

8. СПРАВКА ЗА ОРИГИНАЛНИТЕ НАУЧНИ ПРИНОСИ НА ГЛ. АС. Д-Р НАТАЛИЯ КАМЕНОВА АНДРЕЕВА

участник в конкурс за заемане на академична длъжност „доцент“ по Научна област 4: „Природни науки, математика и информатика“, Професионално направление 4.4: „Науки за земята“, Научна специалност: „Океанология“, Научно направление „Вълнови процеси, брегова хидродинамика и риск в бреговата зона“, обявен в Държавен вестник бр. 63 / 01.08.2025 г.

Научните ми публикации включват 32 заглавия, от които 6 са свързани с придобиване на образователна и научна степен "доктор" и 26 са представени по настоящия конкурс (от които 22 са в издания, реферирани и индексирани в Web of Science / Scopus). Извън Справката за съответствие с минималните национални и изискванията на ИО-БАН във връзка с конкурса са представени 5 научни публикации в издания, които не са реферирани или индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация.

Научните приноси могат да бъдат систематизирани в следните направления: изследване на ветро-вълновия климат в Черно море; щормова активност и морфодинамика на пясъчни брегове по българското Черноморско крайбрежие; изследване и оценка на вълновото въздействие и уязвимостта на крайбрежната зона; енергиен потенциал на морското вълнение в Черно море и по българското крайбрежие; оценка на бреговия риск от екстремни щормове; оценка на влиянието на брегозащитни хидро-технически съоръжения върху динамиката на бреговете процеси.

НАУЧНИ ПРИНОСИ

I. Изследване на ветро-вълновия климат в Черно море

I.1. Извършена е първа валидация на спектралния вълнови модел WAM Cycle 4 за Черно море за периода 1958-1998 г. чрез съпоставяне на моделните резултати с *in situ* измервания от буйове и брегови вълнографи, разположени в различни акватории на басейна, което доказва приложимостта на модела за регионални изследвания. Идентифицирани са ограниченията на модела, свързани със слаби ветрови условия, бърза промяна в посоката на вятъра и наличие на мъртво вълнение (swell), което допринася за по-реалистична оценка на неговите възможности. Чрез статистическа оценка е показано, че моделът възпроизвежда с висока надеждност силноенергийни вълнови събития, което е ключово за дългосрочни климатични реконструкции. **(6.2.1-1, проект НИРОСAS)**

I.2. В резултат на валидацията на WAM Cycle 4 за Черно море за периода 1958-1998 г и посредством ретроспективен анализ (хайндкаст) е създадена 41-годишна база данни от ветрови и вълнови параметри за целия Черноморски басейн. На тази основа е проведен комплексен статистически анализ за пет представителни точки от басейна. Установени са ясни сезонни и пространствени различия във ветровия и вълновия режим – по-силни

ветрове и по-големи средни вълни в западната част на Черно море спрямо източната. Определени са максимални вълнови височини и периоди по региони, както и регионални различия в повторемостта на щормовите събития. Чрез интегрирането си в рамките на европейския проект HIPOCAS изследването допринася за стандартизиране на методологиите за климатични реконструкции в европейските морета. (6.2.1-4, проект HIPOCAS)

II. Изследване на щормовата активност по българското Черноморско крайбрежие

II.1. В рамките на европейския проект MICORE е извършена систематизация и анализ на исторически щормове по българското крайбрежие на Черно море въз основа на литературни източници, архивни материали и хроники от края на XIX до началото на XXI век. За първи път е обобщена информация за честотата, сезонността и пространственото проявление на екстремни събития за повече от столетие. Представени са данни за мащабните щети, причинени от тях: наводнения в урбанизирани територии, разрушаване на пристанищни съоръжения, заливане на крайбрежни квартали и значителни загуби за стопанската инфраструктура. Чрез съпоставяне на архивни сведения със съвременни инструментални данни и числени модели са реконструирани параметри на отделни събития – височини и посоки на вълните, динамика на морското ниво и обхват на наводненията. Този интердисциплинарен подход се прилага за първи път за българското крайбрежие и позволява да се извлекат количествени характеристики от исторически описания. (6.2.4-2, проект MICORE)

II.2. На базата на ретроспективен анализ (хайндкаст) е възстановен ветро-вълновият климат за периода 1948-2010г. и е извършена оценка на измененията в щормовата активност за шелфовата зона на българския Черноморски бряг. Предложен е нов интегрален вълнови индекс, чрез който надеждно се разграничават щормовите събития от по-слабите вълнови режими, и е разработен и приложен комплексен набор от 11 индикатора за щормовитост. На тази база са документирани дългосрочни тенденции за намаляване на броя на щормовете и щормовите дни, но увеличаване на интензивността и енергийната мощност на отделни събития. Установени са промени и във вътрешната структура на щормовете. За първи път е показано, че регионалните процеси в западното Черноморие имат статистически значима зависимост от глобални атмосферни колебания (NAO, AMO). Изведеният и използван многопластов и комплексен подход дава количествен критерий за дългосрочен анализ на щормовитостта. (6.2.2-3, 6.2.2-6, проект MICORE)

