



Екстремални изменения на нивото на Черно море по българското черноморско крайбрежие

Добромир Гроздев

Институт по океанология, БАН, 9000 Варна-Ц, п.к. 555

Extreme characteristics of the Black Sea level along the Bulgarian coastline

Dobromir Grozdev

Institute of Oceanology, BAS, 9000 Varna-C, P.O.Box 555

E-mail: grozdev@io-bas.bg

Abstract. Marine climatic information in general and sea level information in particular is of great importance for activities related to the effective exploitation of the marine resources. The present paper defines the factors, which form the sea level regime in the Bulgarian Black Sea coastal zone. Extreme rise and decrease of the sea level and their repetition for a fixed period of time were studied.

Key words: marine climatology, sea level, average sea level, maximum and minimum sea level.

Резюме. Морската климатична информация за нивото на морето е от съществено значение за дейности, свързани с рационалното използване на неговите ресурси. В настоящата работа са определени и оценени факторите, формиращи режима на измененията на нивото на морето в крайбрежната част на българския сектор на Черно море. Оценена е повторемостта на поява на максимално и минимално изменение на нивото на морето веднъж за определен период от време, спрямо неговата средна многогодишна стойност.

Ключови думи: морска климатология, морско ниво, средно многогодишно морско ниво, максимално и минимално морско ниво.

Въведение

Познаването на режимните и екстремални характеристики на нивото на Черно море по българското крайбрежие има голямо значение за дейностите, свързани с планирането, изграждането и поддържането на крайбрежната и прибрежна инфраструктури.

По българското черноморско крайбрежие най-честата причина, водеща до неперидични значителни колебания на нивото на морето, е щормовото въздействие на вятъра. В случая постъпателното движение на повърхностната водна маса съвпада с посоката на вятъра. При духане на вятъра към брега в резултат на притока вода нивото на морето се покачва. Наблюдава се така наречения *нагон* (Егоров, 1974). При духане на вятъра от брега към морето се наблюдава *сгон*

на водата и спадане на нивото¹. Тези промени са пряко свързани с активната ветрова динамика над Балканския полуостров и западната акватория на Черно море при преминаване на студени атмосферни фронтове и/или атлантически или средиземноморски циклони.

Други причини, водещи до неперидични колебания на нивото на Черно море по българското Черноморие, са цунамите и сейшите. В първия случай става дума значителни морски вълни,

¹ В крайбрежния район на север от нос Калиакра при духане на вятъра успоредно на брега от юг се наблюдава явление *upwelling* (ъпуелинг), което също води до изменение нивото на морето – спадане (Боуден, 1988). При северен вятър се наблюдава явление *downwelling* (даунуелинг), при което нивото на морето се покачва (Гроздев, 1996).

причинени от земетресения с магнитуд(а) повече от 6,5 по скалата на Рихтер с епицентър на дълбочина по-малка от 50 km. Сейшите са свободни колебания на нивото на морето във вид на стоящи вълни, възникнали по инерция след прекратяване на въздействието на външни сили (Шулейкин, 1968).

Цунами

В района на Черно и Азовско морета за последните 2000 години са наблюдавани над двадесет случая на цунами (Никонов, 1997, Рангелов, 2006).

По българското Черноморие цунами са наблюдавани през далечните 545 и 555 г. (Христосков, Тъпкова-Заимова, 1979).

В своята статия „Градиво на сеизмографията на България“, публикувана в Периодичното списание на Българското книжовно дружество (Вацов, 1908) Спас Вацов, основател на сеизмологичната служба в България пише: „Година 545, Морето при Одисиос (Варна), Діонисиополъ (Балчик) и Афродисия наведнаж излязло извън бреговете, навлязло 4000 разкрача² навътре в сушата, издавило много хора и после се оттеглило.“ Източникът на информацията е „Летопис на Византиеца Теофан“. Местоположението на Афродисия все още не е уточнено, но се предполага, че е между Балчик и Каварна. Според сеизмолозите, определен брой от регистрираните в районите на Черно и Азовско морета цунами, включително и тази от 545 г., имат височина от 2–4 m. Вероятната максимална амплитуда на сеизмичната морска вълна, наблюдавана във Варненския залив, е около 5 m.

