

DOI 10.15589/jnn20160315  
УДК 005.8:902.034  
Н17

## CLASSIFICATION OF DEEP ARCHAEOLOGICAL PROJECTS WITH THE USE OF MARITIME ROBOTICS

### КЛАСИФІКАЦІЯ ГЛИБОКОВОДНИХ АРХЕОЛОГІЧНИХ ПРОЕКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

Anatolii V. Nadtochii  
nva\_74@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-3869-3546

А. В. Надточій,  
ст. викл.

*Kherson Branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson*

*Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон*

**Abstract.** Based on the performance analysis the classification of deep-water archaeological projects that are carried out with the help of marine robotics means, namely remote-controlled underwater vehicles, was worked out. The main proposed classifications of projects are: archaeological value of the artifact type underwater vehicle, the depth of the location of artifacts, the distance from the coastline, underwater vehicle based place, deadline of the project, the type of research (work), cost of the project, the level of co-operation, the type of equipment, Artifact project level, hydrological and meteorological conditions that existed at the time of the project, the amount involved submersibles and members of the team of operators. This classification is the basis for the archiving of deep archaeological projects and the development of a proactive management models.

**Keywords:** underwater archeology; project; control; classification; archiving; model; proactive management.

**Анотація.** Розроблено класифікацію глибоководних археологічних проєктів, які виконуються за допомогою засобів морської робототехніки, а саме телекерованих підводних апаратів. Дана класифікація є основою при архівації глибоководних археологічних проєктів та розробці моделей проактивного управління.

**Ключові слова:** підводна археологія; проєкт; управління; класифікація; архівація; модель; проактивне управління.

**Аннотация.** Разработана классификация глубоководных археологических проектов, которые выполняются с помощью средств морской робототехники, а именно телеуправляемых подводных аппаратов. Данная классификация является основой при архивации глубоководных археологических проектов и разработке моделей проактивного управления.

**Ключевые слова:** подводная археология; проєкт; управление; классификация; архивация; модель; проактивное управление.

## REFERENCES

- [1] Babkin H. V. *Modeli upravlinnia proektamy stvorennia zasobiv morskoi robototekhniki : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: spets. 05.13.22 «Upravlinnia proektamy i prohramamy»* [Project management models of creating marine robotics]. Mykolaiv, 2016. 23 p.
- [2] Blavatskiy V. D., Koshelenko G. A. *Otkrytie zatonsvshego mira* [The discovery of a sunken world]. *Akademiya nauk SSSR* [The USSR Academy of Sciences]. Moscow, AN SSSR Publ., 1963. 108 p.
- [3] Blintsov V. S., Voronov S. O., Nadtochii A. V. *Aktualni zadachi vdoskonalennia zakonodavchoi ta normatyvnoi bazy yak skladovi proektiv zberezhennta ta muzeiefikatsii pidvodnoi kulturnoi spadshchyny Ukrainy* [Current issues of improving the legislative and standard base as components of projects of preserving and museumification of underwater legacy of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK — Collection of scientific publications*. Mykolaiv, NUK Publ., 2012, no. 2(443), pp. 109–114.
- [4] Blintsov V. S., Voronov S. O. *Bazovi tekhnologii zastosuvannia pidvodnykh aparativ-robotiv dlia zadach morskoi arkheolohii* [Basic application technologies for underwater robots for tasks of maritime archaeology]. *Innovatsii v sudnobuduvanni ta okeanotekhnitsi : Materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii* [Proc. of the International scientific and technical conference «Innovations in Shipbuilding and Ocean Engineering»]. Mykolaiv, NUK Publ., 2010, pp. 389–391.

