

## ПЪРВИ ЦИФРОВ МОДЕЛ НА МОРСКОТО ДЪНО НА ЮЖНОБЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ - ШИРОК БУРГАСКИ ЗАЛИВ

**Тодор Ламбев, Любомир Димитров**

*Институт по океанология "Фритъов Нансен", БАН, 9000 Варна, [totolamb@abv.bg](mailto:totolamb@abv.bg), [geos@io-bas.bg](mailto:geos@io-bas.bg)*

**РЕЗЮМЕ.** Съставеният цифров модел на морското дъно в акваторията на южнобългарското черноморско крайбрежие – широк Бургаски залив (от н. Емине до н. Маслен нос), е резултат от обработката и събирането на данни: от еднолъчев ехолот и многолъчеви сонарни системи, получени от Института по океанология към БАН в гр.Варна; от батиметричен лидар; предоставени от пристанищните власти и от дигитализиране на изобати от морски навигационни карти. Данните от еднолъчевия ехолот и многолъчевите сонарни системи са придобити по време на изпълнението на различни национални и международни проекти на ИО-БАН. В участъците, за които няма данни, е направено ръчно допълване на изобатите, построени въз основа на околния релеф и кръгова интерполация със стъпка 55 m. От съвместяването на всички данни е съставен цялостен 3D модел на релефа на морското дъно с резолюция на модела от 1/64 минута по паралела или размер на клетката от 29 m. Цифровият модел позволява детайлното разчитане на дънния релеф по цялата си площ и с успех може да се използва при съставянето на високо точни, дребномащабни навигационни карти и за изучаване на геоморфологията на морското дъно. Цифровият модел е съставен в изпълнение на проект EMODNet Bathymetry финансиран от ЕС и е включен в европейската базата хидрографски данни.

**Ключови думи:** цифров модел, морско дъно, Бургаски залив, континентален шелф, морфоложко зонироване, многолъчева сонарна система

### FIRST DIGITAL TERRAIN MODEL OF THE SEABED OF SOUTH BULGARIAN BLACK SEA COAST - BROAD BOURGAS BAY

**Todor Lambev, Lyubomir Dimitrov**

*Institute of oceanology "Fridtjov Nansen", BAS, 9000 Varna, [totolamb@abv.bg](mailto:totolamb@abv.bg), [geos@io-bas.bg](mailto:geos@io-bas.bg)*

**ABSTRACT.** Composite digital terrain model of the seabed in the waters of the southern Bulgarian Black Sea coast - broad Burgas Bay (from Cape Emine to Cape Maslen nos) is the result of processing and assembling data from single beam echosounder and multibeam sonar systems derived from the Institute of Oceanology-BAS, bathymetric LiDAR data, data provided by the port authorities and data from digitizing water lines from marine navigational charts. Data from single beam echosounder and multibeam sonar systems were acquired during the implementation of various national and international projects of IO-BAS. Areas for which no data are available were completed by manually drawn isobaths built on the grounds of the surrounding terrain and circular interpolation with step of 55 m. By combining all the data a comprehensive 3D digital terrain model of the topography of the seabed with resolution of 1/64 arc minute or cell size of 29 m was created. The digital terrain model allows detailed understanding of the seafloor morphology and with success can be used in the compilation of highly accurate, small-scale navigational charts and study of the geomorphology of the seabed. The digital model was made under implementing the project EMODNet Bathymetry funded by the EU and is included in the European hydrographic data base.

**Keywords:** Digital model, sea bottom, Burgas bay, continental shelf, morphological zones, multibeam echo sounder systems

### Въведение

Крайбрежната зона в световен мащаб изпитва все по-голям антропогенен натиск от дейности като строителство, морски трафик, туризъм, промишлен риболов и други причини. Всяка една от тези дейности създава уникални изисквания за наличие на надеждни данни, за картографиране, за нуждите на планирането и управлението на крайбрежните зони включващи:

- строителни проекти за туризма, жилищното настаняване и промишленост имат нужда от дигитални модели на прехода земя - море за планиране на сгради, пристани, пристанища, рибарство, тунели и мостове;
- търговският и спортният морски трафик изисква добри навигационни карти, които покриват открити водните площи и в близост до брега;
- устойчиви, алтернативни енергийни източници създават необходимостта от карти и модели за изследване

на идеалната позиция на подводни турбини и вълнови електрогенератори;

- изменението на климата изисква изследване на въздействието от повишаването на морското равнище. Цифрови модели на терена (ДТМ) на крайбрежната зона се използват за симулиране на степента на покачване на водните нива и моделиране на сценарии на наводнения;
- планове за управление на крайбрежните зони и екологични наблюдения разчитат на актуална информация за управлението на бедствия и риска, като наводнения и цунами. Това води до чести актуализации и бързо внедряване на измервателни системи на ефективно и точно записани промени.

