

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДАННИ ОТ РЕГИСТРАЦИИ НА ЧЕРНОМОРСКОТО НИВО ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЦУНАМИ

Любка Пашова

РЕЗЮМЕ

Наблюденията на морското ниво предоставят важна информация за физически процеси, протичащи в различни времеви и пространствени мащаби, които могат да водят до възникване на бедствени ситуации в бреговата зона заради силни екстремни хидро-метеорологични явления, земетресения и др. Сред източниците на данни за изследване на вълни цунами най-често срещани са наблюдения на вариациите на морското ниво, регистрирани от изградени по крайбрежията мареографни станции. Непрекъснатите регистрации на черноморското ниво са засега единствените инструментални данни за регистрирани вълни цунами през изминалото столетие. В доклада са разгледани накратко източниците за възникване на вълни цунами и регистрирани такива събития в района на Черно море, дължащи се на различни източници. Представен е пример за регистрирано метеоцунами в края на м. юни 2014 год., включително от геодезическите мареографни станции във Варна и Бургас, което засяга няколко южноевропейски страни от Испания до Украйна. Регистрациите на морското ниво са анализирани съвместно с метеорологични данни от синоптични станции, разположени по българското крайбрежие. Обоснована е необходимостта от извършване на непрекъснати наблюдения на черноморското ниво, които са незаменими за мултидисциплинарни изследвания и редица инженерни приложения в бреговата зона.

КЛЮЧОВИ ДУМИ: МОРСКО НИВО, МАРЕОГРАФ, ЦУНАМИ, ЧЕРНО МОРЕ

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Непрекъснатите наблюдения на вариациите на морското ниво в бреговата зона предоставят ценна информация за изследване на физически процеси с различен времеви и пространствен обхват. Те се използват в редица мултидисциплинарни изследвания и приложения: дефиниране на национални и локални изходни височинни системи, изследване повишаването на морското ниво в условия на климатични промени, мониторинг на океанската и морска циркулации, калибриране на алтиметрични спътникови наблюдения, оперативна океанография, изготвяне таблици на приливите, корабоплаване, брегови инфраструктурни и пристанищни инженерни дейности, системен мониторинг на екстремни събития (щормове, цунами) и др. Процеси със сравнително кратък период на проявление между няколко минути и няколко часа, като сейши, цунами, инфрагравитационни и крайбрежни вълни, могат да се изследват при наличие на регистрации на морско ниво с висока времева разделителна способност, обикновено през 1 минута (Zemunik et al., 2021). Предоставянето на данни в реално време за морското ниво става все по-актуална и необходима услуга за осъществяване на редица пристанищни и морски дейности в акваториите на морските и океански басейни.

Природни екстремни събития (морски бури, силни земетресения, поройни валежи и др.) могат

да предизвикат бедствени ситуации в бреговата зона, като наводнения, цунами, свлачища и др. Интересът за придобиване на общи знания за вълните цунами, заедно с техническите познания за сензорите и използваните методи за откриване, наблюдение и телеметрично отчитане на техните източници в реално или почти в реално време, непрекъснато нараства в световен мащаб (Пашова и др. 2021). Бързите темпове на технологично развитие в областта на измерване на морското ниво и телеметрията и разработването на нови системи за регистриране на тези явления осигуряват своевременно получаване на информацията на брега, необходима за превантивни действия. В този контекст, изследванията на вълни цунами за района на Черно море и определянето на най-заstraшените брегови участъци стават все по-актуални, предвид непрекъснатото усвояване на морски територии и изграждането на инфраструктурни обекти.

Докладът представя накратко източниците за възникване на вълни цунами и методите за тяхната регистрация. Разгледани са необходимите условия за регистриране на тези екстремни събития и процедурите за първоначален и последващ анализ на данни за морско ниво. Разгледан е пример за метеоцунами в края на м. юни 2014 год., което засяга няколко южноевропейски страни от Испания до Украйна. Това събитие е регистрирано и от геодезическите мареографни станции във Варна и Бургас. Метеорологични данни от синоптични станции, разположени по българското крайбрежие, са анализирани съвместно с 1-минутните мареографни регистрации. Отделено е внимание на наличната научна инфраструктура за мониторинг на черноморското ниво и нейното осъвременяване. Обоснована е необходимостта от извършване на непрекъснати наблюдения на черноморското ниво, които са неотменен източник на данни за мултидисциплинарни изследвания и редица инженерни приложения в българската брегова зона.

