

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ ЗА КАРТИРАНЕ НА БУРГАСКИ ЗАЛИВ (БЪЛГАРСКИ СЕКТОР НА ЧЕРНО МОРЕ)

Любомира Трендафилова (BG)

РЕЗЮМЕ

Комплексното картографиране на морското дъно е от съществено значение за подобряване на нашето разбиране за динамиката на съвременните геоложки процеси, екосистемите и връзките между биотата и физическите местообитания. През последните години, бързото развитие на хидрографските технологии направи възможно картографиране на големи площи на континенталния шелф относително бързо и ефективно. Това налага системно проучване и комплексно изследване на Българския сектор от Черно море, като морфоложкото и геоложко картиране на морското дъно се явяват първостепенна задача от национално значение. Настоящият доклад представя първия етап от най-детайлното изследване на Бургаски залив по проект „*Мултидисциплинарно изследване на Бургаски залив – МИДБАИ (Съставяне на детайлен цифров модел на релефа на дъното с анализ на съвременните геоморфоложки условия и археологическо прогнозно моделиране)*“. Основна научна цел е създаване на композитен цифров модел на Бургаски залив, който да ни позволи да бъдем геопространствено интерпретирани и идентифицирани съвременните морфоложки форми и процеси на морското дъно на морското дъно. За това проучване е създадена геопространствена база данни с батиметрични заснемания от различни години и оборудване. Използваните данни комбинират сонарни мозайки, еднолъчеви и многолъчеви батиметрични данни и растерни сателитни и дрон-базирани изображения, обработени в PDS 2000, SonarWiz, Agisoft Metashape и GIS среда. Данните са приравнени в балтийска система за кота, което позволява точно изграждане на цифров релефен модел. Плътността и обхватът на батиметричните данни позволи генерирането на цифров батиметричен модел на релефа на морското дъно с хоризонтална разделителна способност 14 m. Създадена е батиметрична карта с интервал от 1 м с висока точност. Такъв модел с висока разделителна способност е значителен напредък в картографирането с висока резолюция на българското черноморско дъно.

**КЛЮЧОВИ ДУМИ: БАТИМЕТРИЯ, МНОГОЛЪЧЕВИ СОНАРНИ СИСТЕМИ,
ДИГИТАЛЕН МОДЕЛ НА МОРСКОТО ДЪНО, БЪЛГАРСКА ЧЕРНОМОРСКА
КРАЙБРЕЖНА ЗОНА**

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Подробното познаване на формите на морското дъно е от решаващо значение за човечеството, а батиметричните данни са от първостепенно значение за навигационната безопасност. В ерата на непрестанно влошаване на околната среда в световен мащаб, данните за батиметрията и получените от нея знания играят ключова роля при използването и управлението на световните океани като природен ресурс, който е в съответствие с Цел 14 на Организацията на обединените нации (ООН) за устойчиво развитие - опазване и устойчиво използване на океаните, моретата и морските ресурси. Въпреки това, по-голямата част от нашите океани все още са практически слабо картографирани или неизследвани. Само малка част от морското дъно е систематично изследвана чрез постоянни измервания. Световният океан покрива 71% от Земята. Това е около 362 милиона квадратни километра [14], но само малка част е картографирана чрез пряко наблюдение. През последните няколко години се наблюдава възраждане на признанието за важността на картографирането на морското дъно и в момента се провеждат много национални и международни инициативи. Неотдавнашните трагедии като изчезването на полет МН370 на Malaysia Airlines, както и природни бедствия, загуба на местообитания и нарастващото търсене на офшорна енергия и морски ресурси, подчертаха необходимостта от по-добро познаване на морското дъно (напр. [41, 44]). След приемането на Република България в Европейския Съюз и уеднаквяването на протоколите за изследване на морското дъно, страната бе ангажирана с изпълнението на редица действащи директиви на европейско ниво. „Рамкова директива за местообитанията”, „Рамкова директива за водите” и „Рамкова директива за морска стратегия“ са само част от документите, които придават първостепенно значение на пълнопощно картиране на акваториално-морските участъци на Република България. Това налага системно проучване и комплексно изследване на Българския сектор от Черно море. При това геоморфоложкото и геоложко картиране на морското дъно се явяват водеща задача от национално значение.