По съвременни оценки интензивността на цунами е била VIII–X степен по новата скала на Пападополус–Имамура, а земетресението (моретресението), което я предизвикало е имало магнитуд(а) 7,5 по скалата на Рихтер (Oaie et al., 2006).

Сейши

На 7-ми май 2007 г. по северното българско черноморско крайбрежие бе наблюдавано изключително необичайно природно явление. В два часа след пладне за минута и половина нивото на Черно море в Балчик спада с около 80 cm. Водата се отдръпва на 15 m навътре в морето и рибарските лодки остават върху пясъка. След това водата отново се връща в първоначалното си положение. Подобно изменение на нивото е на-

блюдавано и във Варненския залив от екипажа на научноизследователския кораб „Академик“ към Института по океанология. Спадането на морето е с около 70 cm. По данни на очевидци нивото на морето спада и в Каварна с около 50 cm. Дванадесет минути след първото спадане на морското ниво бе наблюдавано второ такова. То продължава малко повече от две минути. Подобно колебание на нивото на морето е наблюдавано и в откритата акватория на Черно море. Данните от автоматичната хидрометеорологична станция, монтирана на газодобивната платформа „Галата“, разположена на 22 km източно от нос Иланджик (или устието на река Камчия), показват няколкократно изменения на нивото на морето, като първото от 23 cm е най-голямо. Първите две колебания са с продължителност от един час, а следващите четири – с продължителност от приблизително два часа. Регистрираните и наблюдавани спадания на нивото на морето са типични сейши, в случая предизвикани от двукратно рязко спадане и покачване на атмосферното налягане в системата на преминал над районите студен атмосферен фронт (Гроздев, 2007).

Назад във времето

Подобен характерен случай на спадане на нивото на Черно море е имало на 25 януари 1921 г. във Варна и в Бургас (Иванов, 1925). Спадането на морското ниво в Бургаския залив е 1,12 m. Това е и най-голямото до сега, от когато се водят наблюдения, спадане на нивото на морето по нашето Черноморие. Водата се отдръпва на 40–50 m навътре в морето. В случая също е наблюдавана сейша. Морето е било тихо, без вълнение, не е духал силен вятър, не са отчетени резки промени в атмосферното налягане. Сеизмографът в София не е регистрирал земетресение. Пристигнали по море пъгници на другия ден – 26 януари – разказват, че били свидетели на „един циклон покрай малоазийското крайбрежие, към устието на Босфора“. Спадането на нивото във Варненския залив е по-малко – само 75 cm. Тази сейша е подробно описана от Борис Ангелов в Списание на БАН (Ангелов, 1935).

Сгонно-нагонни колебания на нивото на Черно море

В настоящата работа оценката на сгонно-нагонните колебания на морското ниво по българското крайбрежие е получена след статистическа обработка на регистрираните десетгодишни месечни екстремални стойности на нивото на Черно море в българските крайбрежни синоптични станции Шабла, Калиакра, Варна, Емине, Бургас и Ахтопол (фиг. 1). Обработена е редица от ежедневните измервания на нивото на Черно море по черноморската височинна система в

² Под „разкрача“ (1,48 m) трябва да се разбира „двойна стъпка“, която е равна на разстоянието, изминато от римски войник при двойно допиране до земята на своя ляв крак (Уикипедия, 2009).



Фиг. 1. Българско черноморско крайбрежие – синоптични станции Шабла, Калиакра, Варна, Емине, Бургас и Ахтопол

Fig. 1. Bulgarian Black Sea coastline – synoptic stations Shabla, Kaliakra, Varna, Emine, Burgas and Ahtopol

основните синоптични срокове в 6, 12 и 18 часа по Световно координирано време (UTC) за периода 1975–1984 г. (Зюмбюлева и др., 1974). Периодът от десет години е приет от Световната метеорологична организация като приемлив минимум в морската климатология (WMO, 1989). За станция Ахтопол периодът на обработената информация е четири години.