Настоящият доклад е фокусиран върху създаването на цифров модел на морското дъно (ЦМР) в акваторията на южнобългарското черноморско крайбрежие – широк Бургаски залив (от н. Емине до н. Маслен нос).

## Обхват на съставеният модел

Съставеният цифров модел на морското дъно покрива част от акваторията на южнобългарското черноморско крайбрежие – широк Бургаски залив, а именно от н. Емине до н. Маслен нос. Изследваният участък обхваща площ с размер приблизително 950 km<sup>2</sup> (фиг. 1). Дълбочините в определения участък достигат до -50 m в дълбочина.

Изборът на района е направен на база максимален брой налични данни, с цел получаване пълен цифров модел на дъното със стъпка от 29 m.

## Използвани данни

За изготвянето на цифровия модел на черноморското дъно, освен архивни данни от Фонда на Института по океанология, са използвани и първични данни от еднолъчево ехолотиране, картиране с многолъчева сонарна система (МСС) със 100% покритие, данни от въздушен батиметричен LiDAR, данни, предоставени от пристанищните власти и навигационни морски карти.

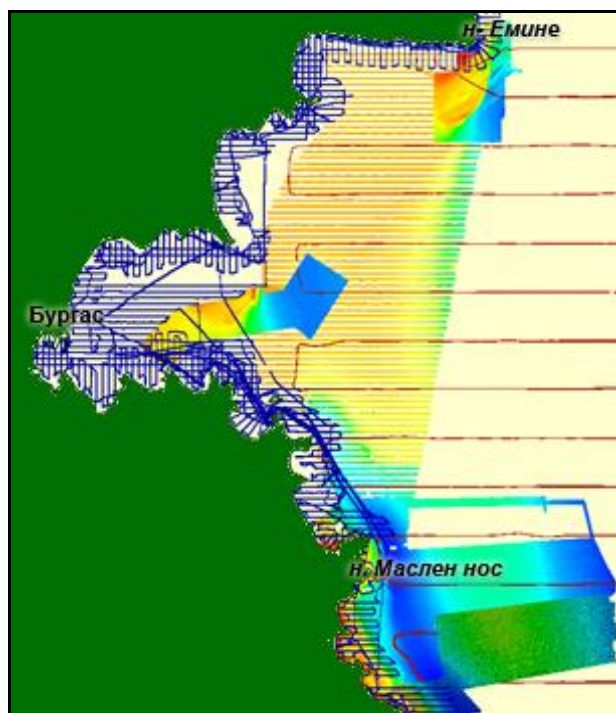
Чрез въздушно лазерно сканиране (LiDAR) са осигурени данни за район с обща площ в акваторията от около 100 km<sup>2</sup> по проект на Центъра за подводна археология в гр. Созопол. Акваторията, сканирана с LiDAR в този участък, достига до дълбочини между -16 и -21 m, какъвто е капацитетът на лазерната технология при условията на Черно море. Използвана е системата HawkEye II, позволяваща създаването на ЦМР за водна среда, със стъпка от 5 m (Прахов, Н., ... 2011. Прогнозно моделиране в археологията: световна практика и български перспективи).

През 2009 г., във връзка с проектирането на нефтопровод Бургас - Александруполис, е извършено комплексно изследване на морското дъно, включващо и батиметрично картиране. Акваторията е картирана с многолъчева сонарна система RESON7111 (100 KHz), допълнена със сензори за движение MRU IXSEA Phins, навигационна система DGPS (Trimble SPS351) и високо точен жирокомпас. Получените данни са обработени с програмния продукт PDS2000 (Teledyne PDS – User Manual, 2015) и е получен цифров модел на дъното с размер на клетката от 2 m (Отчет по задача "Комплексно геолого-геофизично проучване на трасе за полагане на тръбопровод "Бургас - Александруполис" в българската част на Черно море", 2009).