Основната цел на настоящия доклад, е да се представят съвременните методи за картиране на морското дъно, чрез които е изследвана българската черноморска крайбрежна зона (БЧКЗ). Друга важна задача е системизирането на каталог и оценка на наличните данни от съвременни батиметрични изследвания в рамките на БЧКЗ.

2. АРХИВНИ ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В БЪЛГАРСКИЯ ЧЕРНОМОРСКИ СЕКТОР

Информацията за създаване на батиметричните карти показва, че те са резултат основно чрез еднолъчеви ехолоти. При този подход, колкото и гъста да е профилната мрежа, остават неизследвани области между отделните профили, за които се налага интерполиране на данните. Нововъведенията в цифровите техники за картиране на ивици от морското дъно с определена ширина (*swath-bathymetric mapping*) позволяват цялостно покриване на района на

изследване. Така наречените многолъчеви ехолоти (*multibeam echosounders*) дават комплексна картина на морското дъно. Освен дълбочините, от получените данни може да се извлече разнообразна информация за типа на дънните седименти, за различни обекти на повърхността на дъното от изкуствен и естествен произход и редица други явления, оставащи непознати при предишни изследвания с еднолъчеви ехолоти. С тези си качества многолъчевото ехолотиране придобива първостепенно и решаващо значение в почти всички сфери на съвременните изследвания на морското дъно.

Изследвания с еднолъчев ехолот. За съжаление, по-голямата част от БЧКЗ не е пълноплотно картирана. През 2013 г. МОСВ на Република България възлага на ИО-БАН изготвянето на „Доклад оценка на екологичното състояние на морските води (РДВ)“. Извършено е батиметрично заснемане на крайбрежните морски води на Република България. Записите са по предварително определени профили (промерни линии) с разстояние между тях 500 м. Общата дължина на промерите е над 3 500 км, като от около 1 700 км са направени в плитководната част до 20 м дълбочина с М/К „Шелф“, а 1 800 км от НИК „Академик“ [1].

Макар и рядко в научната литература се срещат малки площи с еднолъчев ехолот: заснемане на плитки части от Варненско-Белославски езерен комплекс [24], прилежащото дъно през научно-изследователска база на ИО-БАН в село Шкорпиловци [22], първата батиметрична снимка на езеро Узунгерен [11].

В рамките на БЧКЗ най-разпространени са изследвания с **многолъчеви ехолоти (МЕ) или многолъчеви сонарни системи (МСС)**. Широкото им приложение в геологията [5], [6], [7], [8], [9], [13], [25], [39] и геоморфоложкото картиране [4], [19], [21], [23], [30], [32], [35], [36], [37]. [38] дава допълнителна информация при изследването на подводното археологическо наследство [26], [27], [28]. МЕ и МСС са основен инструмент при изследването на геоложката структура при картиране на подводни местообитания и изследване на екологично състояние [5], [10], [12], [29], [31], [42] и др.

Безпилотно въздушно фотограметрично заснемане (БВФЗ) е основен инструмент за получаване на актуална информация за бреговите форми [33], [34], [35], [40] и др. Към настоящия момент са генерирани ДМП с разделителна способност под 0.5 m/pix на повече от 140 л.км (>30%) от БЧКЗ [34]. Фотограметричните изображения за извличане на ДМР, ортофото мозайки (ОМ) и триизмерни (3D) фотореалистични модели са използвани за мониторинг и анализ на надводните и подводни морфоложки форми [18], [30], [32], [33], [35], [40], оценка на уязвимостта на БЧКЗ към риск от щурмови явления и наводнения [17], [43] и емпирични изследвания [15] за картиране на природни местообитания [8], [29] практико-приложни цели в морската археология [27], [28] и др.

XXX МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
 “СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
 ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

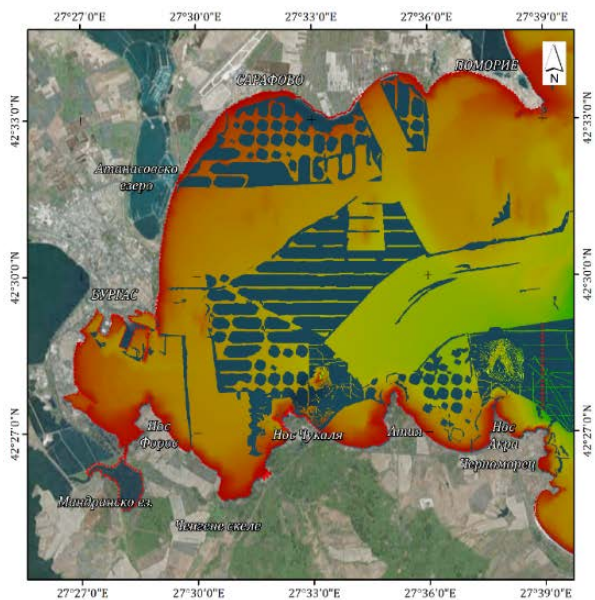
София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
 MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
 GEODESY AND RELATED FIELDS