- [5] Blintsov V. S. *Privyaznye podvodnye sistemy* [Tie-submarine system]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 1998. 232 p.
- [6] Voronov, S. O. *Entsyklopediia morskyykh katastrof Ukrainy : (zatonuli pamiatky antych., serednovich. i novit. istorii : zalyshky mist i poselen, viisk. korabli, tsyvil. sudna, avia- ta bronetehnika)* [Encyclopedia of maritime disasters of Ukraine: (sunken monuments of antique, medieval and new history: remains of cities and settlements, military and civil ships, aircraft and armored vehicles)]. Kyiv, Bohdana Publ., 2008. 848 p.
- [7] Zelenko S. M. *Pidvodna arkheolohiia Krymu* [Underwater archeology of Crimea]. K, VD «Stylos» Publ., 2008. 272 p.
- [8] Blintsov V. S., Ievliev M. M., Nadtochii A. V., Chubenko O. V. *Kontseptsiiia udoskonalennia upravlinnia proektamy robotyzatsii pidvodnykh arkheolohichnykh doslidzhen* [The concept of robotics project management improvement of underwater archaeological research]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system* [Development management of complex systems]. Kyiv, KNUBA Publ., 2016, no. 26, pp. 21–29.
- [9] Nazarov V. V. *Gidroarkheologicheskaya karta Chernomorskoy akvatorii Ukrainy (pamyatniki antichnoy i sred-nevekovoy epokh)* [Hydroarcheologic map of the Black Sea waters of Ukraine (the monuments of ancient and medieval periods)]. Kyiv, Ctilos Publ., 2003. 160 p.
- [10] *Natsionalny standart Rossiyskoy federatsii. Apparaty neobitaemye podvodnye. Klassifikatsiya. GOST R 56960* [National Standard of the Russian Federation. Vehicles uninhabited underwater. Classification. GOST R 56960]. Moscow, Standartinform Publ., 2016.
- [11] Ryzhkov S. S., Blintsov V. S., Yehorov H. V., Zhukov Yu. D., Kvasnytskyi V. F., Koshkin K. V., Krivtsun I. V., Niekrasov V. O., Cevriukov V. V., Solonichenko Yu. V. *Stvorennia universalnykh transportnykh suden i zasobiv okeanotekhniki: Monohrafiia* [Creating universal transport ships and ocean technology: Monograph]. Mykolaiv, NUK Publ., 2011. 340 p.
- [12] Kharitonov Yu. N. *Model proaktivnogo upravleniya v proektakh rekonstruktsii munitsipalnykh sistem teplosnabzheniya* [The model of proactive management in the projects of reconstruction of municipal heating systems]. *Teoretychnyi ta naukovo-praktychnyi zhurnal — Journal of Engineering Academy of Ukraine: Theoretical and scientific journal*. Kyiv, 2010, no. 3–4, pp. 284–287.
- [13] Kharitonov Yu. N. *Upravlenie proektami rekonstruktsii na osnove artefaktnykh platform* [Reconstruction Project Management on base of artifact platforms]. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologii: nauch.-tekhn. zhurnal — Aerospace Equipment and Technologies: scientific and engineering journal*. Kharkov, KhAI Publ., 2008, no. 8(55), pp. 189–192.
- [14] Ballard R. D., Hiebert F. T., Coleman D. F., Ward C., Smith J., Willis K., Foley B., Croff K., Major C., Torre F. *Deepwater Archaeology of the Black Sea: The 2000 Season at Sinop, Turkey*. *American Journal of Archaeology*, vol. 105, no. 4 (October 2001), pp. 607–623.
- [15] Robert D. Christ, Robert L. Wernli Sr. *The ROV Manual: A User Guide for Observation Class Remotely Operated Vehicles*. Elsevier, 2007. 308 p.
- [16] Green J.N. *Maritime Archaeology a Technical handbook*. Elsevier, London. NAS, 2009, *Underwater Archaeology: The NAS Guide to Principles and Practice*. Nautical Archaeology Society, Wiley-Blackwell Publishing, London.
- [17] Mochlan M. *The Role of Micro-ROVs in Maritime Safety and Security*. Mochlan Marine Sciences, 2005. 44 p.
- [18] *Remotely Operated Vehicles of the World*. Oilfield Publications Limited, 1996. 273 p.
- [19] Robert D. Christ, Steven W. Moore, Harry Bohm, Vickie Jensen. *Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication*. Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. 770 p.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На теперішній час глибоководні археологічні проекти виконуються за допомогою засобів морської робототехніки, зокрема, ненаселених прив'язних підводних апаратів (НПА, в англomовній літературі — Remotely Operated Vehicle), про що свідчать чисельні зарубіжні та вітчизняні публікації [4, 8, 14, 16]. Серед основних проблем, які стримують розвиток глибоководних археологічних досліджень в Україні слід відмітити не вирішені питання нормативно-законодавчого забезпечення проєктів

глибоководної археології [3], створення серійного виробництва телекерованих підводних апаратів [1] та ін.

