

Т. А. Чернявська<sup>1</sup>  
Б. О. Чернявський<sup>2</sup>

# ВИКОРИСТАННЯ BPMN В УПРАВЛІННІ ПРОЦЕСАМИ РЕМЕДІАЦІЇ ПОСТРАЖДАЛИХ ВІД ВІЙНИ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

<sup>1,2</sup> Академія Прикладних наук у Коніні (Польща)

*Необхідність наукових розробок у контексті створення ефективної системи управління ремедіацією постраждалих від війни територій вже зараз стає актуальною і значущою проблемою. Міжнародне співтовариство визнало, що друга за масштабом і тяжкістю руйнувань війна в Європі (після Другої світової - прим. авт.) завдала значної шкоди екосистемам і природним ресурсам України. Відновлення територій, забруднених хімічними речовинами, уламками військової техніки та іншими небезпечними відходами, вимагає системного і комплексного підходу до координації дій усіх учасників процесу ремедіації постраждалих територій, а також контролю за виконанням поставлених завдань з урахуванням оптимізації використання ресурсів і часу. Саме тому, авторами розглядаються можливості використання нотації BPMN (Business Process Model and Notation) як інструменту підвищення ефективності управління процесами ремедіації на всіх рівнях ієрархії: вищому державному рівні, середньому (регіональному) рівні та локальному рівні управління. У статті проаналізовано ключові переваги BPMN, а саме, можливості візуалізувати, структурувати та автоматизувати всі етапи ремедіації забруднених територій, починаючи від аналізу стану довкілля та закінчуючи контролем проведених відновлювальних операцій та оцінкою результатів. Але найголовніше те, що робить BPMN особливо цінною у питаннях управління в окреслених умовах застосування, то це те, що вона дає змогу оперативно ухвалювати ефективні управлінські рішення на підставі можливості отримання оновленої інформації. У дослідженні авторів BPMN розглядається у контексті масштабного управління складними процесами ремедіації, включно з можливістю моделювання різних сценаріїв, моніторингу виконання завдань і контролю за досягненням поставлених ключових цілей. Особливу увагу приділено аналізу можливостей гібридизації BPMN і запропоновано інтеграцію її з іншими технологіями, такими як геоінформаційні системи (GIS). На думку авторів, така гібридна система управління, стане ще більш реактивною і зможе максимально швидко адаптуватися до змін ситуації у проведенні ремедіаційних робіт.*

**Ключові слова:** ремедіація, BPMN (Business Process Model and Notation), геоінформаційні системи (GIS), нотація бізнес-процесів, контроль, стратегія.

## Вступ

Післявоєнна відбудова України вже зараз виступає головним стратегічним завданням, з якими зіткнеться держава у найближчі роки. Процеси ліквідації різних за характером і масштабом військових забруднень та ремедіації постраждалих від війни територій України є надзвичайно складними і вимагають інтегрованого підходу до управління, координації та контролю виконання завдань на всіх рівнях. Забруднення ґрунтів, водних ресурсів і повітря військовими залишками, руйнування екосистем та інфраструктури створюють серйозні виклики для відновлення цих регіонів до того рівня, щоб можна було безпечно там жити та здійснювати господарську діяльність.

Управління ремедіацією — це багатовекторний, комплексний і масштабний процес планування, координації, реалізації та контролю заходів з очищення і відновлення територій, які постраждали від забруднень або руйнувань внаслідок військових дій, техногенних катастроф чи природних явищ. Слід зазначити, що у загальному розумінні, реалізація комплексної ремедіації охоплює усі аспекти організаційно-управлінських операцій, починаючи від організації початкової оцінки нанесеної шкоди, матеріально-технічного забезпечення, а потім розподілу ресурсів, а також управлінні процесом вибору технологій очищення, закінчуючи організацією та управлінням поточного і кінцевого контролю та моніторингу.