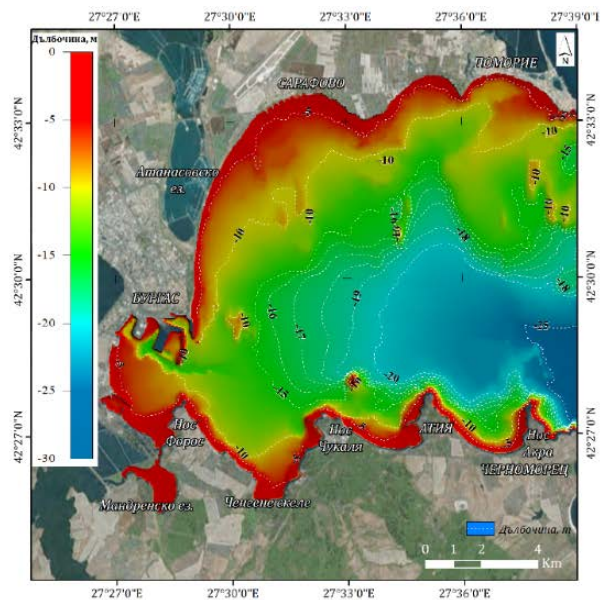
Sofia, 04 – 05 November 2021

Таблица 1. Таблица със селектирани високо точни батиметрични данни в Бургаски залив

Година	Район	Апаратура	Проект и референция	Организация
	Бургаски залив	ME ¹	Burgas-Alexandroupolis pipeline project, ⁸	ИО-БАН
2012	Поморие	ME	Bathymetric mapping, Archiv	ЦПА-Созопол
2013	Бургаски залив	ME/EE ²	"Мониторинг и оценка на екологичното състояние на морската околна среда в българския сектор на Черно море", Договор № 0-33-18/12.06.2013 ⁴	ИО-БАН
2015	Залив Черноморец/Поморие	ME	Bathymetric mapping	ЦПА-Созопол
2018	Бургаски залив	ME	„EMODnet-High Resolution Seabed Mapping" European marine Observation and Data Network, EASME/EMFF/2018/007	ИО-БАН
2018	Пристанище Бургас	ME	Батиметрично заснемане, Архив	ИО-БАН
2019	Ченгене скеле и езеро Мандра	EE/UAV ³	Влияние на екологичното състояние на Варненски и Бургаски заливи върху популационно-биологичните параметри на кефаловите видове риби (<i>Mugil cephalus</i> , <i>Liza aurata</i> u <i>Liza saliens</i>), Договор № ДМ11-2/15.12.2017 г ¹⁰	ИО-БАН
2020	Остров Св. Анастасия	ME/EE UAS	Мултидисциплинарно изследване на Бургаски залив - МИДБАИ (Съставяне на детайлен цифров модел на релефа на дъното с анализ на съвременните геоморфоложки условия и археологическо прогнозно моделиране), Договор № КП-06-Н34/7/09.12.2019 г.	ИО-БАН



