

## ИЗСЛЕДВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА КОНСТРУКЦИИ, ИЗПОЛЗВАНИ ЗА ИЗКУСТВЕНИ ПОДВОДНИ РИФОВЕ

Николай Янев Ников, Татяна Любенова Жекова, Ивелина Петрова Драганчева

### EXAMINATION OF EFFECTIVITY OF CONSTRUCTIONS DEDICATED FOR ARTIFICIAL REEFS

Nikolay Yanev Nikov, Tatyana Lyubenova Zhekova, Ivelina Petrova Dragancheva

**Abstract:** Some of the habitats in the World Ocean are natural and artificial reefs. Examination of the types of construction, shape; factors that affect the structure, size of fouling, resistance to different natural factors were carried out. Advantages and disadvantages of the various structures were investigated.

**Keywords:** marine ecology, artificial reef, bottom-pelagic structure, Black sea, bays

#### I. ВЪВЕДЕНИЕ

В Световния океан се съдържат около 1,36 милиарда  $\text{km}^3$  (234 мил. кубични мили) морска вода. В нея са разтворени 48 милиарда тона соли, газове и други вещества. Морската вода като субстанция има много необичайни свойства, например високо повърхностно налягане и ниска топлопроводимост, които са от първостепенно значение за поддържане на живот и имат балансиращ ефект върху световния климат. Водата в Световния океан е нееднородна и изменчива според сезоните на температура, налагане, съдържание на разтворимите вещества, степен и качество на светлинните лъчи. Тези особености на морската вода са предпоставка за съществено въздействие върху всички потопени хидротехнически съоръжения, част от които играят ролята на изкуствени рифове.

*Изкуствен риф* [1] е създадена от човека подводна структура, предназначена за увеличаване на биоразнообразието на бентоса, контролиране на ерозията, възпрепятства драгирането на дъното и блокира достъпа на кораби. Изкуствените рифове имат дълга традиция в много части на света. През последните години обаче използването на съвременни материали за конструирането им се увеличава. Например използването на специално създадените градивни елементи, наречени модули, изградени от цимент, пластмаса и стомана, е позволило изграждането на сравнително големи структури. Тяхната употреба има своите предимства и недостатъци. Те могат да бъдат много ценни в ремонт на повредени рифове и повторно създаване на рифове, които са били унищожени.

Изкуствените рифове също трябва да бъдат изградени от материали, които не замърсяват района, ако тяхната цялост е нарушена или съборена. Синтетичните материали и пластмаси отделят химикали под комбинираното действие на ултравиолетовата светлина на слънцето и солената вода, поради което например не трябва да се използват гуми. Използват се много различни видове модули, включително и пръстени, железобетонни модули, гранитни камъни, кокосови пънове, щеки, тръби, бутилки, и други.

За разработване на настоящото изследване е направен анализ на български научни литературни източници [8, 9, 10, 11, 12, 13], при който се установи, че до настоящия момент в Черноморското крайбрежие за изкуствен подводен риф не е използвана конструкция за изграждане на дънно-пелагичен хабитат, която се състои от гъвкави и лесно сменяеми елементи.

#### II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Много подводни рифове са изградени от обекти с различно първоначално предназначение, например чрез потапяне на петролни платформи, потапяне на кораби или изсипване на чакъл и строителни материали. Други изкуствени рифове са изработени от

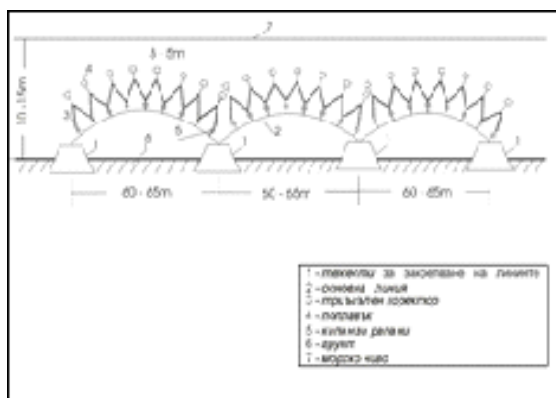
специални пластмасови или бетонови елементи. Останките при корабокрушения също могат да се превърнат в изкуствен риф, ако се задържат на дъното.