През 2011 г. по проект "НАТУРА 2000", възложен от МОСВ на ИО-БАН гр. Варна, е извършено комплексно изследване на морското дъно в различни участъци от българското Черноморие. Един от тези участъци е районът около нос Емине. Акваторията е картирана с многолъчева сонарна система RESON7111 (100 KHz), допълнена със сензори за движение MRU IXSEA Phins, навигационна система DGPS (Trimble SPS351) и високо точен жирокомпас. С цел подобряване на резултатите, е включен и сензор за RESON SVP 20T, следящ промените в скоростта на разпространение на звука във водна среда. Получените данни са обработени с програмния продукт

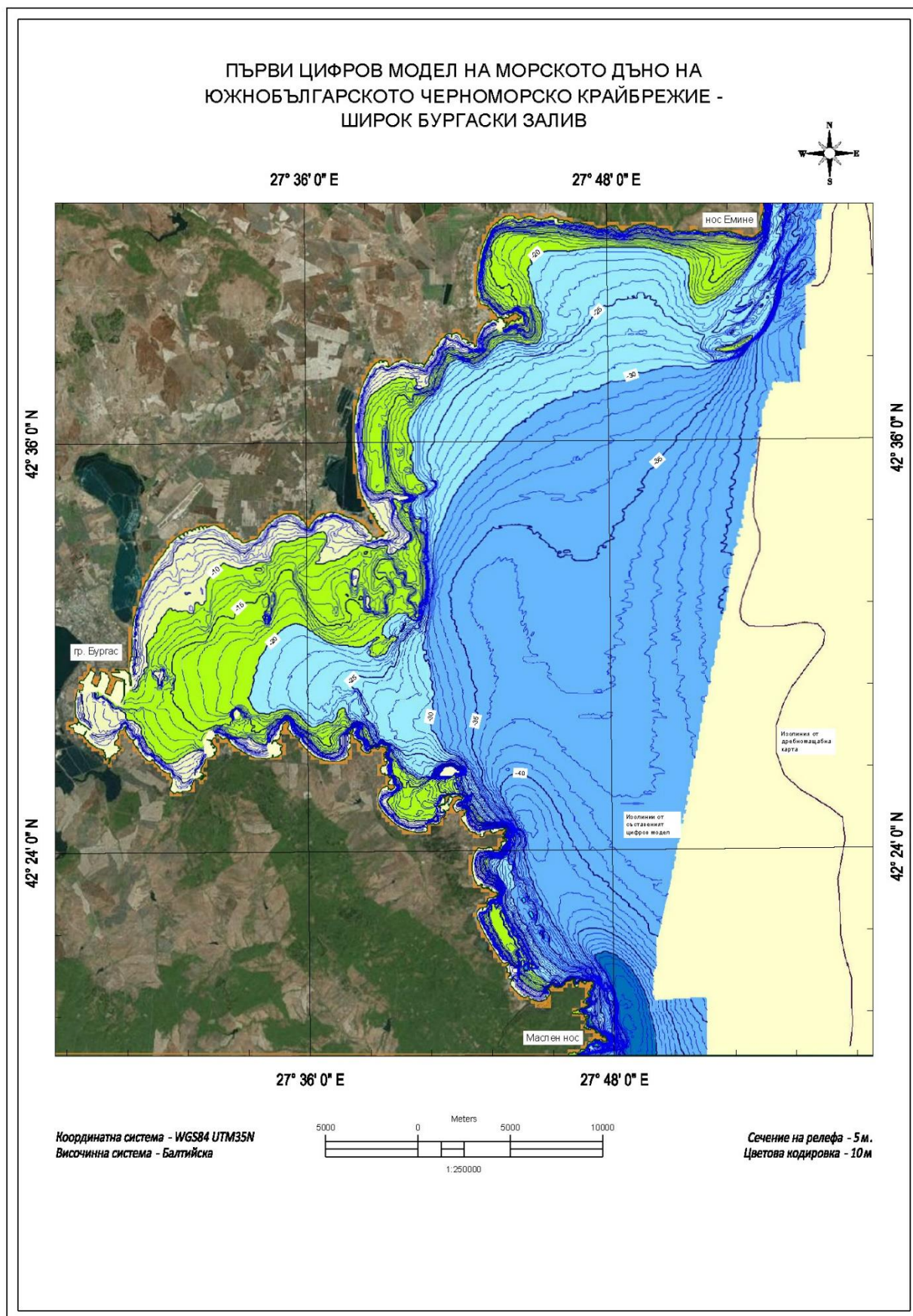
PDS2000 (Teledyne PDS – User Manual, 2015) и е получен цифров модел на дъното с размер на клетката 2 m (Отчет по задача „Разширяване на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в българската черноморска акватория“, 2012).