Фигура 1. Покритие на получените батиметрични данни в Бургаски залив

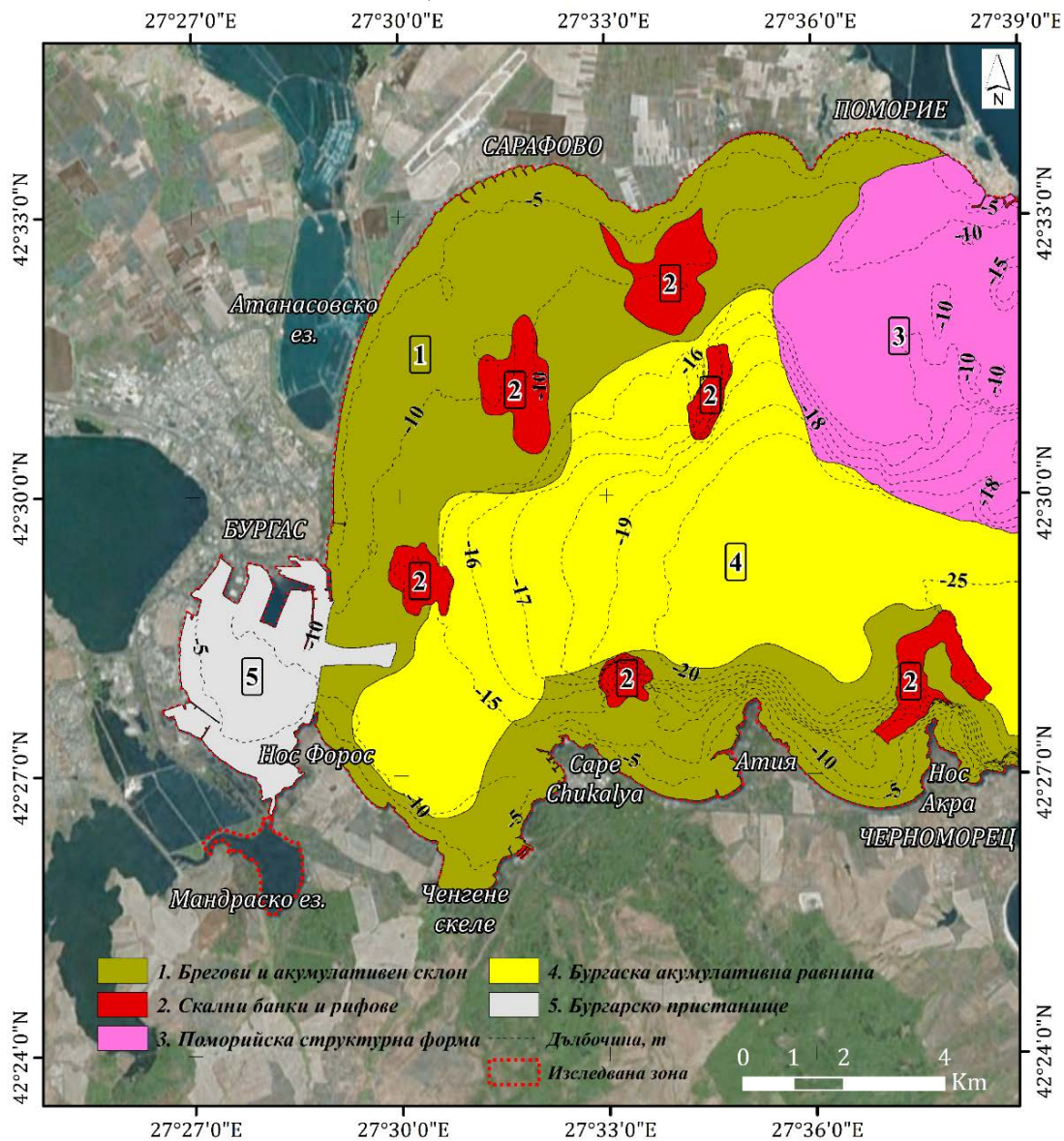


Фигура 2. Композитен цифров модел на морското дъно на Бургаски залив

¹ ME – Многолъчев ехолот

² EE – Еднолъчев ехолот

³ UAS – Безпилотна летателни системи (дронове)



Фигура 3. Основно морфоложки форми на дъния релеф Композитен цифров модел на морското дъно на Бургаски залив

3. ПЪРВОНАЧАЛНИ РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Дъното на Бургаски залив представлява плавно наклонена пясъчна до пясъчливостинеста акумулативна равнина, която позволява интерполация освен в района на остров Св. Анастасия и скалните банки, за които имаме предварителни сведения. За изготвянето на цялостни модел на Бургаския залив данните са поделени в три вида с различна резолюция:

- Данни от еднолъчево заснемане – заради ограничение обхват те са лимитирани на дълбочина над 3 m и покриват едва 5% от изследвания район;

- Данни от многолъчеви ехолотни системи – изключително голямото им покритие между 75% и 100% ни е дало информация за 37% от площта на Бургаски залив.
- Данни от безпилотна въздушна фотограмметрия – поради оперативните ограничения и зависимостта си от климатичните и морски условия, те са ограничени в границата море – суша – 26 % от брега на Бургаски залив.