2. МЕХАНИЗМИ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА ВЪЛНИ ЦУНАМИ

С понятието цунами се определят повърхностни гравитационни вълни, предизвикани в океан или море в резултат на голямомащабни и непродължителни явления. Цунами е японска дума и означава голяма вълна в пристанище. Вълните цунами, възникнали в океански и морски акватории, могат да се разпространяват на големи разстояния, съхранявайки разрушителната си сила. В зависимост от разположението на източника, вълните могат да достигнат брега от няколко минути до няколко часа. Дължината на вълните варира в граници 100 m - 1000 km, скоростта на разпространение - от 1 до 200 m/s и продължителността - от 5 до 100 минути (Marghany, 2014). Най-високите вълни цунами са от порядъка на 30 m височина, като могат и да я надвишат. Не винаги първата вълна цунами е най-голямата. По отношение на пространствения обхват на разрушения, цунами вълните се делят на локални с разрушения до 100 km, регионални – от 100-1000 km и отдалечени - над 1000 km, каквито са причинени от земетресението в близост до о-в Суматра на 26.12.2004 г. По отношение височината на вълната, степените на разрушения от цунами са малки, средни, тежки, разрушителни и бедствени. Подводният релеф оказва съществено влияние върху амплитудата на вълните по протежение на фронта на придвижване към брега. При достигане на плитководия, тяхната скорост на разпространение рязко намалява за сметка на увеличение на амплитудата, която при тесни заливи или устия на реки може многократно да нарасне. Тези фактори определят неравномерното разпределение на височините на вълните цунами по протежение на крайбражието на водния басейн, в който са генерирани (<http://itic.ioc-unesco.org/index.php>).

Цунами и вълни, подобни на цунами могат да бъдат предизвикани от различни източници. Те включват: земетресение (или моретресение) и последващи вторични явления (подводни или повърхностни свличания на земни маси); скални свлачища и кално-каменни потоци; мащабни подводни газови емисии; вулканични изригвания; подводни ядрени взривове; интензивни атмосферни смущения; падане на астероид (Joseph, 2011). Разработени са няколко скали за оценка на цунами, подобно на тези за сеизмичността (Paradopoulos et al., 2020). След разрушителните последствия от вълните цунами през 2004г. за държавите от Индийския басейн, в световен мащаб започна изграждането на научноизследователски инфраструктури, включени в системи за ранно предупреждение за опасността от цунами. По застрашените от цунами океански и морски крайбрежия по света са инсталирани редица перманентни GNSS, мареографни и сеизмични станции, чиито данни се получават в центрове за ранно предупреждение с цел предприемане на адекватни мерки непосредствено преди достигане на разрушителните вълни до брега. Успоредно с подмяната на аналоговите мареографни устройства по крайбрежията се поставят сеизмометри на океанското дъно и буйове, чрез които се извършва непрекъснатата регистрация на сеизмичните събития и вариациите на морското ниво.

Метеорологични цунами са подобни на обикновените вълни цунами - те имат еднакви времеви и пространствени мащаби и влияят на брега по подобен разрушителен начин, въпреки че механизмът на генериране на тези вълни е доста различен. Генерирането на силно метеоцунами се обуславя от съчетанието на специфични условия. Те се определят от наличието на дребномащабни атмосферни процеси с пространствен обхват 20 - 50 km (атмосферни вълни, скокове на налягането, шквали и др.), разпространяващи се в определено направление и с определена скорост. Другият важен фактор е специфичната топография, която способства за усилване на прииждащите към брега вълни и формирането на силни собствени резонансни колебания в определена акватория. Метеорологичните цунами се наблюдават на едни и същи места с изразени локални резонансни свойства и обикновено имат някои местни имена: 'rissaga', 'abiki', 'вълни на смъртта', 'marrubio' и др. (Thomson et al., 2009; Рабинович&Шепич, 2016).

За Черноморския басейн в исторически документи са описани вълни цунами и са регистрирани инструментално, главно предизвикани от земетресения и малка част - от свлачища или с метеорологичен произход (Paradopoulos et al., 2011; Доценко и Иванов, 2013; Никонов и др., 2018; Tishchenko et al., 2021). В осъвременените каталози за цунами, за последните три хилядолетия са идентифицирани 50 случая в Черно море (Никонов и др., 2018) и са извършени моделни изследвания за някои от тях (Зайцев и др. 2002; Yalciner et al., 2004; Acir et al., 2013; Dimova & Raykova, 2018; Tishchenko et al., 2021). Информацията за черноморските цунами от миналото сочи, че такива са наблюдавани в отделни участъци от крайбрежието, част от които са имали разрушителен характер с височина на вълната над 2m. Те са били предизвикани основно от земетресения с епицентри в морето и по-малка част – на сушата. Геодинамичната обстановка определя условията за възникване на земетресения, които най-често са по границите на Черноморския басейн и формират конкретни зони на концентрация на епицентрите им (Paradopoulos et al., 2014; Оунаков et al., 2021). Такива сеизмични зони са Шабленско-Калиакренската, Кримския полуостров, три клъстера, разположени по източните брегове на Черно море и по южния бряг на Турция. От описаните 29 исторически събития, според новия европейски каталог <https://tsunamiarchive.ingv.it/emtc.2.0/>, 22 от тях се считат за надеждно определени (Maramai et al., 2019). Моделни изследвания на вълни цунами в

Черноморския басейн, предизвикани от други източници, са представени в редица научни публикации (вж. напр. Зайцев и др., 2003; Ranguelov et al. 2008; Isvoranu & Badescu, 2012; Белоконь & Фомин, 2021; Tishchenko et al., 2021; Vilibić et al., 2021).

