine, Vol. PP. 1-1*. DOI: 10.1109/MNANO.2017.2708818
9. Yeber, María & Paul, Elvira & Soto, Carolina. (2012). Chemical and biological treatments to clean oily wastewater: Optimization of the photocatalytic process using experimental design. *Desalination and Water Treatment, Vol. 47*, 295-299. DOI: 10.1080/19443994.2012.696413
10. Kardena, Edwan & Hidayat, Syarif & Nora, Silvia & Helmy, Qomarudin. (2017). Biological Treatment of Synthetic Oilfield-Produced Water in Activated Sludge Using a Consortium of Endogenous Bacteria Isolated from A Tropical Area. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology, Vol. 08*. DOI: 10.4172/2157-7463.1000331
11. Lusnier, Nicolas et al. (2019). Biological Treatments of Oilfield Produced Water: A Comprehensive Review. *SPE Journal*. DOI: 10.2118/195677-PA [in English].

12. Ochistka vody ot nefti. Vse o vode. veb-sajt. Retrieved from: [http://www.o8ode.ru/article/answer/clean/o4ictka\\_vody\\_ot\\_nefti.htm](http://www.o8ode.ru/article/answer/clean/o4ictka_vody_ot_nefti.htm) [[in Russian].]
13. Santos, Henrique, Carmo, Flávia, Paes, Jorge, Rosado, Alexandre & Peixoto, Raquel. (2011). Bioremediation of Mangroves Impacted by Petroleum. *Water, Air, & Soil Pollution, Vol. 216*, 329-350. DOI: 10.1007/s11270-010-0536-4
14. Li, Yao, Wang, Lizhe, Chen, Lajiao, Ma, Yan, Zhu, Xiaomin & Chu, Bin. (2013). Application of DDDAS in marine oil spill management: A new framework combining multiple source remote sensing monitoring and simulation as a symbiotic feedback control system. 2013. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*. 4526-4529. DOI: 10.1109/IGARSS.2013.6723842

**Olena Holyk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ihor Volkov**, Instructor, **Mohammad Ismail**, Doctoral Student  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **The Structure of Monitoring and Identification by Oil Pollution**

In different countries, scientists pay attention to the method of monitoring, identification and water purification from oil pollutions. The problem of oil pollution is not only relevant for oil producing countries. Oil spills can occur anywhere in the world. The authors of this article propose to develop the robot with artificial intelligence that would monitor, identify and purify water resources from oil pollution in the mode of real time. Previous studies have shown that it is advisable to use biological methods to water purification from oil pollution. To date, scientists have already developed preparations containing a consortium of microorganisms to purify water resources from oil and petroleum products. Microorganisms are able to adapt to large doses of oil. As a result of the biological treatment of petroleum contamination, such microorganisms in the environment remain bacterial protein (which does not require further disposal) and non-toxic oil decay products. The products of the activity of bacteria and the bacteria themselves are easily absorbed by the native microflora, giving the basis for the formation of humus or forming bottom silt.

The purpose of this work is to investigate installations for the biological treatment of water resources from oil and petroleum products. In order to achieve this goal, the structure of the scheme of general analysis of oil pollution is proposed in the article. This scheme contains blocks of comparison, determination of the type and amount of contamination. The results are processed using statistical and mathematical analysis methods. The following algorithm is proposed. The robot has a special container for collecting water samples. This container has special sensors that determine the condition of the sample and transmit information to the comparison unit. The comparison unit, based on the knowledge base, determines the conformity of the water sample to the standards. If the amount of pollutants is exceeded, the information goes to the units for determining the amount and type of pollutants. In the results processing unit, decisions are made regarding the method of purification and the amount of purification preparation.

In the future, this scheme will be modified and synthesized. More attention should be paid to developing a database and knowledge that is part of an intelligent decision support system. The application of this scheme to the analysis of oil pollution is possible not only for the determination of oil pollution in water resources.

**oil pollutions, identification, decision-making, knowledge data base**

*Одержано (Received) 16.12.2019*

*Прорецензовано (Reviewed) 20.12.2019*

*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019*