У світлі об'єктивної оцінки усіх обставин, складність управління ремедіаційними операціями полягає ще у тому, що в країні буде потрібно ліквідувати наслідки безпрецедентних катастроф від дій агресора - екоциду (підрив греблі Каховської ГЕС), геноциду (знищення мирного населення у Бучі, Ізюмі, Маріуполі), урбіциду (цілеспрямоване знищення таких міст, як Бахмут, Вугледар, Авдіївка, Мар'їнка, Рубіжне, Попасна, Сєверодонецьк) [1].

Ідейним імпульсом наших поглиблених досліджень стала стаття "Гнучкі методи реагування на стихійні лиха - оцінка на основі процесного підходу" [2]. Колектив авторів у своєму дослідженні запропонував систему, яка здатна ідентифікувати та класифікувати дії державних установ на основі використання BPMN з урахуванням відповідності принципам управління раніше розроблених ними ініціатив організаційної інженерії.

З урахуванням вище наведеного вважаємо, що для ефективного реалізації комплексної стратегії ремедіації постраждалих територій потрібне задіяння сучасних інструментів управління, які будуть здатні забезпечити прозорість процесів, оптимальне розподілення ресурсів (робочої сили, матеріально-технічного забезпечення тощо) та ефективно управління процесами виконання ремедіаційних заходів на різних рівнях управлінської структури з урахуванням великої кількості різних суб'єктів — від державних органів до місцевих підрядників-виконавців конкретних операцій.

Саме таким інструментом може бути BPMN (Business Process Model and Notation) — міжнародно визнана нотація для моделювання та автоматизації складних бізнес-процесів. Особливість і разом з цим перевага BPMN полягає у тому, що вона дозволяє візуалізувати та систематизувати усі етапи робіт.

У разі її імплементації у загальну систему управління вона допоможе у забезпеченні кращої координації між усіма учасниками процесу ремедіації та у здійсненні ефективного контролю виконання поставлених завдань. За нашим переконанням, завдяки своїй універсальності та здатності інтегруватися з іншими сучасними технологіями (GIS, Big Data, системами управління проектами), BPMN може стати ключовим інструментом у процесі відновлення постраждалих територій України. Таким чином, важливість даного дослідження полягає у тому, що сучасна ситуація з високим ступенем невизначеності і ризику, пов'язана з необхідністю задіяння новітніх та нестандартних підходів до управління надзвичайними ситуаціями. В цьому контексті зауважимо, що традиційні методи управління не завжди дозволяють досягти необхідної гнучкості та адаптивності в умовах швидких змін ситуації та непередбачуваності, тоді як BPMN може забезпечити структурованість, комплексність та можливість швидкої реакції на зміни в реальному часі.

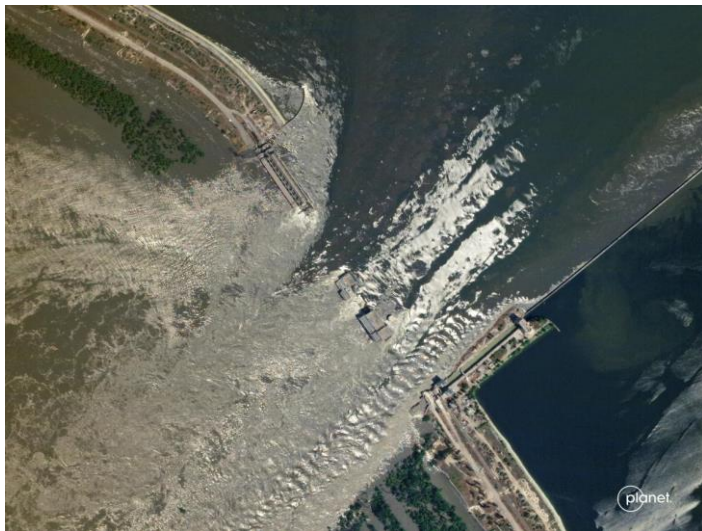


Рис. 1. Супутниковий знімок прорваної греблі Каховської ГЕС (Зображення із супутника Skysat люб'язно надано © 2023 Planet Labs PBC, доступне за адресою <https://www.planet.com/gallery/#!/post/destruction-of-the-kakhovka-dam>)