В изследвания период по нашето Черноморие бяха наблюдавани случаи на екстремално покачване на нивото на морето и на екстремално вълнение (Костичкова и др., 2001; Трифонова, Демирева, 2003; Grozdev, 2007). Тези стойности на морското ниво са с много малка повторемост и не се вписват в нормалното разпределение на ежегодните месечни екстремуми. Поради тази причина са анализирани десетгодишните месечни екстремуми на морското ниво, причинени от силни сгонно-нагонни ветрове.

При висока стойност на корелация ($R = 0,95-0,99$) са получени аналитични интегрални (кумулятивни) криви на безопасност от логаритмичен вид

$$\ln F(\%) = a \ln h + b,$$

където $F(\%)$ е вероятността стойността на максималното покачване (спадане) на нивото на морето да е по-голяма или по-малка от h , а a и b са коефициенти (Сираков, 1981; Schönwiese, 1992). При определяне на аналитичните функции на безопасност бе възприета следната схема за определяне на крайния резултат – избрани бяха

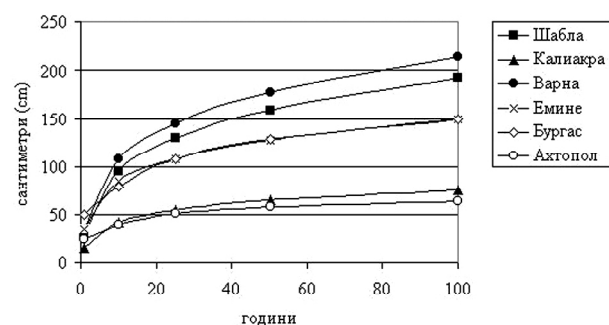
онези функции, при които има най-голяма връзка между първичната информация и крайните резултати при случаите на максимални покачвания и спадания на нивото на морето.

Екстремални покачвания на нивото на Черно море

Максималните покачвания на морското ниво над средногодишното ниво за всяка станция, които могат да се случат веднъж за определен брой години, са показани на фиг. 2. Графиките дават основание да се направят следните заключения:

а) в Калиакра и Ахтопол очакваните стойности на екстремални покачвания на нивото са сходни и най-малки в сравнение с останалите станции. На нос Калиакра причината за слаб нагонен ефект при характерни синоптични обстановки със североизточни ветрове (Трифонов, Трифонова, 1988) е ориентираността на брега на север от носа – 35° . При станция Ахтопол нагонният ефект се намалява заради дълбоководната зона (60 m) в откритоморската част независимо от ориентираността на брега. Друга причина е южното разположение на станцията, където ефектът от ветровото въздействие при характерни синоптични обстановки като правило е най-малък;

б) втората група станции с почти сходни стойности на очакваните екстремни покачвания на нивото са Емине и Бургас. На нос Емине пониските очаквани екстремални стойности в сравнение с тези във Варна и Шабла са резултат от орографското влияние, независимо от ориентираността на брега на север от носа. За Бургас причината е мястото на воденето на наблюдения – най-западните части на врязания към брега залив, сравнително закрит за преобладаващите



Фиг. 2. Максимални покачвания на морското ниво (cm) над средногодишните нива за станции Шабла, Калиакра, Варна, Емине, Бургас и Ахтопол, които могат да се случат веднъж на определен брой години

Fig. 2. Maximal advances of the sea level (cm) over the average annual levels for stations Shabla, Kaliakra, Varna, Emine, Burgas and Ahtopol, that may occur once a certain number of years

Таблица 1

Покачване на нивото на Черно море (см) спрямо средногодишната стойност за станции Шабла, Калиакра, Варна, Емине, Бургас и Ахтопол, което може да се случи веднъж на 10, 25, 50 и 100 години

Table 1

Advances of the sea level (cm) of the Black sea compared to average annual levels for stations Shabla, Kaliakra, Varna, Emine, Burgas and Ahtopol, that may occur once a certain number of 10, 25, 50 and 100 years

Години \ Станция	10	25	50	100
Шабла	95	130	159	193
Калиакра	42	55	65	75
Варна	107	145	178	215
Емине	84	108	128	150
Бургас	79	108	129	149
Ахтопол	39	51	57	64