Централната част на Бургаския залив е с дължина от 19 km и с ширина от 11 km. Тенденцията за плавно наклонен профил на сухоземния релеф на бургаската морфоструктура също се проследява на дълбочина 12 m -14 m [16]. Структурната стъпка на Бургас маркира морската граница на залива на дълбочини между 26 m и 32 m [2], [3]. Това е добре оформена скалиста черта, почти свързваща Поморийската вулканична структура и Созополския залив. В сравнение с Варненския залив (среден наклон - 0,93 °) [39], Бургаският залив се характеризира с по -леко наклонено морско дъно в източна посока. Стабилизираните хидродинамични процеси и големите натрупвания са основната причина за равномерното дъно и най -ниския среден наклон по българското Черноморие (0,47 °).

Крайбрежен и акумулативен склон. Той заема най-плитката част на залива. В северната част достига до 15 m и се характеризира с плавно наклонено акумулативно дъно. Южната част на залива е повлияна от стръмните северни склонове на Медноридската антиклинала. На места акумулативното дъно е нарушено от скалистите брегове и рифове (Спийтфаер, Сока, Лахна, Ставрова, Поморийска, Бургаска, Малаците и др.), както и от живописния остров Света Анастасия.

Бургаската акумулативна равнина е разположена във вътрешната част на залива. В най -плитката си част той достига -6 m дълбочина, а в най -дълбоката част е ограничена от Бургаски структурно стъпало на 30 m дълбочина. Площта на кумулативната равнина е 65 km² при средна дълбочина 17 m и среден наклон 0,11 ° (Фиг. 3).

4. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Представените изследвания, методологията на картиране, заснетата площ и съставените дигитални модели на морското дъно, представляват 16% - изключително малка площ от 270 km² от акваториалната част на българската черноморска крайбрежна зона. Това е един от недостатъците, очертаващи се като основна слабост в геоложката изученост на бреговата зона. Въпреки навлизането на алтернативни дистанционни методи като безпилотното въздушно фотограметрично заснемане, то е аргументирано до дълбочина от около 3 m. Въпреки навлизането на алтернативни дистанционни методи като безпилотното въздушно фотограметрично заснемане, то е аргументирано до дълбочина от около 3 m. Понастоящем, генерирания цялостен дигитален модел на релефа на дъното позволява анализиране единствено на ясно изразени морфоложки форми. За постигане на дигитален модел с висока

разрешителна способност следва да се заложи приоритетно на многолъчевите сонарни изследвания, подкрепени с фотограметрично заснемане на плитководието. Именно това е отправната точка към съставянето на актуални геоморфоложки и субстратни карти на българската черноморска крайбрежна зона и континентален шелф.

Значителният обем новопридобити данни, систематизирани в геопространствена ГИС базирана база данни ще е значителен принос свързан с нови знания. Наред с тях, като крайни продукти от проекта се очакват:

1. Цялостен цифров модел на релефа на морското дъно. Той е основа за построяване на високо точни батиметрични карти, както и за детайлни геоморфоложки анализи;
2. Морфоложка карта на морското дъно, като очаквания мащаб е под М 1:25 000;
3. Карта отразителната способност на морското дъно. На база на тази карта, чрез верификация с геоложко опробване ще бъде построена;
4. Карта на дънния субстрат в същия мащаб, която е основа за картиране на дънните местообитания;
5. На база на седиментните разрези ще се направи опит за реконструкция на палеогеографската обстановка на Бургаски залив;
6. Археологически прогнозен модел с идентифициране на зони с висока вероятност за наличие на археологически обекти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Представените изследвания са финансирани в рамките на проект *„Мултидисциплинарно изследване на Бургаски залив - МИДБАИ (Съставяне на детайлен цифров модел на релефа на дъното с анализ на съвременните геоморфоложки условия и археологическо прогнозно моделиране)“*, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Министерство на образованието и науката, Договор № КП-06-Н34/7/09.12.2019 г.