Рис. 1. Знімок факту геноциду, м. Ізюм. (Фото доступне за адресою <https://localhistory.org.ua/texts/statti/tse-novii-genotsid/>)



Рис. 1. Знімок факту урбіциду, м. Бахмут (Фото доступне за адресою <https://www.bbc.com/ukrainian/news-64743348>)

*Мета дослідження* — проаналізувати можливості та переваги застосування ВРМН для управління процесами ремедіації територій, постраждалих від війни, з акцентом на підвищення ефективності управління і контролю забезпечення та використання наявних ресурсів, координації дій між структурами різних рівнів управління. Дослідження також має на меті виявити потенційні можливості інтеграції ВРМН з іншими інструментами (зокрема, GIS - прим. авт.), що дозволить підвищити реактивність системи управління та покращити адаптивність її у забезпеченні

ефективної реалізації стратегії ремедіації в Україні.

### Результати дослідження

Панорамна розвідка авторів статті щодо контенту опублікованих праць з цієї проблематики свідчить про те, що BPMN виступає перспективним та потужним інструментом управління великими проектами, але для максимальної ефективності важливо правильно структурувати процеси, використовувати розподілення на підпроцеси, інтегрувати інструменти, що дозволяють здійснювати операційний, поточний та кінцевий контроль, а також включення інструментів автоматизації процесів. Завдяки своїй можливості масштабування, а також можливості одночасного управління різними учасниками та інтегровано функціонувати з іншими системами, BPMN дозволяє ефективно управляти масштабними складними і багаторівневими проектами, такими як відновлення інфраструктури або реалізація великих екологічних ініціатив.

Нижче представлений детальний аналіз процесу розробки та впровадження запропонованого проекту.

1. Розробка та впровадження BPMN (Business Process Model and Notation) управління ремедіацією на державному рівні вимагає комплексного підходу, що включатиме організаційні, технічні та стратегічні етапи. Перед усім, це дозволяє державним органам комплексно та системно підійти до питань організації управління складними процесами, такими як і є по суті ремедіація території країни, а також розробити концепцію загальної структури та систему координації між відомствами. Зазначимо, що імплементація BPMN в загальну систему державного управління вимагає планомірного підходу, що включає, передусім, ідентифікацію та верифікацію загальних цілей стратегії ремедіації, аналіз поточних процесів, вибір відповідної BPM-системи, навчання персоналу, інтеграцію з наявними системами та автоматизацію процесів тощо.

Загальна схема BPMN управління ремедіацією повинна включати три основні рівні управління: державний, регіональний і локальний. На кожному рівні повинні бути представлені ключові процеси, які можуть бути автоматизовані або контролюватися через BPMN.

2. Структура діаграми BPMN:

- *державний рівень* буде відображений окремим пулом з усіма процесами, що відбуваються на цьому рівні, включаючи взаємодію з регіональними органами;
- *регіональний рівень* буде представлений як окремий пул, де будуть показані процеси забезпечення та розподілу усіх видів ресурсів, моніторингу виконання поставлених на вищому рівні завдань щодо реалізації ремедіаційних заходів, оцінку стану та прогресу, а також оперативне, поточне та кінцеве звітування звітування;
- *локальний рівень* матиме власний пул з процесами виконання завдань та визначенням обов'язкової комунікації з регіональними структурами.

3. Інтеграція GIS (Геоінформаційних систем) з BPMN (Business Process Model and Notation), на наше переконання, буде потужним кроком в підвищенні ефективності управління процесами ремедіації, оскільки GIS дозволяє працювати з просторовими даними в режимі реального часу, а BPMN допомагає моделювати й автоматизувати процеси [7, 8]. Така інтеграція може забезпечити одночасно ефективний моніторинг і управління відновленням аостраждалих територій.

Нами були виокремлені ключові кроки та важливі аспекти для інтеграції GIS із BPMN у контексті управління процесами ремедіації:

1. Ідентифікація цілей інтеграції GIS та BPMN:

1. Моніторинг забруднених територій в режимі реального часу: GIS може надавати просторові дані про стан ситуації на цих територіях або ідентифікувати пошкодження

інфраструктурних об'єктів у режимі реального часу, що допоможе BPMN автоматично адаптувати процеси залежно від зафіксованих змін.