нагонни североизточни ветрове. Причината за наблюдаваното най-високо покачване на нивото в Бургаския залив през м. февруари 1979 г. е продължителното духане на силен изток-североизточен вятър и преноса на водната маса в резултат на вълновата рефракция (Шамраев, Шишкина, 1980);

в) с най-високи очаквани екстремални покачвания на нивото на морето са станции Шабла и Варна. За станция Шабла причината е откритостта на района относно североизточните ветрове и значителния нагонен ефект. За станция Варна причината за високите стойности е малката акватория на залива (в сравнение с Бургаския залив) и достатъчния разгон над откритоморската акватория от залива до нос Калиакра при североизточни ветрове (табл. 1).

Ветрови условия за нагонен ефект

Средногодишната повтораемост на различните типове приземни и привидни полета на вятъра в района на българското Черноморие е причина най-често да се наблюдават покачвания на нивото на морето. Средно за година по нашето черноморско крайбрежие най-често се наблюдават синоптични обстановки със североизточен вятър (Албгман, Матушевский, 1987). Средната повтораемост на вятър със скорост от 5–10 m/s съставлява 8,6% при средна продължителност от 20 часа. Със скорост на вятъра от 11–15 m/s случаите са средно 2,4% при продължителност от 15 часа. Скорост на вятъра от 16–20 m/s се наблюдават през само есенно-зимния период. Най-голямата им повтораемост е през месеците януари и февруари – 1,1% при средна продължителност от 13–16 часа и максимална продължителност от 27 часа.

Максимално покачване на нивото на Черно море

През периода 16–20 февруари 1979 г. времето в България се определя от взаимното влияние на

две барични системи, което е характерно за месец февруари (Grozdev, 2007). От една страна, това е мощен и обширен антициклон над северна Европа, сформиран в арктичен въздух и от друга – средиземноморски циклон с център над Тиренско море, който до края на цитирания период достига южните части на Мала Азия. Поради силното вълнение на морето в Бургаска област са нанесени много щети. В град Поморие е залята крайбрежната ивица с ширина до 3 km. Наводнени са към 400 къщи и няколко склада. Повредени са електрически съоръжения и телефонни линии. Залята е северната част на курортния комплекс „Слънчев бряг“ и квартал „Комлука“ в Бургас. В Ахтопол е изкъртен вълноломът.

Продължителното духане на силен вятър от изток-североизток е причина за наблюдаването на нагонен ефект по нашето крайбрежие, довел до значително покачване на морското ниво над средногодишната му стойност. Покачването се наблюдава във всички станции по нашето Черноморие, където се отчита нивото на морето. Допълнително влияние за покачване на нивото оказват и физикогеографските условия на заливите. Там издуханата от вятъра водна маса се насочва към най-западните им части и нивото се покачва още повече в сравнение с останалите станции, разположени извън заливи. Така максималното ниво във Варненски залив, регистрирано на 19 февруари е 102 cm над средното. Най-високите стойности на нивото на морето са регистрирани в Бургаския залив. Тук по време на бурята са отчетени и най-високите стойности на скоростта на вятъра по нашето крайбрежие – 34 m/s (Белберов и др., 1982). В синоптичната станция на Националния институт по метеорология и хидрология на 20 февруари 1979 г. нивото е 120 cm над средното, а в останалите две станции на института – в нефтеното пристанище и рибното пристанище, стойността му е съответно 96 cm (регистрирана на 19 и 20 февруари) и 137 cm (регистрирана на 18 и 19 февруари). В станции Каварна, Бал-

Таблица 2

Спадане на нивото на Черно море (см) спрямо средногодишната стойност за станции Шабла, Калиакра, Варна, Емине, Бургас и Ахтопол, което може да се случи веднъж на 10, 25, 50 и 100 години