II.3. За първи път са анализирани статистическите свойства на ветровото вълнение, измерено с хидро-акустичен Доплеров профилограф в преходните води на Бургаския залив. Проведени са две последователни автономни измервателни кампании в периода 2021-2023г. със средна продължителност от три месеца и са получени времеви редици с почасови данни за значителната височина на вълните H_s , пиковия период T_p и средната посока на разпространение D_m на вълнението, от които са изведени статистически характеристики и честоти на съвместна поява на параметрите (H_s-T_p , H_s-D_m). Извършен е анализ на регистрираните през периода щормови събития.

Резултатите предоставят надеждна база за усъвършенстване на вълновите модели, оценка на вълновите и щормовите режими в залива и разработване на по-точни прогнози за щормовите въздействия върху крайбрежната зона. **(6.2.2-12, проект CHUMERA)**

II.4. За първи път за определени критични прагове на щормово въздействие върху морфологията на пясъчните плажове по българското северно Черноморие чрез комбиниране на ветро-вълнови данни от ретроспективен анализ (хайндкаст) за 63-годишен период (1948–2010 г.) и дълги серии от профилни измервания (1971–1978 г.; 2008–2010 г.). Установени са диапазони на интегралната вълнова енергия, при които щормовете могат да предизвикват значими морфологични промени и за разрушителни събития с потенциал за необратими изменения на бреговата линия. Показано е, че морфологичният отговор е силно обусловен от локалните геоморфоложки условия, което налага прилагането на диапазони от критични стойности вместо един универсален праг за прогнозиране на щормовите ефекти. **(6.2.2-7, проект MICORE)**

III. Морфодинамика на пясъчни брегове по българското Черноморско крайбрежие

III.1. За първи път е проведено изследване на миграцията и морфологичните промени на външния подводен пясъчен вал при естакадата на НИБ „Шкиорпиловци“ на Камчийско-Шкорпиловския плаж чрез използване на многогодишни теренни данни на морфологията на подводния брегови склон в зависимост от вълновия климат в региона. Установено е, че миграцията на прибрежния подводен вал не зависи единствено от сезонните щормови условия, но и от междудесетилетни климатични вариации, обуславяни от глобалната атмосферна циркулация. Така, за първи път в българското Черноморие е установена връзка между дългосрочната динамика на външните подводни пясъчни валове и голямомащабните атмосферни индекси NAO, AMO, EA, AO, EA/WR и SCAND. Това изследване въвежда нова перспектива в анализа на дългосрочната еволюция на пясъчните плажове, като съчетава локални процеси с глобални климатични зависимости. **(6.2.1-8, проект НГИЦ)**

III.2. Извършено е изследване, което обвързва конкретни нелинейни вълнови характеристики с наблюдавани морфодинамични промени за условията на българското Черноморско крайбрежие. За тази цел за използвани нови натурни данни, получени от полеви експерименти проведени на Камчийско-Шкорпиловския плаж през 2007 г. и 2016 г., които включват едновременно регистриране на вълновите условия и измервания на подводния брегови склон при естакадата на НИБ „Шкиорпиловци“. Установено е, че различните вълнови режими и видове разрушаване на вълните оказват съществено и разграничимо влияние върху морфодинамиката на плажа и подводния бреговия склон, а силно нелинейните вълни предизвикват значителна ерозия. Резултатите обогатяват знанията и разбирането на механизмите на бреговите процеси и еволюцията на пясъчните плажове. **(6.2.1-7)**

III.3. Систематичните и комплексни теренни измервания проведени на част от бреговата ивица на Камчийско-Шкорпиловския плаж при НИБ „Шкорпиловци“ в периода 2008-2010 г., позволиха натрупването на нови данни за региона и изследване

на краткосрочни морфодинамични промени на пясъчен бряг, предизвикани от силни щормове. Показано е, че морфологичният отговор на брега зависи не само от интензивността на вълновото въздействие, но и от локалните морфометрични условия и взаимодействия река–море. Документирането на изменения в условията „преди и след щорм“ представлява важен научен принос към разбирането на краткосрочната морфодинамика на пясъчните плажове. (6.2.2-5, проект MICORE)