2. Оптимізація процесів, полягає у тому, що BPMN може автоматизувати процеси прийняття управлінських рішень на основі даних, які були передані з GIS, таких як визначення пріоритетних зон для очистки або відновлення, визначення кількості необхідних ресурсів, виходячі із зафіксованого масштабу забрудненої території [5].

3. *Просторове планування*, полягає у тому, що GIS може інтегрувати просторові дані у форматі, що дозволяє BPMN планувати ремедіаційні заходи із врахуванням конкретних факторів ландшафту, кліматичних умов, рівня забруднення та стану інфраструктурного забезпечення.

Таким чином, інтеграція GIS з BPMN може бути потужним інструментом для цілей управління процесами ремедіації, оскільки дозволить поєднувати просторові дані з автоматизацією процесів у візуальній, а тому більш зрозумілій формі із наявними додатковими перевагами. В результаті, це надасть змогу оперативно приймати ефективні рішення щодо організації, управління ресурсним забезпеченням та забезпечувати прозорість в усіх без виключення процесах, що стосуються центрів відповідальності за прийняті рішення.

4. Математична модель управління ремедіацією з урахуванням інтеграції GIS з BPMN включатиме в себе кілька основних компонентів. Вони складаються з набору ключових процесів, що моделюються за допомогою BPMN, та даних, отриманих з GIS, що у кінцевому результаті будуть впливати на прийняття управлінських рішень:

1. Ключові процеси ( $P$ ) - набір завдань і дій, що моделюються за допомогою BPMN. Кожен процес мусить бути представлений у вигляді функції або множини функцій, що описують взаємодію між компонентами системи.

2. Геопросторові дані ( $D_{GIS}$ ) - це дані, які були отримані з GIS, що включають загальну кліматичну інформацію та параметричну характеристику стану ситуації на забрудненій території, характер пошкоджень, масштаб та характер забруднень, ситуація щодо інфраструктурного забезпечення (для оцінки можливості реалізації транспортно-логістичних операцій тощо).

3. Автоматизовані рішення ( $A$ ) – це процеси, які запускаються автоматично на основі впроваджених даних з GIS або результатів обробки даних та моделювання за допомогою BPMN.

4. Ключові показники ефективності ( $KPI$ ) – це математично виражені цілі, такі як швидкість очищення, ефективність використання ресурсів або прогрес у відновленні території.

Слід зазначити, що ключові показники ефективності ( $KPI$ ) у контексті ремедіації повинні включати як ступінь очищення (cleanup), так і ступінь відновлення (remediation) забруднених територій залежно від рівня забруднення або застосування конкретного методу/технології ремедіації.

Тоді  $KPI$  включатимуть:

- час виконання ( $T_i$ ) - скільки часу було витрачено на реалізацію процесу;
- кількість використаних ресурсів ( $R_i$ ): кількість матеріально-технічних і людських ресурсів, використаних для реалізації процесу;
- ступінь очищення (Cleanup) – показник, який відображає наскільки знизився рівень забруднення території внаслідок проведених ремедіаційних робіт:

$$Cleanup = \frac{Li - Lf}{Li} \cdot 100\%$$

(1)

де,  $Li$  - рівень військових забруднень до початку ремедіаційних заходів;



$L_f$  - рівень військових забруднень після проведення ремедіаційних робіт.  
 - ступінь відновлення (Remediation) – показник, який дає можливість оцінити наскільки територія відновлена та є придатною для експлуатації після комплексу процедур ліквідації, очищення та відновлення території:

$$Remediation = \frac{S_f - S_i}{S_t - S_i} \cdot 100\% \quad (2)$$

де,  $S_i$  - стан територіальної системи до початку робіт;

$S_f$  - стан територіальної системи після відновлювальних робіт;

$S_t$  - це бажаний стан повного відновлення, до якого прагне проєкт.

$$KPI = \alpha \times \left(\frac{1}{T_i}\right) + \beta \times \left(\frac{1}{R_i}\right) + \gamma \times Cleanup + \delta \times Remediation \quad (3)$$

де,  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  — це вагові коефіцієнти, що відображають пріоритет кожного параметра в ремедіаційному процесі.