Table 2

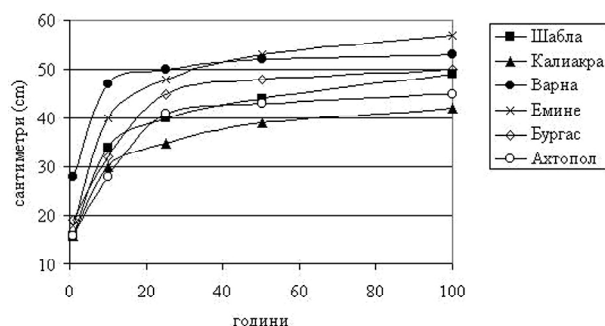
Drops of the sea level (cm) of the Black sea compared to average annual levels for stations Shabla, Kaliakra, Varna, Emine, Burgas and Ahtopol, that may occur once a certain number of 10, 25, 50 and 100 years

Станция \ Години	10	25	50	100
Шабла	34	40	44	49
Калиакра	30	35	39	42
Варна	47	50	52	53
Емине	40	48	53	67
Бургас	32	45	48	50
Ахтопол	28	41	43	45

чик и Емине покачванията на нивата са съответно 99, 86 и 60 cm. По технически причини, заради лошите метеорологични условия, наблюденията на нивото в Калиакра, Несебър и Ахтопол са прекратени съответно на 17, 18 и 19 февруари. Най-високо покачване е регистрирано в Ахтопол – 50 cm.

Екстремални спадания на нивото на Черно море

Максималните спадания на морското ниво под средногодишното ниво за всяка станция, които могат да се случат веднъж за определен брой години са показани на фиг. 3. За разлика от случаите на максимални покачвания на нивото на морето, тук не се наблюдава обособяване на отделни станции по характера на кривите



Фиг. 3. Максимални спадания на морското ниво (cm) под средногодишните нива за станции Шабла, Калиакра, Варна, Емине, Бургас и Ахтопол, които могат да се случат веднъж на определен брой години

Fig. 3. Maximal drops of the sea level (cm) sub average annual levels for stations Shabla, Kaliakra, Varna, Emine, Burgas and Ahtopol, that may occur once a certain number of years

на обезпеченост. Най-големи разлики в очакваните максимални спадания на нивото за всички станции има в случаите на повторемост от една и десет години – 12–22 cm. Това е периодът, включващ основните междугодишни цикли на щормовата активност в акваторията на Черно море от 3,25, 6,5 и 11 години (Доценко, Черкесов, 1985). Интервалът на очакваните максимални спадания на нивото за всички посочени периоди – от 1 до 100 години е около 15 cm (табл. 2). В случая при наблюдаването на стгонния ефект няма влияние на метеорологични, океанографски и орографски причини, които да променят съществено очакваните спадания на нивото на морето в отделни станции.

Заклучение

Описаните екстремални изменения на нивото на Черно море и по-специално неговото покачване, са причина за нанасяне на значителни щети в крайбрежните райони. Много е важно да се знае, че при случаите на нагонни ветрове покачването на нивото на Черно море е съпътствано и със значително вълнение на морето, което увеличава негативните въздействия. Познаването на повторемостта на тези изменения са от голямо значение при хидротехническо строителство, при брегоукрепващи дейности в крайбрежните райони, а в последните години и при засиленото строителство в места в непосредствена близост до бреговата линия.

От голямо значение е и оперативната прогноза на такива изменения на нивото с цел вземането на адекватни мерки от страна на „Гражданска защита“, областни и кметски структури, пристанищни и други власти за намаляване на последствията върху крайбрежната инфраструктура.