Одним з основних стримуючих факторів, який суттєво впливає на розвиток та ефективність глибоководних археологічних досліджень, слід вважати практичну відсутність моделей та механізмів управління проєктами глибоководних археологічних досліджень, що за наявності значної кількості об'єктів культурної спадщини в Азово-Чорноморському басейні України [2, 6, 7, 9] робить науково-прикладну задачу їх

створення актуальною, такою що має загальнодержавне значення.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Серед напрямків підвищення ефективності управління проектами слід вважати напрям, пов'язаний з використанням проактивних моделей управління, які базуються на класифікації проектів, що в загальному випадку забезпечує скорочення часу на формування змістовної частини процесів управління [12].

Виконаний аналіз існуючих класифікаційних ознак, які стосуються глибоководних археологічних досліджень [1, 5, 11, 15, 18, 19] показав, що вони не в повній мірі задовольняють потребам управління відповідними проектами та програмами.

Так, в [18] наведена класифікація, яка стосується технічних характеристик НПА (класифікаційні ознаки за масою, глибиною, швидкістю ходу, навісним обладнанням) та відповідних завдань їх використання та призначення (аварійно-рятувальні НПА, пошукові, для ремонтних та будівельних робіт, цивільні НПА, воєнного призначення, дослідні, подвійного призначення). Класифікація, яка наведена у публікаціях [13 – 17], підрозділяє НПА на 4 класи та стосується ряду вимог до їх створення, а також до їх обладнання.

Найбільш широка класифікація НПА, з відомих, наведена у [18]. Так, у відповідності до прийнятого

стандарту класифікація ненаселених підводних апаратів здійснюється за наступними ознаками: призначення, енергетична незалежність, спосіб управління, масо-габаритні показники, потужність системи електроживлення, спосіб переміщення під водою, тип рушійно-рульового комплексу (рис. 1).

В більш розгорнутому вигляді класифікація НПА може бути представлена наступним чином.

За призначенням НПА класифікуються, як:

- пошукові;
- дослідницькі;
- робочі;
- океанологічні;
- багатоцільові (подвійного призначення).

За енергетичною незалежністю НПА класифікуються, як:

- телекеровані;
- автономні;
- напівавтономні.

За способом керування:

- дистанційно керовані оператором;
- автономно керовані за програмою.

За масою НПА класифікуються, як:

- мікро, з масою менш ніж 5 кг;
- міні, з масою від 5 до 30 кг;
- легкі, з масою від 30 до 100 кг;
- середні, з масою 100 кг до 2000 кг;
- важкі, з масою більш ніж 2000 кг.