Авторката изказва искрени благодарности на Проф. д-р инж. Любомир Димитров – ръководител на проекта и за шанса да бъде част от него. Специални благодарности на гл. ас. д-р инж. Богдан Проданов (ИО-БАН) и гл. ас. д-р Найденов Прахов (ЦПА-Созопол) за представените данни и подкрепа.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад оценка на екологичното състояние на морските води (РДВ). Институт по океанология – БАН, Договор № 0-33-18 / 12.06.2013.
2. Керемедчиев, Ст., Морфохидрографски анализ на Българското Черноморско крайбрежие. В Сборник доклади от Международна научна сесия "50 години Геологически институт на Българска академия на науките", "проф. Марин Дринов", София, с.90-98, 2000.

XXX МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

3. Кръстев, Т., Структурно-геоморфолошко развитие на континенталната крайнина на Българския сектор на Черно море, Автореферат на дисертация за д-р на географските науки, Институт по океанология, БАН, Варна, 64, 1993.
4. Ламбев, Т., Л. Димитров, Б. Проданов, Е. Борисова. Използване на дистанционни методи при картографиране на черноморското крайбрежие. Proc. of the V Int. Scientific and Technical Conference “Geology and Hydrocarbon Potential of the Balkan-Black Sea Region”, Varna, Bulgaria, 2017, pp. 63-70.
5. Проданов, Б. Геоложка основа при картиране на дънни местообитания в Българския континентален шелф пред Авренското крайбрежие. Дисертация за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“, Научен фонд на Институт по океанология – БАН, Варна, 2017, 163.
6. Проданов, Б., И. Коцев, Т. Ламбев, Л. Димитров. Приложение на безпилотното въздушно фотограметрично заснемане в картирането на Българската крайбрежна зона и подводния релеф, Списание „Геодезия, Картография, Земеустройство“, кн. 1-2, 2020, 31-38. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4035023>
7. Проданов, Б., Л. Димитров. Интегрална гео-база данни за акваторията на Авренското крайбрежие (нос Галата – нос Иланджик). Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, 59(1), 2016, 99-104.
8. Проданов, Б., Л. Димитров. Морфо-литоложка характеристика на шелфа пред Авренското крайбрежие. Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, т. 58, Св. I, Геология и геофизика, 2015, 73-78.
9. Проданов, Б., Л. Димитров. Приложение на многолъчеви сонарни системи в геоложкото картиране на дънните седименти в крайбрежната зона пред плаж Паша дере, Северно Българско Черноморие. Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, т. 58, Св. I, Геология и геофизика, 2015, 67-72.
10. Bekova, R., B. Prodanov, M. Panayotova, T. Panayotova. The influence of environmental condition of Varna and Burgas Bays on population-biological parameters of Mullet's species (*Mugil cephalus*, *Chelon auratus* and *Chelon saliens*). Proc. 14th Int. Conference on Marine Science and Technology "Black Sea", 2018, 180-186.
11. Bekova, R., B. Prodanov, T. Lambev. Mulletts and the impact of the environmental status of Burgas Bay on their populations. Annual of Sofia University "St. Kliment Ohridski", Book 4, vol.4, 2019, 62-69.
12. Boero, F., Foglini, F., Frascchetti, S., Goriup, P., Macpherson, E., Planes, S. & The CoCoNet Consortium., CoCoNet: Towards coast to coast networks of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential. SCIRES-IT, 6, 1-95, 2016, doi:10.2423/i22394303v6Sp1.
13. Dimitrov, L., B. Prodanov, V. Doncheva, D. Berov, E. Trifonova. Seabed mapping of the Bulgarian coastal zone between Sozopol and Tsarevo (Southern Bulgarian Black Sea). Comptes rendus de l'Academie Bulgarie des Sciences, 72(5), 2019, 634-640.
14. Eakins, B., G. Sharman. Volumes of the World's Oceans from ETOPO1. Boulder, CO: NOAA National Geophysical Data Center, 2010.
15. Eftimova, P., N. Valchev, B. Prodanov, N. Andreeva, T. Lambev, L. Dimitrov. Assessment of empirical relationships between beach-face slopes and sediment sizes using field data (Burgas Bay Case). Proc. of 1st International conference on ENVIRONMENTAL protection and disaster RISKS, 2020.
16. Keremedchiev, St., Morphostructural development of the Bulgarian Black Sea coastal zone, Oceanology, 5, 2005, 181–201.
17. Kotsev I., B. Prodanov, R. Bekova. 2021. Long-Term Impacts of Land Use Change Upon the Natural Flood Storage Reservoirs Along the North Bulgarian Black Sea Coast. In: The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/698_2021_765
18. Kotsev, I., B. Prodanov, T. Lambev, R. Bekova. UAS-based mapping of depositional landforms along the North Bulgarian Black Sea coast in support of nature conservation. Proc. SPIE 11524, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), 1152426, 2020, <https://doi.org/10.1117/12.2571907>
19. Kotsev, I., B. Prodanov. Linking pattern and process at a spation-temporal scale: Present-day landscape structure and dynamics of the North Bulgarian Black Sea Coast. In: Proceedings of 20th International Multidisciplinary