3. РЕГИСТРИРАНЕ НА ЦУНАМИ В ЧЕРНО МОРЕ ЧРЕЗ МАРЕОГРАФНИ ИЗМЕРВАНИЯ

3.1. Мареографни наблюдения на вълни цунами в Черно море

Непрекъснатите записи на вариациите на морското ниво в мареографни станции обикновено са единствените инструментални данни за регистриране на цунами, които са доста оскъдни за Черно море (Пашова и др., 2021). В последните десетилетия, след изграждането на системи за ранно предупреждение за цунами, такива се регистрират от GNSS, мареографни и други измервания. Формите на вълните цунами, записани от регистриращите устройства, се използват за количествено определяне на параметрите на цунами вълните и за изследване на процесите от първоизточника им – земетресение, крайбрежно или подводно свлачище, метеорологично явление или друга причина. В честотния спектър, цунами вълните попадат между вятърните вълни и приливите и отливите (Joseph, 2011).

Инструментални регистрации на вълни цунами в басейна на Черно море, предизвикани от сеизмични събития с магнитуд най-често $M \geq 6$, са налични от мареографни станции, разположени по северното и източното крайбрежие (Dotsenko & Eremeev, 2008; Maramai et al., 2014; Никонов и др., 2018). Четири събития на цунами със сеизмичен произход са регистрирани през миналия век. Това са две земетресения, съответно на 26.06.1927г. и 11(12).09.1927г. в района на Ялта, Украйна, земетресението на 26.12.1939 г. в района на Ерзинчан, Турция и на 12.07.1966г. - в района на Анапа, Русия. По инструменталните записи на руски, украински и грузински мареографни станции са оценени периодите на вълните, времето за регистриране на първата вълна на брега и характера на колебанията на морското ниво (Доценко & Иванов, 2013; Paradoroulos et al., 2014). Височините, които са регистрирани са от порядъка на няколко cm до 4-5 dm. По сведения на очевидци на събитията от 1927 г. (Доценко & Иванов, 2013), в действителност височините на вълните са били значително по големи, което е свързано с нарастването им при навлизане в плитководните крайбрежни зони. По-ниската височина на вълната, регистрирана от мареографните станции, се обяснява с разположението им, видът на регистриращите устройства и на изградените съоръжения.

На 7 май 2007г. покрай българското северно крайбрежие се наблюдава подобно на цунами събитие, за което е търсено научно обяснение на предизвикалите го причини. Предположенията са за земетресение, подводно свличане на земни маси и аномално атмосферно явление (Ranguelov et al., 2008; Šerić et al., 2018). Извършени са и няколко моделни изследвания за генериране на цунами от подводно свлачище (Ranguelov et al., 2008). Липсата на надеждни количествени данни и фактът, че наличните са с недостатъчна разделителна способност или пропуски, в това число от мареографни наблюдения, затрудняват съществено достоверното научно обяснение на това явление. Част от причините са липсата на системни и непрекъснати наблюдения на редица физически параметри на околната среда, провеждани в станции, включени в съвременни научноизследователски инфраструктурни мрежи и проблеми при осигуряване на средства за постоянното им поддържане, съгласно международно приети

стандарти или препоръки (Pashova et al., 2017; 2021).

Едно характерно събитие, с поредица от вълни, подобни на цунами с несеизмичен произход, продължило от 23 до 27 юни 2014 г. е регистрирано по крайбрежията на няколко южноевропейски държави. Първият документиран случай на верига от разрушителни метеорологични цунами, възникващи на разстояние от хиляди километри, причинило значителни щети от Испания до Черно море, е предмет на многобройни изследвания, отразени в научната литература (Šerić et al., 2015; Рабинович&Шепич, 2016; Vilibić et al., 2021). Явлението, регистрирано инструментално от синоптични и мареографни станции, е съпроводено със силно наводнение, наблюдавано по бреговете на Хърватия. Забележими колебания на морското ниво са наблюдавани и по гръцките острови и бреговете на Турция. По-късно в Одеса се наблюдава морска вълна с височина 1.5—2 m. Това необичайно събитие се установява в записите от радарните сензори, инсталирани през 2013г. в мареографни станции Варна и Бургас и от аналоговите записи на синоптични станции по българското крайбрежие. Този случай на метеоцунами е разгледан по-нататък в изложението.