През 2013г., по проект "Towards Coast-to Coast NETwork of marine protected areas coupled with sea-based energy potential (CoCoNET)", финансиран по 7ПП на ЕС, е извършено комплексно изследване на морското дъно в участък южно от нос Колокита – южно Българско Черноморие. Акваторията е картирана с многолъчева сонарна система RESON 7111 (100 KHz), допълнена със сензори за движение MRU IXSEA Phins, навигационна система DGPS (Trimble SPS351), високо точен жирокомпас и сензор за скоростта на звука във водна среда RESON SVP 20T. Получените данни са обработени с програмния продукт PDS2000 (Teledyne PDS – User Manual, 2015) и е получен цифров модел на дъното с размер на клетката 5 m (Todorova et al., 2015; The CoCoNet Guidelines..., 2016)



Фиг. 1. Схема на изследвания район с местоположението и типа на наличните данни

През 2013 г. МОСВ на Република България възлага на ИО-БАН изготвянето на „Доклад оценка на екологичното състояние на морските води (РДВ)“ (Станчев и кол., 2013). Извършено е батиметрично заснемане с еднолъчев ехолот на морските води на Република България (линии през 500 m., напречно на бреговата линия) и батиметрично заснемане на крайбрежната зона с многолъчева сонарна система RESON 7111 (100 KHz), допълнена със сензори за движение MRU IXSEA Phins, навигационна система DGPS (Trimble SPS351), високо точен жирокомпас и сензор за скоростта на звука във водна среда RESON SVP 20T. Получените данни са обработени с програмния продукт PDS2000 (Teledyne PDS – User Manual, 2015) и е съставен цифров модел на дъното с размер на клетката 5 m.



Фиг. 2. Батиметрична карта на изследвания район, построена на базата на съставения ЦМР.

## Обработка на използваните данни

За съставянето на възможно най-пълнен цифров модел на дъното са използвани различни по тип изходни графични данни, които включват ортофото- и сателитни изображения, разномасщабни сканирани карти, картосхеми и планове, ГИС слоеве, цифрови модели на височините, батиметрични контури и други.

Получените изходни данни представляват различна по вид информация (векторна и растрерна). Според характера на измервателната техника, обработката също е различна.

За обработката на данни от еднолъчева и многолъчева сонарни системи е използван софтуер PDS2000. Данните, получени от всеки отделен проект са заредени като „сурови данни“, с цел създаването на общ по-точен модел. Дигитализирани са избобити от различни карти с разнообразни мащаби. За визуализирането на получените резултати е избрана програмата *Global Mapper 14*.

## Цифров модел на дъното

Цифровите модели на терена (ЦМР) осигуряват информационната основа за пространствени анализи и картографиране, както на сушата, така и на акваториите. Мащабът на визуализация е ограничен от наличието на качествени изходни данни, необходими за създаването им и преди всичко от плътността на цифровите модели на терена. Чрез манипулирането на ЦМР в ГИС среда са създавани модели, които симулират различни ситуации и хипотези. Те дават възможност за ясно визуализиране и представяне на резултатите от проучванията. Чрез ГИС са създавани различни варианти на карти и цифрови теренни модели, според нуждите на изследването и на потребителя. Възможностите за виртуална работа в ГИС са многобройни и разностранни, като мнението на водещите специалисти в тази област е, че те са ограничени единствено от фантазията и уменията на потребителя.

Векторният тип данни е съставен предимно от преки измервания през годините. За местата без данни от измервания са използвани допълнителни източници (карти, сателитни изображения и др.). Въпреки това, българското черноморско крайбрежие не е напълно обследвано и остават места, за които е необходимо да се изпълни интерполация. Избран е методът на кръговата интерполация с радиус на запълване от 50 m, осигуряващ резултати, максимално близки до реалните, въз основа на наличните данни.