- загальну формулу управління процесами ремедіації з інтеграцією BPMN та GIS можна представити як багатофакторну оптимізаційну задачу, яка включає залежність процесів від геопросторових даних, часу та ресурсів:

$$\min_{P_i} (\sum (T_i + R_i - (\gamma \times Cleanup + \delta \times Remediation))) \quad (5)$$

при  $P_i(t) = f(D_{GIS}(t), R_i(t), T_i(t)) \quad (6)$

Значимо, що представлена формула включає:

- мінімізацію часу і ресурсів, тому що ми намагаємося мінімізувати час і ресурси, витрачені на процеси ремедіації територій максимально;

- максимізацію ступеня очищення та відновлення, тому що ми прагнемо максимізувати ефективність очищення і відновлення, використовуючи вагові коефіцієнти для різних елементів KPI;

- врахування залежності загальних результатів від GIS-даних: тобто з урахуванням адаптації, виконаною BPMN на основі усіх даних, які були отримані та передані від GIS, що, у кінцевому результаті, впливають на ефективність реалізації процесу ремедіації.

Резюмуючи вище наведене можемо зробити наступні узагальнення. Ключові показники ефективності (KPI) процесу ремедіації з інтеграцією BPMN і GIS у загальному проєкті, дозволяють математично вимірювати ефективність відновлювальних процесів території у контексті часу, ресурсів, очищення та відновлення.

Ця модель допоможе оцінити, наскільки добре у кожному процесі були виконані поставлені завдання, з урахуванням оптимізації ресурсного управління, забезпечуючи тим самим досягнення максимально можливого результату.

5. Заключним етапом нашого дослідження буде визначення необхідного ПО та технічного забезпечення таблицею, яка відображає необхідне програмне та технічне забезпечення для імплементації моделі управління ремедіацією на базі інтеграції GIS з BPMN [9 - 11].

Таблиця 1

ПО та технічне забезпечення для імплементації моделі управління ремедіацією

№	Ключові параметри	Програмне забезпечення	Технічне забезпечення
1.	GIS (Геоінформаційні системи)	ArcGIS, QGIS, Google Maps API, OpenStreetMap	Супутникові сенсори, GPS-обладнання, сенсори моніторингу забруднення
2.	BPMN (Бізнес-процеси)	Camunda, Bizagi Modeler, Signavio, IBM BPM	Сервери для зберігання BPM-системи; хмарні рішення: AWS, Azure
3.	Інтеграція даних	API для передачі даних між GIS та BPMN, ESB (Enterprise Service Bus)",	Інтеграційні платформи (ESB), API, IoT-пристрої
4.	Зберігання та управління даними	Бази даних: PostgreSQL + PostGIS, Oracle Spatial, MySQL	Сервери для баз даних, захищені платформи для великих даних
5.	Моніторинг та автоматизація	SCADA-системи, BPM-системи для автоматизації (Camunda, Bizagi)	SCADA-системи, пристрої для моніторингу та управління
6.	Звітування та контроль	Tableau, Power BI, Excel, інструменти для створення звітів в BPM-системах	Сервери звітності, хмарні рішення для аналітики
7.	Інфраструктура (обладнання та мережі)	Сервери для обробки великих обсягів даних, мережеве обладнання, захищені серверні платформи	Фізичне обладнання: сервери, маршрутизатори, мережеві сховища