3.2. Регистриране на вълни цунами от български мареографни станции

Авторът на настоящата статия досега не е открил научни публикации с анализи на инструментални записи от мареографни станции на цунами по българското крайбрежие, предизвикани от сеизмични или други събития. Повечето факти в потвърждение на такива събития са по исторически документи или свидетелски описания (Rangelov et al. 2008; Papadopoulos et al., 2011). Проведено бе проучване на аналогови мареограми от 4-те геодезически мареографни станции с непрекъснатата регистрация на черноморското ниво, налични в архива на Агенцията по геодезия, картография и кадастър към МРРБ. Периодите, в които станциите са работили са съответно: Варна - от 1928 г. до днес, Иракли – от 1970 г. до 2006 г., Бургас – от 1928 г. до 2018 г. (<http://niggg.bas.bg/wp-content/uploads/2014/02/mare/text.html>) и Ахтопол – от 1970 г. до 2001 г. За съжаление, нито една от четирите станции не е работила без прекъсване за целия период на съществуване. Липсват регистрации на морско ниво с пропуснати периоди от минути до десетилетия по ред организационни, технически и други причини (Пашова, 2003; Pashova et al., 2017). Дори след модернизиранието на станциите във Варна и Бургас през 2013 г., съществуват пропуски в 1-минутните записи от радарните сензори с различна продължителност – от минути до месеци.

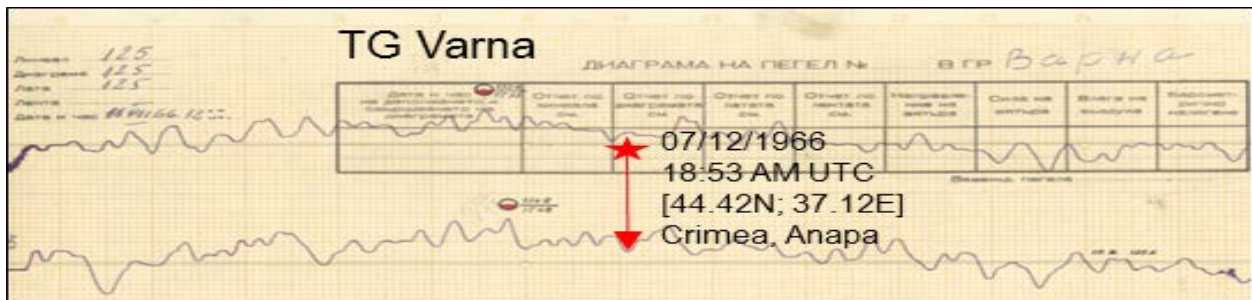
По време на земетресението от 26.12.1939 г. с магнитуд $M = 8$ в централната част на турското черноморско крайбрежие е работила само мареографна станция Бургас, а по време на Ялтенското земетресение на 12.07.1966 г. с магнитуд $M = 5.3 \pm 0.2$ - само във Варна. На фиг. 1 е представена част от диаграмата на варненската станция за периода 11 – 17 юли 1966 г., на която е отбелязан моментът на регистрираното земетресение. Забелязва се слабо повишение на нивото от ~5 cm, настъпило около 25 минути след събитието. На 15 октомври 2016 г. в 08:18:33.2 UTC е регистрирано земетресение с магнитуд $M_w = 5.1$ и дълбочина 10 km в западната част на Черно море с координати 42.20 N, 30.69 E. На фиг. 2 са показани епицентърът на земетресението, отстоящ на ~230 km източно от Царево и графика с 1-минутни регистрации на нивото във Варна и Бургас за периода 11:00 – 12:30 h. Забелязват се вариации в нивото с отклонение от ~6-7 cm със забавяне от 14 минути за Варна и 19 минути за Бургас от момента на регистрираното земетресение. Обяснение за разликата в по-късната регистрация

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

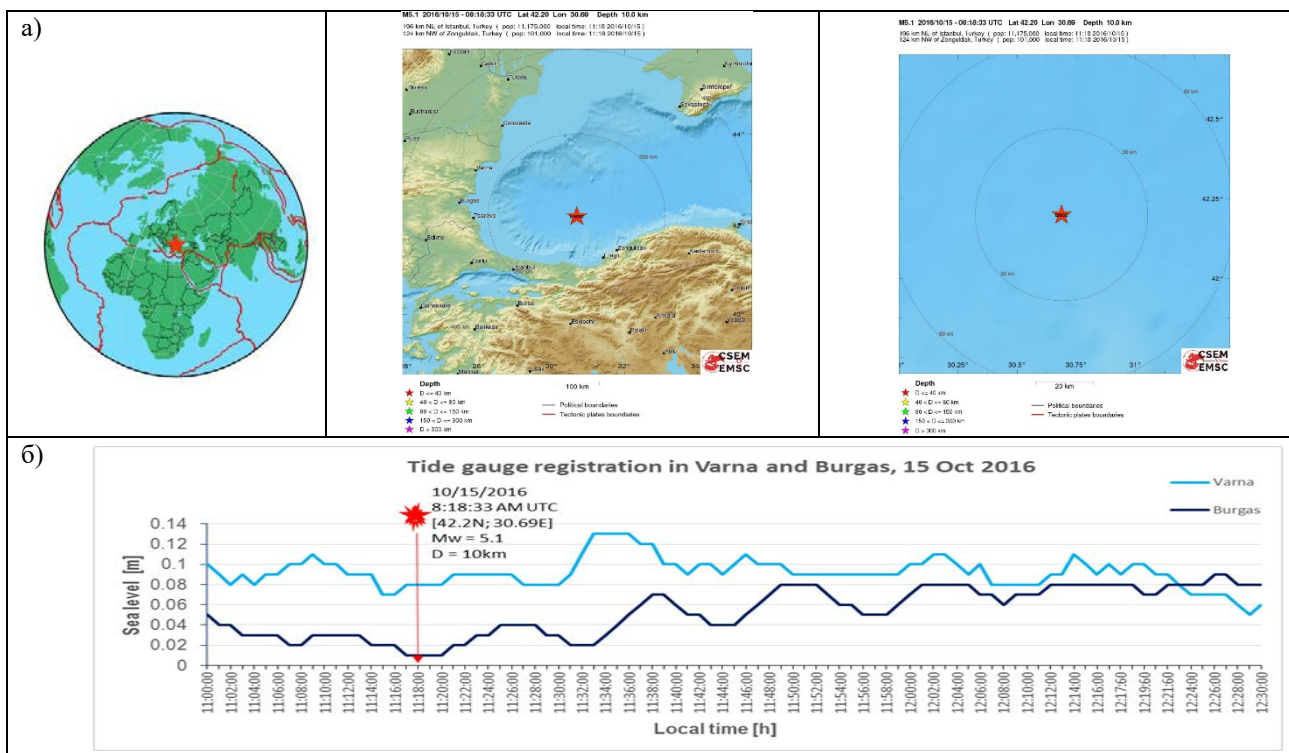
София, 04 - 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 04 – 05 November 2021