Литература

- Альтман, Э. Н., Г. Н. Матушевский. 1987. *Типовые поля ветра и волнения Черного моря*. Севастопол, Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Государственный океанографический институт, Севастопольское отделение, 36 с.
- Ангелов, Б. 1935. Движение на водата в Черно море. – *Сп. БАН, LI, Клон Природо-математичен*, 27. С., Придворна печатница, 113–166.
- Белберов, З., В. Захариев, Ю. Крылов, Д. Костичкова, Р. Мянрова, Ю. Поляков. 1982. Анализ на катастрофалния щорм през месец февруари 1979 г. пред Българското Черноморско крайбрежие. – *Океанология*, 9, 3–12.
- Боуден, К. 1988. *Физическая океанография прибрежных вод*. М., Мир, 172–196.
- Вацов, С. 1908. Градиво за сеизмографията на България. – *Период. спис. Бълг. книж. д-во в София, XX, 1–2 свезка*. Пловдив, Печатница на Хр. Г. Данов, 127–128.
- Гроздев, Д. 1996. Изменение на морското ниво в синоптична станция Шабла в зависимост от посоката на вятъра. – В: *Морски научен форум „Науки за морето и корабта“*, 3–Морски технологии. Варна, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, 356–363.
- Гроздев, Д. 2007. Необичайно спадане на нивото на Черно море по българското черноморско крайбрежие. – *Национална океанографска комисия, Бюлетин № 4, август 2007 г.* БАН, И-т по океанология, 19–23.
- Егоров, Н. И. 1974. *Физическая океанография*. Ленинград, Гидрометеиздат, 278–284.
- Доценко, С. Ф., Л. В. Черкесов. 1985. Исследования волновых процессов в Мировом океане по проекту „Волна“. – *Морской гидро-физический журнал*. Киев, Наукова думка, 19–26.
- Зюмбюлева, Е., П. Николов, Д. Рулев. 1974. *Ръководство за хидрологични наблюдения в морските брегови хидрометеорологични станции*. София, УХМ, 8–15.
- Иванов, С. 1925. Принос към въпроса за нивото на Черно море и неговите колебания. – *Сп. БАН, XXXII, Клон природо-математичен*, 15, 55–67.
- Костичкова, Д., З. Белберов, Е. Трифонова, Д. Грудева. 2001. Максимални морски нива в Бургаския залив. – *Труд. И-т по океанология, БАН, 3–Физика на морето*, 3–12.
- Никонов, А. 1997. Цунами на брегах Черного и Азовско-го морей. – *Физика земли*, 1, 2–10.
- Рангелов, Б. 2006. Опасност от цунами в Черно море. – В: *Сб. Първа национална научно-практическа конференция по управление в извънредни ситуации и защита на населението*. Център за изследвания по национална сигурност и отбрана, БАН, 164–169.
- Сираков, Д. 1981. *Статистически методи в метеорологията*. София, СУ „Кл. Охридски“, 269 с.
- Трифонов, В., Л. Трифонова. 1988. Типизация на синоптичните ситуации предизвикващи силно вълнение по българското черноморско крайбрежие. – *Проблеми на географията*. С.
- Трифонова, Е., Д. Демирева. 2003. Изследване на изменението на морското ниво във Варна и Бургас. – *Труд. ИО*, 4, Варна, 3–9.
- Уикипедия. 2009. Древноримски мерни единици. Мерки за дължина. – В: *Уикипедия, Свободна енциклопедия*. <http://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BB%D1%8F>
- Христосков, Л., Тъепкова-Заимова. 1979. Възможна цунамигенност на земетресения и огнища в нашето черноморско крайбрежие. – *Бълг. геофиз. сп.*, V, 4, 98–100.
- Шамраев, Ю. И., Л. А. Шишкина. 1980. *Океанология*. Ленинград, Гидрометеиздат, 168–176.
- Шулейкин, В. 1968. *Физика моря*. М., Наука, Академия наук СССР, 182–190; 208–211.
- Oaie, G., D. Secrieru, A. Seghedi, D. Ioane, M. Diaconescu. 2006. Preliminary assessment of the tsunami hazard for the Romanian Black Sea area: historical and paleotsunami data. – In: *Proceeding of National conference „Geosciences 2006“*. Sofia, BGS, 300–303.
- Grozdev, D. 2007. Extreme Wave and Sea Level Development of the Bulgarian Black Sea Coastal Zone. – In: *Third International Conference Global Changes and Regional Challenges, Sofia University „St. Kliment Ohridski“*, Faculty of Geology and Geography. Sofia, Univesity Press, 102–106.
- Schönwiese, C. D. 1992. *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler*. – *Gebrüder Borntraeger*, Berlin, 100, 132–138; 213.
- WMO. 1989. *Guide on the Global Observing System*. – *WMO-No.488*, Geneva, III-64/III-67.

(Постъпила на 28.01.2009 г., приета за печат на 07.07.2009 г.)
Отговорен редактор Любка Пашова