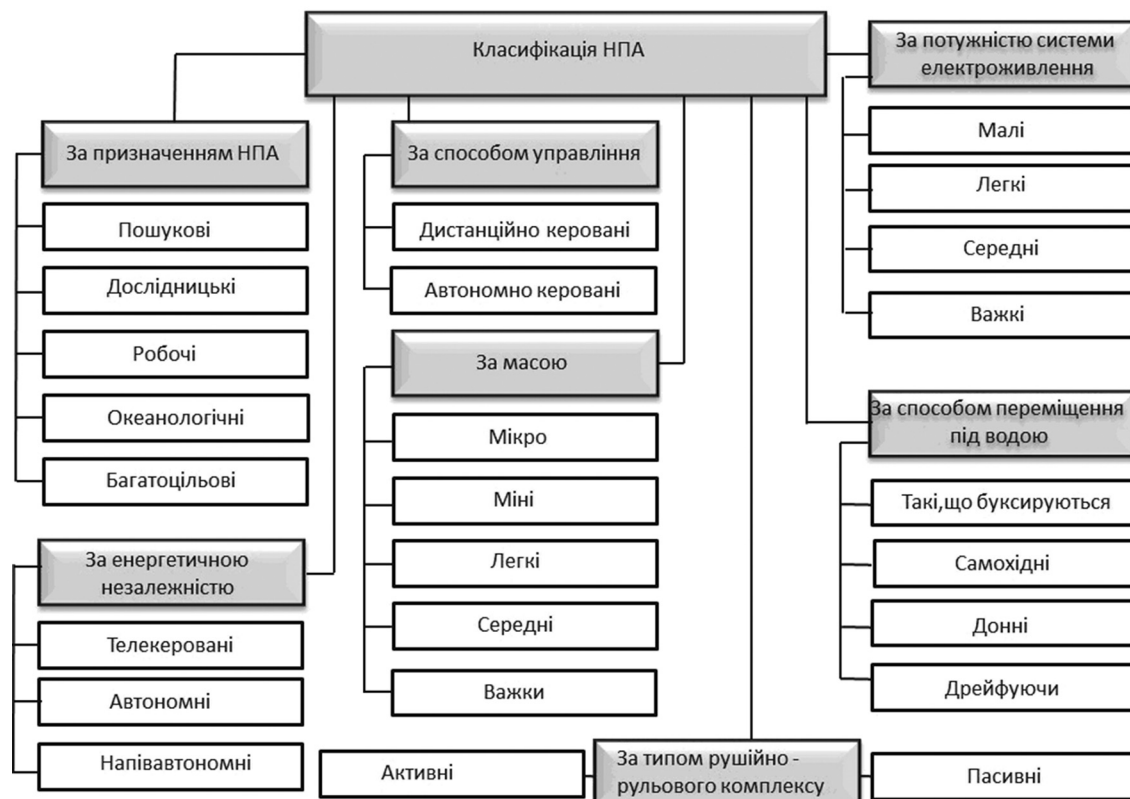


Рис. 1. Класифікація ненаселених підводних апаратів за [18]

За потужністю системи електроживлення НПА класифікуються, як:

- малі, вихідна потужність до 10 кВт;
- легкі, вихідна потужність до 30 кВт;
- середні, вихідна потужність до 75 кВт;
- важкі, вихідна потужність більш ніж 75 кВт.

За способом переміщення під водою НПА класифікуються, як:

- такі, що буксируються;
- самохідні;
- донні;
- дрейфуючі (такі, що переміщуються за течією).

За типом рушійно-рульового комплексу НПА класифікуються, як:

- активні;
- пасивні.

Проведені дослідження показали, що стосовно проектів глибоководних археологічних досліджень з використанням телекерованих підводних апаратів не розроблена їх класифікація, яка враховує суттєві ознаки стосовно питань управління проектами та програмами такої діяльності, що робить виконання завдання класифікації актуальним.

**МЕТА РОБОТИ** — визначення класифікаційних ознак та розробка класифікації проектів глибоководних археологічних досліджень з використанням ненаселених прив'язних підводних апаратів.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Враховуючи досвід науковців Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова у організації та практичному виконанні роботизованих підводних археологічних досліджень на Чорному морі спільно з фахівцями Інституту археології НАН України, а також на основі аналізу сучасної наукової літератури, у якості класифікаційних ознак глибоководних археологічних проектів запропоновано наступні:

- археологічну цінність артефакту;
- тип підводного апарату;
- глибину розташування артефактів;
- відстань від берегової лінії;
- місце базування підводного апарату;
- термін виконання робіт за проектом;
- вид досліджень (робіт);
- вартість проекту;
- рівень кооперації;
- тип обладнання;
- рівень артефактності проекту;
- гідрологічні та метеорологічні умови під час виконання проекту;
- кількість задіяних підводних апаратів та членів команди операторів.

Структура класифікаційних ознак проектів глибоководних археологічних досліджень наведена на рис. 2.

У відповідності до запропонованих класифікаційних ознак за видом робіт проекти глибоководних археологічних досліджень класифікуються як:

- пошукові проекти;
- проекти з дослідження артефактів;
- проекти дослідження гідрологічних та інших умов у зоні робіт;
- проекти, що спрямовані на підйом артефактів, їх складання;
- комбіновані.

Вибір даних класифікаційних ознак ґрунтується на переліку визначених артефактів та імовірних археологічних глибоководних проектів, які можуть існувати на близьку, середню та далеку перспективу для Азово-Чорноморського басейну.

За археологічною цінністю артефактів, які досліджуються, проекти класифікуються як такі, що мають світове значення, національне та невизначені.

У відповідності до термінів проведення проектів проекти класифікуються на:

- короткострокові — з терміном до 30 діб;
- середньострокові — з терміном до 6 місяців;
- довгострокові — з терміном більш ніж 6 місяців.