от по-близката до епицентъра станция Бургас в сравнение с Варна може да се потърси във физико-географските особености на тяхното разположение в пристанищните райони на двата града и устройството на кладенците, в които са монтирани радарните сензори, което изисква допълнителни изследвания.



Фигура 1. Извадка от диаграмата на мареографа във Варна за периода 11 – 17 юли 1966г. и моментът на земетресението от 7 юли 1966г.



Фигура 2. Разположение на епицентъра на земетресението от 15 октомври 2016 г. (а) и регистрации на морското ниво във Варна и Бургас за периода 11:00 – 12:30 h (б)

3.3.Регистриране на метеоцунами от 27 юни 2014г. от станции по българското черноморско крайбрежие

Метеорологичната обстановка по време на метеоцунамието в края на м. юни 2014г. е свързана с нахлуване на студен циклон, който пресича Черно море от север, започвайки на 26.06.2014г. Според данните от румънската система за атмосферно сондиране, циклонът пристигна в района на Букурещ (Румъния) в 00:00 UTC на 27 юни 2014г., на около 200 km западно от Черно

море (Šerpić et al., 2015). Долната тропосферна въздушна маса (до 3500 m) е суха и стабилна и има две температурни инверсии на височини от около 1000 и 3000 m. Въздушната маса е претоварена от нестабилен влажен въздух, обхващащ височини от 4000 до 5500 m. Това води до увеличаване на скоростта на вятъра между 06:00 h на 26 юни и 12:00 h на 27 юни и до малки локални нестабилности в атмосферното налягане. Посоката на вятъра е западна в цялата тропосфера, нараствайки от земната повърхност от ~5 m/s) към нестабилния слой до ~25 m/s). Създадената цунамогенна синоптична обстановка на 27 юни 2014г. над Черно море е във времеви прозорец между 06:00 и 12:00 UTC (Šerpić et al., 2018).

Метеоцунамито на 27 юни 2014 г. е регистрирано и по българското крайбрежие. Мареографните данни от станции Варна и Бургас са сравнени с метеорологични данни за атмосферно налягане и вятър, измерени в синоптични станции Шабла, Варна, Бургас и Ахтопол. Графиките на измереното релативно морско ниво на 27 юни и метеорологичните параметри за периода 25-28 юни са показани на фиг. 3. Няколко краткосрочни вариации (сейши) в регистрациите от двете мареографни станции в периода от 02:00 h до 18:00 h са забележими на фиг. 3а, чиито амплитуди варират от 20 до 25 cm при неотстранен дневен прилив. Въпреки конструкцията на кладенците, в които са монтирани радарните сензори, данните показват, че влиянието на внезапните малкомащабни вариации в атмосферното налягане се отразяват в регистрациите на морското ниво. Локалните изменения в атмосферното налягане, настъпили в ранните часове на 27 юни на фона на плавно повишаващо се атмосферно налягане, са регистрирани от крайбрежните синоптични станции. Дигитализираните през час времеви редове от аналоговите диаграми в станции Шабла и Варна (фиг. 3б) показват внезапен скок в 08:00 h от ~2.5 hPa на атмосферното налягане, което също е отчетено в измерените с живачен барометър през 3 часа стойности в 4-те станции (фиг. 3в). Посоката на вятъра е преобладаващо западна с максимални стойности от 14-16 m/s във Варна и Шабла след 18:00 h на 26 юни до 17 m/s в Бургас и 6-8 m/s в Шабла, Варна и Ахтопол в ранните часове на 27 юни (фиг. 3г). Времевата разделителна способност на измерените метеорологични параметри е 3-часова, което не позволява да се проследи детайлно посоката на разпространение на атмосферния фронт. Данните за морско ниво и метеорологични параметри са с различна времева разделителна способност - първите са през 1 минута, а вторите - през 3 часа, което затруднява прякото сравнение на влиянието на локалните атмосферни вариации върху изменението на морското ниво.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