XXX МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

Scientific GeoConference SGEM 2020, 20, 2.2, 2020, ISBN:978-619-7603-07-1, ISSN:1314-2704, DOI:10.5593/sgem2020/2.2/s11.048, 2020, pp. 405-412

20. Krustev, T., Structural-geomorphic development of the continental terrace within the Bulgarian Black Sea sector. DSc dissertation, Scientific fund of IO-BAS, 1992, 621.
21. Krustev, T., The Western (Roumelian) sector of the Black Sea depression. Geography of Bulgaria. ForCom Publ. house, Sofia, 2002, 42-44.
22. Kuznetsova, Ya., M. Shtremel, S. Kuznetsov, D. Karzinin, E. Trifonova, N. Andreeva, N. Valchev, B. Prodanov, P. Eftimova, T. Lambev, L. Dimitrov. Dynamics of sandy beach in dependence on wave parameters. Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources. Taylor & Francis Group, London, 2017, pp. 1075-1079.
23. Lambev, T., B. Prodanov, L. Dimitrov, I. Kotsev. Digital bathymetric model of the Burgas Bay (Bulgarian Black Sea). Proc. SPIE 11524, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), 1152421, 2020, <https://doi.org/10.1117/12.2571101>.
24. Lambev, T., B. Prodanov, L. Dimitrov, I. Kotsev. Digital terrain model of the Varna and Beloslav Lakes (North Bulgaria Black Sea Coast). Proc. SPIE 11524, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), 1152422, 2020, <https://doi.org/10.1117/12.2571104>.
25. Lambev, T., B. Prodanov, Digital terrain model of the seafloor of South Bulgarian Black Sea Coast. 10th Congress of the Balkan Geophysical Society (BGS2019), European Association of Geoscientists & Engineers, Vol.1, 2019, pp.1-6.
26. Peev, P., B. Prodanov. Geoarchaeological research in the area of the Cape Shabla using unmanned aerial vehicles, North Bulgarian Black Sea Coast. Proc. of 1st International conference on ENVIRONMENTAL protection and disaster RISKS, 2020. pp.361-370.
27. Prahov, N., B. Prodanov, K. Dimitrov, L. Dimitrov, K. Velkovsky. Application of Aerial Photogrammetry in the Studies of Underwater Archaeological Heritage of Nesebar. Proceedings of International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020. pp. 175-182.
28. Prahov, N., Prodanov, B., Dimitrov, K., Velkovsky, K. 2021. The negative impact of human activities on underwater cultural heritage: Case Studies from the Bulgarian Black Sea Littoral. In: Proceedings of 21th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2021, ISBN:978-619-7603-07-1, ISSN:1314-2704, 2021.
29. Prodanov, B., Bekova, R., Kotsev, I., Vachkova, V., Habitat Lost: Analysis of the eutrophication magnitude at a protected coastal lake in Bulgaria using satellite and drone imagery. In: Proceedings of 21th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2021, ISBN:978-619-7603-07-1, ISSN:1314-2704, 2021.
30. Prodanov, B., Dimitrov, L., Lambev, T., Mapping of coastal and submarine morphological landforms using unmanned aerial systems and echo-sounding data, Case study: Bulgarian Black Sea coastal sector between cape Sivriburun and cape Kaliakra. In: Proceedings of 21th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2021, ISBN:978-619-7603-07-1, ISSN:1314-2704, 2021.
31. Prodanov, B., I. Kotsev, L. Dimitrov. Seascape-based modelling of Benthic Habitats Spatial Distribution. Case Study: Avren Plateau Sublittoral Zone, Bulgarian Black Sea. Proc. 12th Int. Conference on Marine Science and Technology "Black Sea" Varna, 2014, pp. 196-201.
32. Prodanov, B., I. Kotsev, T. Lambev, L. Dimitrov, R. Bekova, D. Dechev, Drone-based geomorphological and landscape mapping of Bolata Cove, Bulgarian coast, Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies, Georgiev & Guedes Soares (Eds.). Taylor & Francis Group, London, 2019, pp. 592-598.
33. Prodanov, B., I. Kotsev, T. Lambev, L. Dimitrov. 3D high-resolution mapping and identification of coastal landforms using unmanned aerial vehicles. Case study: Shabla Municipality coastal sector, Bulgaria. Proc. SPIE, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020), 115242D, 2020.