Независимо от използвания конструктивен метод, изкуствените рифове осигуряват твърда основа, към която се закрепват различни водорасли и безгръбначни - ракообразни, корали или стриди, които са различни за всеки водоем. За Средиземно и Черно море т. нар. обрастатели са предимно от Черна мида. Този подводен живот в течение на времето осигурява благоприятна жизнена и хранителна среда за биоценоза на рибите.

Обект на настоящото изследване са подводни конструкции, използвани за изкуствени рифове в Българското черноморско крайбрежие.

В резултат на направени проучвания са избрани следните видове конструкции за оценка:

- Подводен дънен хабитат, разработен по проект ДДВУ 02/17/20.12.2010 г. в залива Вромос от научен колектив на ТУ- Варна (фиг. 1). Основните материали, от които са изградени тези елементи са железобетонни блокове, въжени триъгълни колектори и поплавци.



Фиг. 1. Схема на част от дънно-пелагичния хабитат [2]:

- Потънали кораби (Фиг. 2);



Фиг. 2. Снимка на потопен обраснал кораб [7]

- Потънали самолети (фиг. 3)



Фиг. 3. Снимка на потапяне на самолет [7]

Основните критерии за оценка на конструкциите са:

**1) Устойчивост на конструкцията спрямо различните фактори на средата**

Устойчивостта на конструкцията се определя спрямо следните основни фактори:

- *Вид грунт.* Анализът на видовете грунт показва, че при тинест, пясъчлив или тинесто-пясъчлив грунт поради високата хигроскопичност на микрочастиците на тези дъна, те поемат почти половината площ от потъналите или потопените конструкции – самолет, кораб, както и тези с бетонни елементи.

Следва да се отчете и фактът, че при потъването си тези конструкции унищожават голяма част от дънната биоценоза.

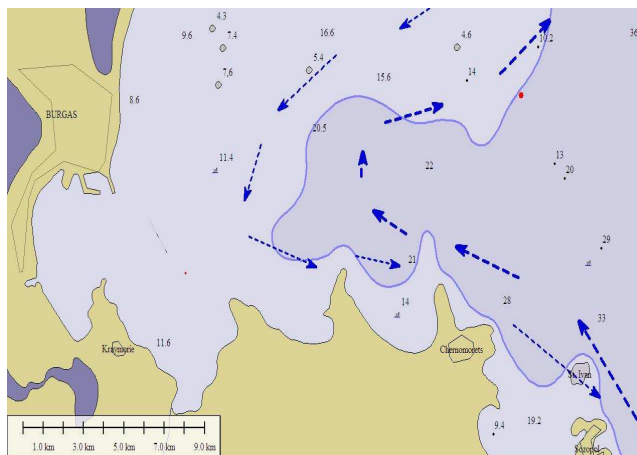
При потъване на самолети и кораби в пясъчлив и тинест грунт и с отчитане влиянието на силни подводни течения, те се наклоняват под различен ъгъл, с което се променя и площта на потъване. Докато разработеният дънен хабитат е застопорен към дъното посредством котви, от което следва, че площта му е непроменена.

- *Течения.* Повърхностните течения в Черно море се зараждат в устията на големите реки и в Керчевския проток. Закономерно те се отклоняват от Кориолисовата сила надясно. Голямо значение за посоките на теченията имат ветровете и конфигурацията на бреговата линия. През пролетта при максимално постъпване на речни води ветровете понякога не са в състояние да обърнат течението, а през есента то напълно се влияе от вятъра. Във връзка с различни причини в по-долните слоеве теченията могат да бъдат с други посоки. Основната маса речни води постъпва в северозападната част на морето. Тук започва мощно крайбрежно течение. Събирайки водите на Днепър, Южен Буг и Днестър, то придобива истинските си размери след поемането на дунавските води.