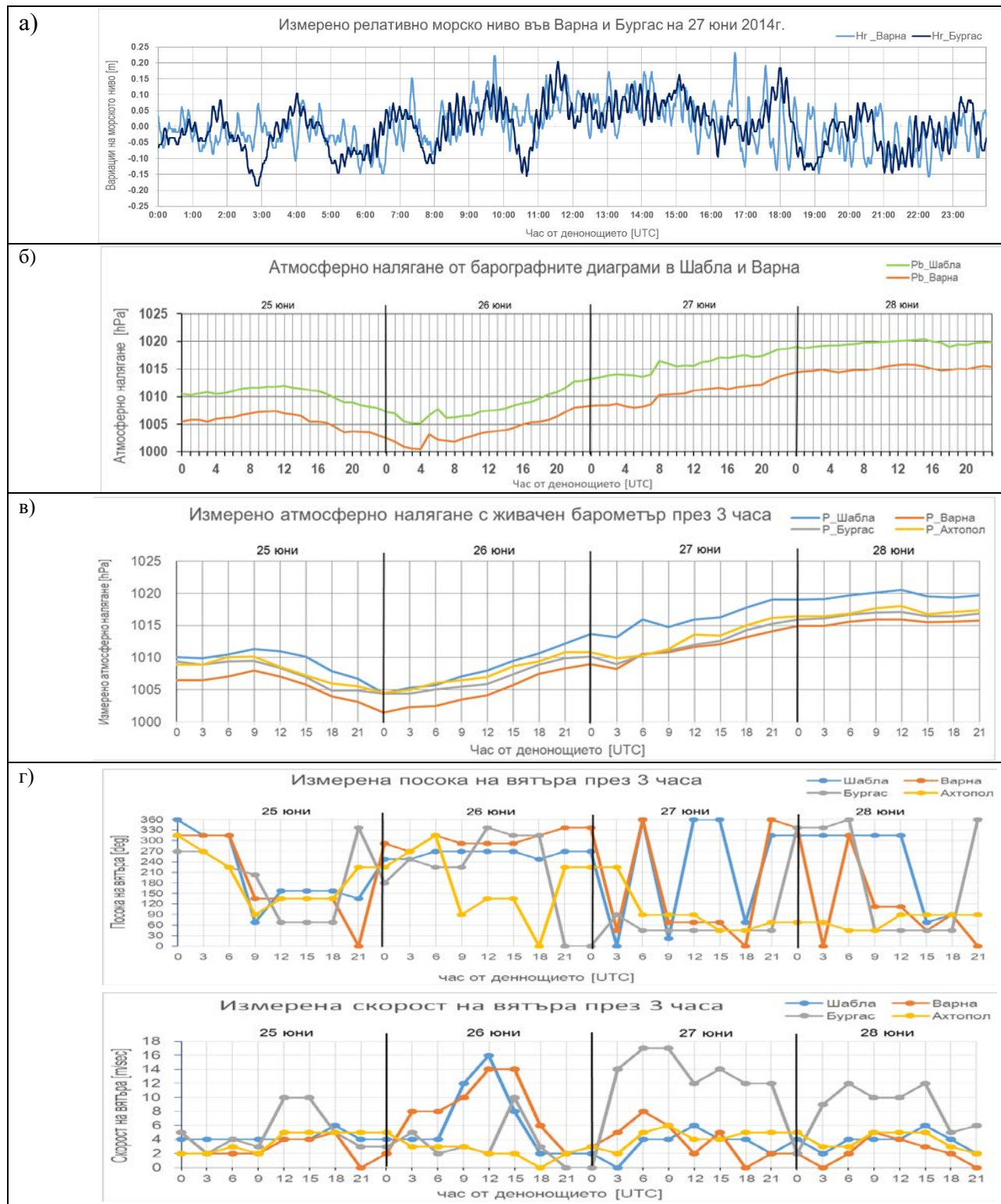
Наблюденията на морското ниво имат многоизмерен и многоцелеви характер, чиято значителна полза може да се извлече от добре проектирани мрежи от станции, които поддържат широка изследователска и оперативна потребителска база. През последните две десетилетия се полагат доста усилия за развитие на морски наблюдателни мрежи и изграждане на системи за ранно предупреждение, включващи различни сензори - дънни сеизмометри, колокирани GNSS@TG@Meteo станции и др. В Черноморския басейн. Използват се числени методи за моделиране и симулиране на вълни цунами (числени симулации на индуцирани цунами по исторически и съвременни данни, вкл. по хитотетични сеизмични източници, параметри на разломи и различни сценарии). Опасността и риска от цунами по българското крайбрежие все още не достатъчно добре проучена, независимо от постигнатите резултати при изпълнението на редица международни и национални проекти. Научните анализи са ограничени, поради липсата или непълнотата на първичната информация с необходимата

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

София, 04 - 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 04 – 05 November 2021

детайлност и точност, част от които са мареографните и метеорологичните данни.