Пропонована класифікаційна ознака враховує існуючі довгострокові метеорологічні та гідрогеологічні прогнози у Азово-Чорноморському басейні, а також досвід Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова у виконанні археологічних проектів за термінами.

З позицій управління проектами важливими класифікаційними ознаками слід вважати вартість проектів, ступень їх артефактності та рівень кооперації. За вартістю проекти класифікуються, як: низької, середньої та високої вартості. При тому, вважаються проекти низької вартості — до 100 тис. доларів США, середньої — до 1 млн доларів США та високої — більш ніж 1 млн доларів США. Така класифікація є умовною та пояснюється масштабністю імовірних проектів.

За рівнем кооперації класифікація глибоководних археологічних проектів передбачає визначення кількості учасників проекту: до 5 учасників — проекти низького рівня кооперації, від 6 до 20 учасників — середнього рівня кооперації, більш ніж 20 учасників — високого рівня кооперації. Прийняте нормування даної класифікаційної ознаки визначається очікуваною складністю моделей планування комунікацій при виконанні глибоководних археологічних проектів.

Ступінь артефактності проектів визначається як [13]:

$$\Omega^j = \frac{\sum p_i^j + \sum \frac{w_i^j}{w_i^j}}{\sum \frac{p_i^j}{p_i^j} + \sum \frac{w_i^j}{w_i^j} + \sum \frac{d_i^j}{d_i^j} + \sum \frac{z_i^j}{z_i^j}},$$

де  $j=1, \dots, N$  — порядковий номер проекту;  $i=1, \dots, M$  — порядковий номер характеристики проекту;  $p_i^j, w_i^j$  —