### Висновки

Практичне використання BPMN для цілей управління процесами ремедіації в Україні з інтеграцією геоінформаційних систем (GIS) дозволить ефективно моделювати, координувати та автоматизувати ключові процеси на державному, регіональному та локальному рівнях. Це вкрай важливо в контексті оптимізації ресурсного забезпечення, зниження ризиків прийняття нераціональних рішень, у той же час, максимізації ефективності організації та координації процесів очищення та відновлення постраждалих територій, що можливо реалізувати адаптивно на основі даних реального часу. Запропонована модель також дозволить підвищити прозорість процесів управління та відповідальність за прийняті рішення. Використання сучасних інструментів, таких як BPM-системи та GIS, є важливим кроком для досягнення високих показників ефективності (KPI) ремедіації постраждалих від війни територій, що включатимуть ступінь очищення та відновлення, при оптимальних витратах часу та ресурсів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Hryhorczuk, Daniel & Levy, Barry & Prodanchuk, Mykola & Kravchuk, Oleksandr & Bubalo, Nataliia & Hryhorczuk, Alex & Erickson, Timothy. (2024). The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. DOI: 10.1186/s12995-023-00398-y/ISBN: 1745-6673
- [2] Duarte, Rafael & Gorte, Leticia & Deschamps, Fernando. (2019). Flexibility Practices in Disaster Response—A Process Approach Based Evaluation. DOI: 10.1007/978-3-030-14973-4\_3. URL:
- [3] Sari, Bektaş. (2021). EVALUATION OF INTER-INSTITUTIONAL COORDINATION IN DISASTER MANAGEMENT. *Hastane Öncesi Dergisi*. 6. 393-406. DOI:10.54409/hod.979044. URL: [https://www.researchgate.net/publication/357463643\\_EVALUATION\\_OF\\_INTER-INSTITUTIONAL\\_COORDINATION\\_IN\\_DISASTER\\_MANAGEMENT](https://www.researchgate.net/publication/357463643_EVALUATION_OF_INTER-INSTITUTIONAL_COORDINATION_IN_DISASTER_MANAGEMENT)
- [4] Regalado, Jose & Arbulu Pérez Vargas, Carmen Graciela. (2021). Decision Support Systems in Disaster Risk Management Policies for Adaptation to Climate Change. DOI: 10.1007/978-3-030-78645-8\_64
- [5] Khan, Saad & Shafi, Imran & Haider, Wasi & De la Torre Díez, Isabel & Flores, Miguel & Galán, Juan & Ashraf, Imran. (2023). A Systematic Review of Disaster Management Systems: Approaches, Challenges, and Future Directions. *Land*. DOI: 10.3390/land12081514

- [6] Hornos, Miguel J & Zamudio-Rodríguez, Víctor Manuel. (2024). Sensing, decision-making and economic impact for next-generation technologies. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 16. 271-274. DOI: 10.3233/AIS-246004
- [7] Trofymchuk, O.; Klymenko, V.; Anpilova, Y.; Sheviakina, N.; Zagorodnia, S. The aspects of using GIS in monitoring of environmental components. *Int. Multidiscip. Sci. GeoConf. SGEM 2020*, 20, 581–588. DOI:10.5593/sgem2020/2T/s08.075. URL: <https://www.proquest.com/openview/040153764e0452cb910b01b9885d9730/1?pq-origsite=scholar&cbl=1536338>
- [8] Muraoka, H.; Ishii, R.; Nagai, S.; Suzuki, R.; Motohka, T.; Noda, H.M.; Hirota, M.; Nasahara, K.N.; Oguma, H.; Muramatsu, K. Linking Remote Sensing and In Situ Ecosystem/Biodiversity Observations by “Satellite Ecology”; Springer: Tokyo, Japan, 2012; pp. 277–308. DOI:10.1007/978-4-431-54032-8\_21 URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-54032-8\\_21](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-54032-8_21)
- [9] Estoque, R.C. A review of the sustainability concept and the state of SDG monitoring using remote sensing. *Remote Sens.* 2020, 12, 1770. DOI: 10.3390/rs12111770 ISBN: 2072-4292. URL: [https://www.researchgate.net/publication/341838567\\_A\\_Review\\_of\\_the\\_Sustainability\\_Concept\\_and\\_the\\_State\\_of\\_SD\\_G\\_Monitoring\\_Using\\_Remote\\_Sensing](https://www.researchgate.net/publication/341838567_A_Review_of_the_Sustainability_Concept_and_the_State_of_SD_G_Monitoring_Using_Remote_Sensing) URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/11/1770>
- [10] Ghamry, Khaled & Kamel, Mohamed & Zhang, Youmin. (2017). Multiple UAVs in Forest Fire Fighting Mission Using Particle Swarm Optimization.. DOI: 10.1109/ICUAS.2017.7991527. URL: [https://www.researchgate.net/publication/317801685\\_Multiple\\_UAVs\\_in\\_Forest\\_Fire\\_Fighting\\_Mission\\_Using\\_Particle\\_Swarm\\_Optimization](https://www.researchgate.net/publication/317801685_Multiple_UAVs_in_Forest_Fire_Fighting_Mission_Using_Particle_Swarm_Optimization)
- [11] Tariq, Muhammad Usman. (2025). Leveraging Open Innovation for Sustainable Growth in the Digital Era. DOI: 10.4018/979-8-3693-3759-2.ch007 URL: [https://www.researchgate.net/publication/384613929\\_Leveraging\\_Open\\_Innovation\\_for\\_Sustainable\\_Growth\\_in\\_the\\_Digital\\_Era](https://www.researchgate.net/publication/384613929_Leveraging_Open_Innovation_for_Sustainable_Growth_in_the_Digital_Era)