За монтаж на избраната конструкция на подводния хабитат е необходимо да се избере тиха акватория.

Релефът и географското разположение на Големият Бургаски залив предполагат разнороден характер на теченията. Анализът на теченията [2, 5] (Атлас на Черно море) показва, че постоянното антициклонално течение което минава покрай Българското черноморско крайбрежие на север, навлиза съвсем малко в този залив. Релефът на дъното и характерът на бреговата линия предполагат слаби хидродинамични въздействия върху водната маса в залива Вромос.

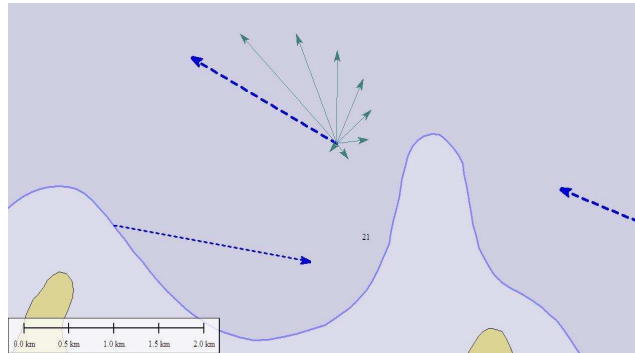
От друга страна хидрологичните и хидродинамичните характеристики на избраната акватория могат да бъдат променени както в сезонен аспект, така и при временни изменения на метеорологичната обстановка. В периода на пълноводие на реките (пролет и есен) освен „постоянното“ антициклонално течение съществено влияние оказва и съответното противотечение с посока юг (фиг. 4), което предполага разнасяне на органичен и неорганичен материал и в двете посоки. От друга страна миграциите на хидробионтите в голяма степен са повлияни и от теченията, които са носители на храна и оказват влияние върху предвижването им.



Фиг. 4. Карта на Големия Бургаски залив, с посочено постоянно антициклонално течение с посока север и неговото противотечение с посока юг [2]:

Освен постоянния и сезонния характер на течения, някои временни метеорологични явления също оказват влияние върху размесването на водните маси, което предполага хармонизиране на състава на водите в триизмерното пространство. При вятър 10 – 15 m/s се наблюдава насочване на теченията в посоката на вятъра.

Освен двете основни течения и вятъра върху разнородния характер на тяхната посока съществено влияние оказват и Кориолисовите сили (Фиг. 5). Под тяхното въздействие в дълбочина посоката на теченията се изменя спираловидно.



Фиг. 5. Карта на залив Вромос, с посочени постоянно антициклонално течение с посока север и неговото противотечение с посока юг и допълнително изменение на посоките на теченията от Кориолисовите сили [2]:

- *Вълнение*. Силата на вълнението, височината на вълната и нейната скорост зависят от силата на вятъра, неговата продължителност и от разгона на вълната. Теоретически максималното вълнение край Българския бряг се наблюдава при източни ветрове, а край Кавказкия бряг - при западни. При вятър 7-8 бала, продължаващ две денонощия, край Българския бряг максимално могат се образуват вълни с височина 6 m и дължина около 90 m [14]. В действителност максималните размери на вълните дори при по-големи бури са по-малки. За това оказват влияние крайбрежната плитчина, отразените вълни и др.

Тъй като конструкциите на самолетите и корабите са изчислени за устойчивост в силно динамични среди не са необходими допълнителни изчисления.

За оценка устойчивостта на подводния хабитат е използвана изчислителната записка на проектната документация относно „Морско хидротехническо съоръжение (МХТС) за заселване на Черна морска мида (*Mytilus edulis*) с цел подобряване на екологичния статус на крайбрежните води“ [6].

Теглото на популацията миди е разпределено по дължината на въжето.

- *Биомаса*. Изчислена е биомасата само за дънния хабитат, ситуиран в залива Вромос, тъй като той е с най-голяма площ на обрастване.