Фигура 3. Графики на измерено морско ниво във Варна и Бургас (а) и на метеорологични параметри – атмосферно налягане, скорост и посока на вятъра, измерени в 4 синоптични станции

Мареографните наблюдения на черноморското ниво осигуряват данни за решаване на редица научни и практически задачи. Непрекъснатите регистрации на морско ниво засега са единствените инструментални данни за регистрирани вълни цунами по черноморското крайбрежие през изминалото столетие. Дългосрочните времеви серии от измервания са уникални, редки и неповторими данни със съществен принос за изследванията на климата в регионален мащаб, наблюдение и разбиране на регионалните и локални вариации в повишаването на морското ниво, изследване на морските течения и циркулация, поддържането на височинни системи, изучаването на тектонски движения на крайбрежната суша и др. Дигитализирането на мареографните записи от хартиените носители от геодезическите станции във Варна, Иракли, Бургас и Ахтопол е една от необходимите стъпки за дългосрочното им съхраняване и последващо използване в бъдещи научни изследвания и за други приложения.

Благодарности: Авторът изказва своята благодарност на Агенцията по геодезия, картография и кадастър към МРРБ за предоставените данни от регистрации на черноморското ниво. Изследването е финансирано по проект КП-СЕ-КОСТ/8/25.09.2020.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Белоконь, А. Ю., В. В. Фомин (2021). Моделирование распространения волн цунами в Керченском проливе, *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*, 14(1), 67-78.
- Доценко С.Ф., В. А. Иванов (2013). Катастрофические природные явления Азово-Черноморского региона. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 193 стр.
- Доценко, С.Ф., А.В. Ингерев (2013). Характеристика волн цунами сейсмического происхождения в бассейне Черного моря по результатам численного моделирования, *Мор. гидрофиз. журн.*, 3, 25-34.
- Зайцев, А. И., А. С. Козелков, А. А. Куркин и др. (2002). Моделирование цунами в Черном море, *Известия Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова*, 3, 27-45.
- Зайцев, А. И., А. А. Куркин, О. Е. Полухина и др. (2003). Численное моделирование возможных оползневых цунами в Черном море, *Известия Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова*, 4, 150-154.
- Никонов А.А., В.К. Гусяков, Л.Д. Флейфель (2018). Новый каталог цунами в Черном и Азовском морях в приложении к оценке цунамиопасности Российского побережья, *Геология и геофизика*, 59(2), 240–255. doi: 10.15372/GiG20180208
- Пашова, Л., Л. Димитрова, Е. Ойнаков, Д. Драгомиров, Г. Николов (2021). Съвременни методи и подходи за оценка на опасността от цунами по Българското Черноморско крайбрежие, *Ср. Доклади от Годишна университетска научна конференция 2021, НБУ“В. Левски, В. Търново*, т. 3, 98-108, ISSN 1314-1937
- Рабинович А.Б., Я.Шепич (2016). Метеорологические цунами: что это такое? *Природа*, М., №1, 12-26.
- Acir Ö., V.I. Agoshkov, R. Aps, A.A. Danilov, V.B. Zalesny (2013). Potential Tsunami Hazard Modelling of Black Sea Coastline, Turkey, In: Huang Y., Wu F., Shi Z., Ye B. (eds) *New Frontiers in Engineering Geology and the Environment*, Springer Geology, Springer, Berlin, Heidelberg, https://doi.org/10.1007/978-3-642-31671-5_39
- Dimova, L., R. Raykova (2018). Tsunami hazard on the Black Sea coast by numerical modelling, *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 71(10), 350-1356, DOI: 10.7546/CRABS.2018.10.08
- Dotsenko, S.F., V.N. Eremeev (2008). Analysis of the necessity and possibility of tsunami early warning on the Black-Sea coast, *Phys. Oceanogr.*, 18, 288–296, <https://doi.org/10.1007/s11110-009-9025-y>

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

София, 04 - 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 04 – 05 November 2021

Intergovernmental Oceanographic Commission, WMO (2006). Manual on Sea Level: Measurement and Interpretation, JCOMM Technical Report No.31, WMO/TDNo.1339

Isvoranu, D., V. Badescu, (2012). Hydrodynamics of tsunamis generated by asteroid impact in the Black Sea, Open Physics, 10(2), doi:10.2478/s11534-012-0012-4

Joseph, A. (2011). Tsunamis: Detection, Monitoring, and Early-Warning Technologies, Academic Press, 448p., ISBN-13: 978-0123850539.