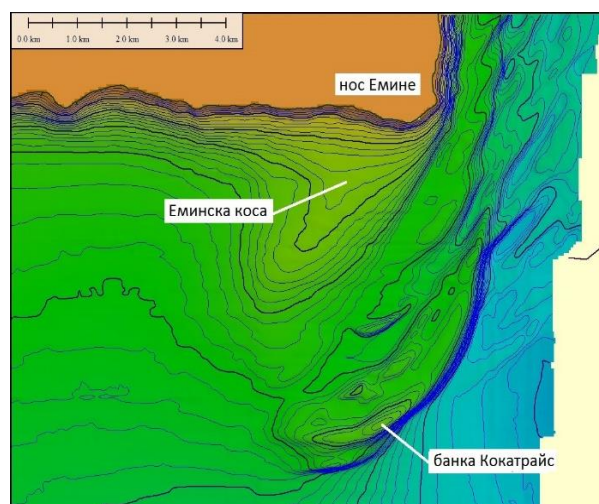
От съвместяването на всички данни е съставен цялостен 3D модел на релефа на морското дъно, с резолюция от 1/64 минута по паралела или размер на клетката от 29 m. Създаденият цифров модел, в рамките на докторската програма, е приведен в единна картна проекция UTM 35N, с геодезичен датум WGS 84. Дълбочините са във височинна система „средно многогодишно морско ниво“ за българското крайбрежие.

От теренния модел са извлечени батиметрични контури през 1 m (Ingham, 1993).

## Интерпретация и резултати

Цифровият модел позволява детайлното разчитане на дънния релеф по цялата си площ и с успех може да се използва при съставянето на високо точни, дребномащабни навигационни карти, както и за изучаване на геоморфологията на морското дъно. Цифровият модел е съставен в изпълнение на проект „*EMODNet Bathymetry*“, финансиран от ЕС и е включен в европейската база хидрографски данни.

За пример е използван районът около нос Емине (фиг. 3). Ясно се различават Еминска пясъчна коса (в сянката на носа) и Банка Кокатрайс (южно от пясъчната коса).



Фиг. 3. Извадка от цифровия модел на Черноморското крайбрежие

## Изводи и заключения

Понастоящем съществуват различни технологии за картиране на морското дъно - от аналогови системи до цифрови, високоточни дистанционни технологии, които през последните години се развиват изключително бързо. Това води до съществуването и едновременното използване на някои от тях. В представения случай са съвместени данни, получени от различни източници на дистанционни измервания (въздушно лазерно сканиране, еднолъчеви и многолъчеви сонарни системи, навигационни карти и ортофото снимки). Те са съпоставени с по-стари данни от батиметрични карти, като за целта е създаден дигитален теренен модел (ДТМ). 3D моделът, с размер на клетката от 29 m, позволява детайлно разчитане дънния релеф по цялата му площ. Това го прави подходящ за употреба при изучаване морското дъно от различни специалисти и особено важно за корабоплаването.

## Литература

- Прахов, Н., Хр. Ангелова, А. Коцев, А. Попов, С. Димитров, Прогнозно моделиране в археологията: световна практика и български перспективи. - *Bulgarian e-Journal of Archaeology*, v.1, 2011. - 71-121
- Ingham, A.E. Hydrography for the surveyor and Engineer. Wiley-Blackwell, ISBN 13: 9780632029433, 1993, -274p.
- The CoCoNet Guidelines. SCIRES-IT (SCientific RESearch and Information Technology), Supplement 2016 e-ISSN 2239-4303, 2016. -93p.
- Teledyne PDS – User Manual. 2015, (достъпен на <http://geo-matching.com/upload/228-3390-5815.pdf>)
- Todorova, V., L., Dimitrov, V., Doncheva, E., Trifonova, B., Prodanov. Benthic Habitat Mapping in the Bulgarian Black Sea. - In: *Proceedings of 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 2015)*, vol. 1, Varna, 97-605-85652-4-1, 2015. - 251-262.
- Фондови материали:
- Отчет по задача "Комплексно геолого-геофизично проучване на трасе за полагане на тръбопровод "Бургас-Александрополис" в българската част на Черно море", 2009, дог. 09\_08-01 "ГеоТим" ООД, Италия, Научен фонд на ИО-БАН, 2009.
- Отчет по задача „Разширяване на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в българската черноморска акватория“, 2012. дог. 7976 / 04.04.2011 МОСВ Научен фонд на ИО-БАН, 2011.
- Станчев, Хр., Ил. Щирков, В. Панайотов, Я. Веков, Л. Димитров, В. Дончева, Е. Борисова, Б. Проданов, А. Апостолов, О. Янев, П. Петров. Батиметрия. - Доклад оценка на екологичното състояние на морските води (РДВ). Договор № 0-33-18 / 12.06.2013, Научен фонд на ИО-БАН, 2014. - 6-41.

Статията е рецензирана от доц. д-р Калин Русков и препоръчана за публикуване от кат. „Геология и проучване на полезни изкопаеми“.