Плаваемостта на съоръжението се установява в зависимост от предполагаемата биомаса на мидите, с размер на колекторите 3 m. Биомасата на мидите на колекторите [2, 6] се определя по формула (1):

$$B_M = (29,7 \pm 4,1) \cdot \omega^{(0,97 \pm 0,08)} \quad (1)$$

където:  $\omega$  е размерът на страничната повърхност на един линеен метър от колектора. Изхождайки от анализа на практическите данни на КГМ ТУ - Керч, се завишава полученото максимално значение още 1,9 пъти (такова увеличение осигурява определен якостен запас), тъй като е необходимо да се отчетат понякога възникващите резки увеличения на биомасата на мидите, тинята и различните обрастатели. За акваториите на източната част на Черно море големината на страничната повърхност на един метър от линейния колектор е приета:  $\omega = 0,19 + 0,01 \text{ m}^2/\text{m}$ . По пресмятания на един колектор с дължина 3 m може да се очаква биомаса на мидите с обрастатели – 30 kg.

Изчисляването на масата на удържащата тежест (количеството на тежести на една линия с дължина 125 m по 7 бр.) се осъществява при въздействие на щормово вълнение със следните параметри на вълната: височина 5,5 m; дължина 120 m; период 9,5 секунди. При такова вълнение се определя скоростта на движение на водата във всички посоки от повърхността до дъното. За всички елементи на съоръжението (основни шамандури, допълнителни поплавци, колектори с миди) се определят усилията на съпротивлението и при вземане под внимание на величината на плаваемост се изчислява големината на натоварване на въжените връзки с тежести. Съгласно изчисленията масата на бетонната тежест е необходимо да бъде не по-малко от 4,5 t.

По отношение устойчивостта на конструкцията на потопените кораби и самолети, за определяне биомасата се взема под внимание единствено площта на обрастване на конструкцията. Това се дължи на факта, че тези конструкции са щормоустойчиви, а ефектът от действието на силни течения и вълнения е свличането на мидите от съоръжението. Приблизителната биомаса на тези съоръжения е изчислена по същата формула, където  $\omega$  е размерът на страничната повърхност на един квадратен метър от площта на обрастване.

В резултат на направените изчисления се установява, че конструкцията на дънно-пелагичния хабитат е по-устойчива на горепосочените явления поради своята гъвкавост.

Анализът на влиянието на факторите и параметрите на средата от една страна показва, че при силно вълнение и течение конструкциите на потънали самолет и кораб остават, неизменящи положението си, а задържащата сила на обрастателите към повърхността на конструкцията намалява и на практика те се откъсват. От друга страна при затихване на тези фактори, конструкциите се зариват с пясък и тиня, което допълнително възпрепятства цялостното им обрастване.

При оценката степента на влияние на факторите и параметрите на средата върху потъналите рифови конструкции се заключава, че предполагаемата площ на обрастване е изменчива.

## 2) Площ на обрастване

При изчисленията се отчита двуслойното обрастване на конструкциите, което повърхностно изглажда формите им.

За кораб и самолет се вземат осреднени статистически данни за параметрите в тримерното пространство.

### a) Площ на обрастване на кораб:

Площта на обрастване на кораб (S) е изчислена по формула (2) като са използвани следните параметри:

- Максимална дължина: 133,67 m;
- Ширина: 22 m;
- Височина на борда: 8,0 m;
- Газене: 4,80 m.

$$S = \iint_D \sqrt{1 + (z'_x)^2 + (z'_y)^2} dx dy \quad (2)$$

$$S_{\text{обрастване на кораб}} = 157 \text{ m}^2;$$

### b) Площ на обрастване на самолет:

Площта на обрастване на потопен самолет (S) е изчислена по формула (3) като са използвани следните параметри:

- Дължина: 20 m
- Размах на крилото: 14 m
- Височина: 4,8 m
- Площ на крилото: 90 m<sup>2</sup>

$$S = 2b\pi \int_0^a \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \cdot \left(1 + \frac{b^2 x^2}{a^2(a^2 - x^2)}\right) dx \quad (3)$$

$$S_{\text{обрастване на самолет}} = 130 \text{ m}^2;$$

с) Площ на обрастване на подводен риф:

Площта на част от подводния дънен хабитат е изчислена на база по-долу посочените данни по формула (4):

- 14 котви с трапецовидна форма и размери съответно:
  - голяма основа на трапеца – 1300 x 1300 mm;
  - малка основа на трапеца – 500 x 500 mm.
- корабни въжета по дъното с дължина – 840 m;
- 150 поплавъка – 25 x 25 cm.
- 300 колектора с обща дължина 1800 m.
- 

$$S = 2b\pi \int_0^a \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \cdot \left(1 + \frac{b^2 x^2}{a^2(a^2 - x^2 - r^2)}\right) dx d\varphi d\theta \quad (4)$$

$$S_{\text{обрастване на подводния риф}} = 962 \text{ m}^2.$$

За площ на потъване в тинест, песъчлив или тинесто-песъчлив грунт площта на потъване на кораб и самолет е почти равна на площта на обрастване. Докато площта на потъване на дънно-пелагичния хабитат е почти равна на площта на обрастване само на котвите.

При грунт от тип пясък-тиня-камъни, поемащата способност на дънно пелагичния риф е до 1/3 от изчислените площи (посочени в а), b) и с)).

В резултат на направените изчисления се установява, че увреждането на дънната биоценоза от подводния дънно-пелагичен хабитат в сравнение с другите разгледани конструкции е много по-слаба.

**3) Оценка на възможността на подводните рифови конструкции да подобрят екологичния статус на акваториите**

Оценката на възможността на подводните рифови конструкции да подобрят екологичния статус на акваториите е направена на база литературни източници [3, 4] и изчисления за филтрационната способност на мидите.

При определяне средната филтрационна способност на биомасата на потопена самолетна конструкция се установи, че за една година конструкцията обраства средно с 33 818 броя Черни миди. Определена е биомаса:  $V_M = 70.9 \text{ kg}$  и филтрационна способност 202 908 l/h.

При определяне средната филтрационна способност на биомасата на потопена корабна конструкция се установи, че за една година обрастването е средно с 40 842 броя Черни морски миди. Изчислената биомаса е:  $V_M = 64,2 \text{ kg}$  и филтрационна способност – 245052 l/h.

При определяне средната филтрационна способност на биомасата на конструкцията на подводния хабитат се установи, че за една година обрастването е средно с 250 260 броя Черни миди с биомаса:  $V_M = 4 800 \text{ kg}$  и филтрационна способност 1 501 560 l/h. При тези изчисления е предвидено обрастване на всички съставни елементи от конструкцията (Фиг. 6).



B2%D0%B5%D0%BD%D0%B8+%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8+%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%BE%D0%B2%D0%B5&biw=1600&bih=734&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0CCYQsARqFQoTCKfg0bTYhckCFUJcLAodw\_cKkw

8. Траянов, Т., 1980. Изкуствени рифове? Защо не?. В: Защита на природата - София, кн.6, с.21-22.

9.Траянов, Т., 1983. Ще бъдат ли строени изкуствени рифове?, В: Рибно стопанство – Бургас, кн.5, с.7-8.

10.Траянов, Т.,1988. Методика за изследване на ефективността на изкуствените рифове, В: Национална научно-техническа конференция „Минерални и рекреационни ресурси на българското черноморско крайбрежие”. Сборник, Том II, с.89-94.

11.Траянов, Т., 2002. On the multipurpose principles for construction of artificial reefs. Sixth International Conference on Marine Sciences and Technologies „Black Sea 2002”. Vol.I, pp.302 – 305.

12.Берникова, Т. А.,2011. Гидрология с основами метеорологии и климатологии, Москва, с. 595.

**За контакти:**

ТУ Варна , ас. д-р Татяна Жекова  
[tatianazhekova@gmail.com](mailto:tatianazhekova@gmail.com).