Maramai A, B. Brizuela, L. Graziani (2014). The Euro-Mediterranean Tsunami Catalogue, Ann. Geophys., 57(4):S0435, DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-6437>.

Maramai A., L. Graziani, B. Brizuela (2019). Euro-Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC), ver. 2.0, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/tsunami/emtc.2.0>

Marghany, M. (2014). Simulation of Tsunami Impact on Sea Surface Salinity along Banda Aceh Coastal Waters, Indonesia, Advanced Geoscience Remote Sensing, doi:10.5772/58570

Oynakov, E., L. Dimitrova, L. Pashova, D. Dragomirov (2021). Analysis of potential seismic sources of tsunamis in the Black Sea region, using data from various catalogues, EGU General Assembly, online, 19–30 Apr. 2021, EGU21-8278, <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU21/EGU21-8278.html>.

Papadopoulos, G. A., G. Diakogianni, A. Fokaefs, B. Rangelov (2011). Tsunami hazard in the Black Sea and the Azov Sea: a new tsunami catalogue, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 945–963, <https://doi.org/10.5194/nhess-11-945-2011>.

Papadopoulos, G., A., E. Gracia, R. Urgeles et al. (2014). Historical and pre-historical tsunamis in the Mediterranean and its connected seas: Geological signatures, generation mechanisms and coastal impacts, Marine Geology, doi: 10.1016/j.margeo.2014.04.014.

Papadopoulos, G. A., F. Imamura, M. Nosov, M. Charalampakis (2020). Tsunami magnitude scales, Geological Records of Tsunamis and Other Extreme Waves, 33–46. doi:10.1016/b978-0-12-815686-5.00003-1.

Pashova, L., A. Kortcheva, V. Galabov (2017). On the Necessity of Improving the Research Infrastructure in the Western Black Sea for the Purposes of Flood Risk Management. In: Nikolov O., Veeravalli S. (eds) Implications of Climate Change and Disasters on Military Activities, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, https://doi.org/10.1007/978-94-024-1071-6_7.

Pashova, L., L. Dimitrova, E. Oynakov, V. Galabov (2021). Tsunami vulnerability along the western Bulgarian Black Sea coast - from the historical review towards multidisciplinary assessment approach, EGU General Assembly, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-6596, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6596>.

Rangelov, B., S. Tinti, G. Pagnoni, R. Tonini, F. Zaniboni, A. Armigliato (2008). The nonseismic tsunami observed in the Bulgarian Black Sea on 7 May 2007: Was it due to a submarine landslide? Geophysical Research Letters, 35(18). doi:10.1029/2008gl034905.

Šepić J., I. Vilibić, A. Rabinovich, S. Monserrat (2015). Widespread tsunami-like waves of 23-27 June in the Mediterranean and Black seas generated by high-altitude atmospheric forcing, Sci. Rep., v.5. №11682. P.1-5, doi: 10.1038/srep11682.

Šepić, J., A.B. Rabinovich, V.N. Sytov (2018). Odessa Tsunami of 27 June 2014: Observations and Numerical Modelling. Pure Appl. Geophys., 175, 1545–1572, <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1729-1>.

Tishchenko, I., G. Tari, M. Fallah, and J. Floodpage (2021). Submarine landslide origin of a tsunami at the Black Sea coast: Evidence based on swath bathymetry and 3D seismic reflection data, Interpretation, 1-34, <https://doi.org/10.1190/int-2020-0174.1>.

Thomson R. E., A. B. Rabinovich, I. V. Fine et al. (2009) Meteorological tsunamis on the coasts of British Columbia and Washington, Physics and Chemistry of the Earth, v.34., №17-18, 971-988, <https://doi.org/10.1016/j.pce.2009.10.003>.

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

София, 04 - 05 ноември 2021 г.

XXXI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 04 – 05 November 2021

Vilibić, I., C. Denamiel, P. Zemunik, et al. (2021). The Mediterranean and Black Sea meteotsunamis: an overview, Nat Hazards, 106, 1223–1267, <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04306-z>.

Yalciner, A. C., E. Pelinovsky, T. Talipova, A. Kurkin, A. Kozelkov, and A. Zaitsev (2004). Tsunamis in the Black Sea: Comparison of the historical, instrumental, and numerical data, J. Geoph. Res., 109, C12023, doi:10.1029/2003JC002113.

Zemunik, P., J. Šepić, H. Pellikka, L. Čatipović, I. Vilibić (2021). Minute Sea-Level Analysis (MISELA): a high-frequency sea-level analysis global dataset, Earth Syst. Sci. Data, 13, 4121–4132, <https://doi.org/10.5194/essd-13-4121-2021>.

ДАНИИ ЗА АВТОРИТЕ

доц. д-р инж. Любка Пашова

Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките

Адрес за контакт: ул. Акад. „Г. Бончев” бл. 3, гр. София 1113

Телефон: 02/9793349

e-mail: lpashova.nigg@gmail.com; bismall@bas.bg