**Чернявська Тетяна Анатоліївна** — д-р хабілітований, професор кафедри економічних та технічних наук, e-mail: [tetiana.cherniavska@konin.edu.pl](mailto:tetiana.cherniavska@konin.edu.pl);

Державний університет прикладних наук у Коніні

**Чернявський Богдан Олександрович** — PhD. Інж. наук, ад'юнкт кафедри економічних та технічних наук, e-mail: [bohdan.cherniavskyi@konin.edu.pl](mailto:bohdan.cherniavskyi@konin.edu.pl)

Державний університет прикладних наук у Коніні

## Application of BPMN for management of remediation processes in war-affected territories of Ukraine

<sup>1,2</sup> University of Applied Science in Konin

*The need for scientific developments in creating an effective management system for remediating war-affected territories is becoming an increasingly relevant and significant issue. The international community has recognized that the second most extensive and destructive war in Europe (after World War II, author's note) has inflicted substantial damage on Ukraine's ecosystems and natural resources. The restoration of territories contaminated with chemical substances, military debris, and other hazardous waste requires a systematic and comprehensive approach to coordinating the actions of all participants in the remediation process, as well as overseeing task fulfillment, with a focus on optimizing resource and time usage. Therefore, the authors explore the potential use of BPMN (Business Process Model and Notation) as a tool for enhancing the efficiency of remediation process management at all levels of hierarchy: the higher state level, the intermediate (regional) level, and the local management level.*

*The article analyzes BPMN's key advantages, notably its capacity to visualize, structure, and automate all stages of contaminated area remediation, from environmental condition analysis to monitoring restoration operations and evaluating results. What makes BPMN particularly valuable for management in the outlined application conditions is its ability to support rapid and effective decision-making through access to updated information. In the authors' study, BPMN is considered within the context of large-scale management of complex remediation processes, including the capability to model various scenarios, monitor task execution, and ensure the achievement of critical goals. Special attention is given to analyzing the possibilities of BPMN hybridization, proposing its integration with other technologies such as Geographic Information Systems (GIS). According to the authors, such a hybrid management system would become even more responsive and able to adapt swiftly to changing circumstances during remediation efforts.*

**Keywords:** remediation, BPMN (Business Process Model and Notation), Geographic Information Systems (GIS), business process notation, control, strategy.

**Tetiana Cherniavska** - Doctor Habilitated, Professor of the Department of Economic and Technical Sciences; e-mail: [tetiana.cherniavska@konin.edu.pl](mailto:tetiana.cherniavska@konin.edu.pl);



**Bohdan Cherniavskyi** - PhD, Engineer., Adjunct of the Department of Economic and Technical Sciences;  
e-mail: [bohdan.cherniavskyi@konin.edu.pl](mailto:bohdan.cherniavskyi@konin.edu.pl).