XXX МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 05 ноември 2021 г.

XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 05 November 2021

34. Prodanov, B., I. Kotsev, T. Lambev, R. Bekova, Unmanned Aerial Vehicles for surveying the Bulgarian Black Sea Coast. *Comptes rendus de l'Academie Bulgarie des Sciences*, 73(5), 2020, pp. 666-672, <http://doi.org/10.7546/CRABS.2020.05.09>.
35. Prodanov, B., Kotsev, I., Bekova, R., Dimitrov, L., Lambev, T. 2021. UAS Photogrammetry as an effective tool for high-resolution mapping of depositional landforms and monitoring geomorphic change. Case study: Kamchia-Shkorpilovtsi beach, Bulgarian Black Sea Coast. In: *Proceedings of 21th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2021*, ISBN:978-619-7603-07-1, ISSN:1314-2704, 2021.
36. Prodanov, B., L. Dimitrov, N. Andreeva, S. Keremedchiev. Geomorphological setting of the coastal zone between cape Galata and cape Paletsa, Bulgaria Black Sea. *Comptes rendus de l'Academie Bulgarie des Sciences*, 70(8), 2017, pp.1137-1142.
37. Prodanov, B., L. Dimitrov, V. Doncheva, T. Lambev. Integrated geodatabase for the coastal zone between Sozopol and Tsarevo (South Bulgarian Black Sea coast). *Journal of Mining and geological sciences*, vol.61, Part I, Pavel Pavlov (Eds.), Publ. House “St. Ivan Rilski”, 2018, pp. 17-23.
38. Prodanov, B., L. Dimitrov. Morphology of the Strandzha Coastal zone, Southern Bulgarian Black Sea Coast. In *Proceedings of International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020*, pp. 186-196.
39. Prodanov, B., St. Keremedchiev, L. Dimitrov, N. Andreeva. Seabed Morphology of the Varna Bay coastal zone, Bulgarian Black Sea. *Comptes rendus de l'Academie Bulgarie des Sciences*, 72 (8), 2019, pp. 1078-1085.
40. Prodanov, B., T. Lambev, R. Bekova, I. Kotsev, Applying Unmanned Aerial Vehicles for high-resolution geomorphological mapping of the Ahtopol coastal sector (Bulgarian Black Sea Coast). *Proceedings of International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 19 (2.2)*, 2019, pp. 465-472.
41. Smith, W., K. Marks, T. Schmitt, Airline flight paths over the unmapped ocean. *EOS* 98, 2017.
42. Todorova, V., L. Dimitrov, V. Doncheva, E. Trifonova, B. Prodanov. Benthic Habitat Mapping in the Bulgarian Black Sea. *Proceedings of 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 2015)*, vol.1, Varna, 2015, pp. 251-262.
43. Valchev, N., N. Andreeva, P. Eftimova, B. Prodanov, I. Kotsev, Assessment of vulnerability to storm induced flood hazard along diverse coastline settings. *Proceeding of E3S Web Conf. (7)*, 2016, 11.
44. Wöfl A-C, Snaith H, Amirebrahimi S, Devey CW, Dorschel B, Ferrini V, Huvenne VAI, Jakobsson M, Jencks J, Johnston G, Lamarche G, Mayer L, Millar D, Pedersen TH, Picard K, Reitz A, Schmitt T, Visbeck M, P. Weatherall, R. Wigley, Seafloor Mapping – The Challenge of a Truly Global Ocean Bathymetry. *Front. Mar. Sci.* 6:283, 2019, doi: 10.3389/fmars.2019.00283.

ДАНИ ЗА АВТОРА

Докторант инж. Любомира Трендафилова

Институт по океанология – Българска Академия на Науките

България, гр. Варна, бул. „Първи май” №40

Телефон: +359 89 705 7301

e-mail: lyubomira.n.trendafilova@gmail.com