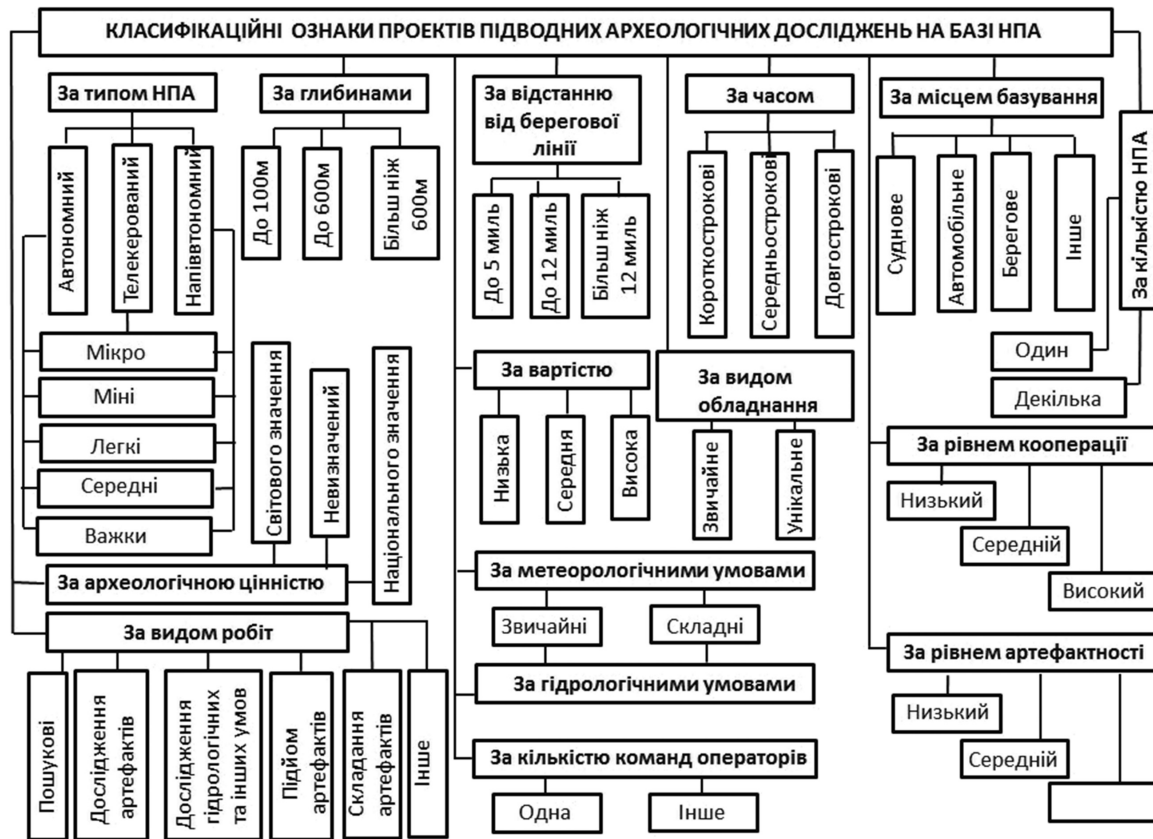


Рис. 2. Класифікаційні ознаки проектів глибоководних археологічних досліджень

параметричні та функціональні характеристики елементарних артефактних складових проекту;  $d_i^j, z_i^j$  — параметричні та функціональні характеристики елементарних складових проекту, які потребують розробки.

За гідрологічними та метеорологічними ознаками проекти класифікуються за двома характеристиками: складні та звичайні.

Найважливішими класифікаційними ознаками, що впливають на проекти глибоководних археологічних досліджень слід вважати ознаки, які пов'язані з самим підводним апаратом та умовами його експлуатації: тип НПА, глибини проведення досліджень, відстань від берегової лінії, кількість НПА, місце базування, видом обладнання, кількість команд операторів.

За типом НПА проекти класифікуються, як проекти на основі автономних НПА, телекерованих та напівавтономних. При тому, у відповідності до [14] враховуються масові характеристики НПА: міні, мікро, легкі, середні, важкі.

Проекти глибоководних археологічних досліджень за глибинами можна класифікувати, як проекти, що проводяться на глибинах до 100 м, до 600 м та більш ніж 600 метрів, що пояснюється можливими глибинами експлуатації НПА.

За відстанню від берегової лінії пропонується класифікувати проекти як прибережні — з відстанню до 5 миль, проекти, що проводяться в межах національних вод — з відстанню до 12 миль, та такі, що проводяться у нейтральних водах — з відстанню більш ніж 12 миль.

Класифікаційна ознака, така як місце базування НПА — суднове, автомобільне, берегове та інше, визначає технологічну модель дослідження, суттєво впливає на показники проекту, його ресурсне забезпечення.

Зазначимо, що кількість НПА, вид обладнання, кількість команд операторів визначаються перш за все місією проекту, цільовим завданням проекту, необхідним технологічним забезпеченням. Так, за кількістю потрібних НПА проекти класифікуються, як проекти, що провадяться на базі одного НПА, або як проекти, що провадяться на базі декількох НПА. За обладнанням, яке використовується під час проведення глибоководних досліджень, проекти підрозділяються на ті, що використовують звичайне або унікальне обладнання. Наприклад, до унікального обладнання відносять профілографи, 3-D сонари тощо.

Визначені класифікаційні ознаки дають змогу класифікувати глибоководні археологічні проекти та реалізовувати процеси їх архівації.

**ВИСНОВКИ.** Визначено основні класифікаційні ознаки проектів глибоководних археологічних досліджень, до яких слід відносити: археологічну цінність артефакту, тип підводного апарата, глибину розташування артефактів, відстань від берегової лінії, місце базування підводного апарата, термін виконання робіт за проектом, вид досліджень (робіт), вартість проекту, рівень кооперації, тип обладнання, рівень артефактності проекту, гідрологічні та метеорологічні умови, що існували під час виконання про-

екту, кількість задіяних підводних апаратів та членів команди операторів. Запропоновані та обґрунтовані класифікаційні ознаки дають змогу класифікувати глибоководні археологічні проекти та реалізовувати процеси їх архівації.

Розроблена класифікація дозволяє моделювати процеси та створювати моделі проактивного управління проектами та програмами глибоководних археологічних досліджень шляхом створення відповідно матриці цінностей проекту та шаблонів-архіваторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Бабкін, Г. В.** Моделі управління проектами створення засобів морської робототехніки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.22 «Управління проектами і програмами» / Г. В. Бабкін. — Миколаїв, 2016. — 23 с.
- [2] **Блаватский, В. Д.** Открытие затонувшего мира [Текст] / В. Д. Блаватский, Г. А. Кошеленко // Академия наук СССР. — М. : Изд-во АН СССР, 1963. — 108 с.
- [3] **Блінцов, В. С.** Актуальні задачі вдосконалення законодавчої та нормативної бази як складові проектів збереження та музеєфікації підводної культурної спадщини України [Текст] / В. С. Блінцов, С. О. Воронов, А. В. Надточій // Збірник наукових праць НУК. — Миколаїв : НУК. — 2012. — 2(443). — С. 109–114.
- [4] **Блінцов, В. С.** Базові технології застосування підводних апаратів-роботів для задач морської археології [Текст] / В. С. Блінцов, С. О. Воронов // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. — Миколаїв : НУК, 2010. — С. 389–391.
- [5] **Блинцов, В. С.** Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. — К. : Наукова думка, 1998. — 232 с.
- [6] **Воронов, С. О.** Енциклопедія морських катастроф України : (затонулі пам'ятки антич., середньовіч. і новіт. історії : залишки міст і поселень, військ. кораблі, цивіл. судна, авіа- та бронетехніка) [Текст] / С. О. Воронов. — К. : Богдана, 2008. — 848 с.
- [7] **Зеленко, С. М.** Підводна археологія Криму. — К. : ВД «Стилос», 2008. — 272 с.
- [8] Концепція удосконалення управління проектами роботизації підводних археологічних досліджень [Текст] / В. С. Блінцов, М. М. Ієвлев, А. В. Надточій, О. В. Чубенко // Управління розвитком складних систем. — К. : КНУБА, 2016. — № 26. — С. 21–29.
- [9] **Назаров, В. В.** Гидроархеологическая карта Черноморской акватории Украины (памятники античной и средневековой эпох) [Текст] / В. В. Назаров. — К. : Стилос, 2003. — 160 с.
- [10] Национальный стандарт Российской Федерации. Аппараты необитаемые подводные. Классификация. ГОСТ Р 56960. — 2016. — М. : Стандартинформ, 2016.
- [11] Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки : монографія / С. С. Рижков, В. С. Блінцов, Г. В. Сгоров, Ю. Д. Жуков, В. Ф. Квасницький, К. В. Кошкін, І. В. Кривцун, В. О. Некрасов, В. В. Севрюков, Ю. В. Солоніченко; за ред. С. С. Рижкова. — Миколаїв : Видавництво НУК, 2011. — 340 с.
- [12] **Харитонов, Ю. Н.** Модель проактивного управления в проектах реконструкции муниципальных систем теплоснабжения [Текст] / Ю. Н. Харитонов // Вісник інженерної академії України: Теоретичний та науково-практичний журнал. — Київ, 2010. — № 3–4. — С. 284–287.
- [13] **Харитонов, Ю. Н.** Управление проектами реконструкции на основе артефактных платформ [Текст] / Ю. Н. Харитонов // Авиационно-космическая техника и технологии: науч.-техн. журнал. — Харьков : ХАИ, 2008. — № 8 (55). — С. 189–192.
- [14] **Ballard, R. D.** Deepwater Archaeology of the Black Sea: The 2000 Season at Sinop, Turkey [Text] / R. D. Ballard, F. T. Hiebert, D. F. Coleman, C. Ward, J. Smith, K. Willis, B. Foley, K. Croff, C. Major, and F. Torre // American Journal of Archaeology Vol. 105 No. 4 (October 2001). — Pp. 607–623.
- [15] **Christ, R.** The ROV Manual: A User Guide for Observation Class Remotely Operated Vehicles [Text] / Robert D. Christ, Robert L. Wernli Sr. // Elsevier, 2007. — 308 p.
- [16] **Green, J. N.** Maritime Archaeology a Technical handbook. Elsevier, London. NAS, 2009, Underwater Archaeology: The NAS Guide to Principles and Practice. Nautical Archaeology Society, Wiley-Blackwell Publishing, London.
- [17] **Mochlan, M.** The Role of Micro-ROVs in Maritime Safety and Security. [Text] / M. Mochlan // Mochlan Marine Sciences, 2005. — 44 p.
- [18] Remotely Operated Vehicles of the World [Text] — Oilfield Publications Limited, 1996. — 273 p.
- [19] **Robert, D. Christ** Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication [Text] / Robert D. Christ, Steven W. Moore, Harry Bohm, Vickie Jensen // Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. — 770 p.

© А. В. Надточій

Надійшла до редколегії 03.08.2016

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК д-р техн. наук, проф. В. С. Блінцов