III.4. За първи път е проведено сравнително изследване на хидродинамичните и литодинамичните процеси на две представителни плажни ивици в Европа – дисипативния бряг при с. Лубятово (Балтийско море, Полша) и по-рефлексивния бряг при НИБ „Шкорпиловци“ (Черно море, България) базирано на синхронни полеви измервания. Резултатите показват ясно изразен контраст: в Лубятово до 80% от вълновата енергия дисипира в зоната на прибоя, докато в Шкорпиловци по-стръмният профил обуславя висока степен на рефлексивност. Установено е, че при дисипативен бряг средните надлъжно-брегови течения са по-интензивни, докато при рефлексивен бряг превес имат напречно-бреговите течения. Това сравнение предоставя ново научно разбиране за механизмите, които управляват различните морфодинамични типове брегове и допринасят за по-точна оценка на устойчивостта им към екстремни щормови въздействия. (6.2.2-4, проект 10.2-14)

IV. Изследване на вълновото въздействие в бреговата зона

IV.1. За първи път са предложени параметри за количествена оценка на вълновото енергетично въздействие в бреговата зона, което позволява обективна оценка на енергийното натоварване върху крайбрежието в зависимост от характеристиките на вълновите режими и наклона на подводния профил. Теоретичната постановка комбинира: енергията на вълните, скоростта на дисипация на енергията и дела на разрушаващите се вълни. Това позволява да се отчете интензивността на вълновото въздействие, пространственият му обхват и морфодинамичния отговор на бреговата система. Въвеждането на тези показатели представлява принос, който поставя основата за по-прецизни количествени оценки на вълновата динамика. (6.2.1-2, проект Plan-Coast)

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

V. Оценка на вълновото въздействие и уязвимостта на крайбрежната зона

V.1. За първи път е приложена концепцията за оценка на вълновото енергетично въздействие в реални условия за българското Черноморие върху Варненското крайбрежие от н. Екрене до н. Палеца. Това позволи идентифициране и сравнителен анализ на енергийното натоварване в различни крайбрежни участъци, което дава възможност за обективно разграничаване на зони с висок, среден и нисък енергиен натиск. Чрез този подход са определени критични зони с най-висока степен на въздействие (н. Екрене и н. Св. Георги), както и абразионни участъци при Фичоза и Черноморец, които се явяват приоритет за брегозащитни мерки. (6.2.2-1, проект PlanCoast)

V.2. Чрез прилагане на комплексен подход е извършена пространствена оценка на уязвимостта на Варненското крайбрежие, от н. Екрене до н. Палеца, спрямо щормови събития за три представителни посоки: североизток, изток и югоизток, и три периода на повтораемост: един път на 1, 20 и 50 години. Чрез морфодинамично зонироване, базирано на хидроложки и геоморфоложки данни, са идентифицирани участъци с различна степен на чувствителност към ерозия и наводнения. Определени са критични зони, които представляват най-голям риск за населението и инфраструктурата. Този принос има пряко приложение при разработването на планове за управление на риска и адаптационни стратегии в условия на изменящ се климат. **(6.2.1-3, проект 10.2-18)**

V.3. Изготвена е първата количествена класификация на откритостта (изложеността) на българското Черноморско крайбрежие към вълново въздействие. Класификацията отчита ориентацията на бреговата линия спрямо доминиращите вълнови посоки и величината на вълновата енергия, достигаща до брега. Въз основа на резултатите са идентифицирани различни типове крайбрежие – от силно изложени до защитени. Този подход представлява първа систематизация на крайбрежната експозиция в България, който осигурява основа за пространствено планиране и управление на уязвимостта. **(6.2.4-4, проект 10.2-9 за 2013 г.)**

V.4. Изследвана е пространствената и многогодишна изменчивост на вълновата експозиция на българското Черноморско крайбрежие на базата на числени симулации на вълновия климат за периода 1981-2016 г. За тази цел е използван индикаторът вълнова мощност – еквивалент на параметъра транспорт на вълновата енергия, като количествена мярка за оценка на експозицията. Резултатите показват стабилни зони с дългосрочно висока експозиция, както и участъци с тенденция на нарастване на експозицията и уязвимостта. Това е първото систематично изследване за българското Черноморие по данни за 36-годишен период, което проследява пространствено-временната динамика на експозицията в многогодишен план и осигурява база за адаптация към климатичните промени. **(6.2.2-14, проект CHYMER)**

VI. Изследване на енергийния потенциал морското вълнение в Черно море, като възобновяем ресурс

VI.1. Извършена е първа стохастична оценка на вълновия енергиен потенциал в акваториите пред Варненския и Бургаския залив. Изследването показва, че най-перспективни за енергийно оползотворяване са вълните с височина 0,2–1,5 м, които осигуряват около 70% от общата годишна енергия (~0,8 кВ/м от средно 1,1–1,2 кВ/м). Тези резултати предоставят първи количествени ориентири за локалния енергиен ресурс на българското крайбрежие. **(6.2.4-3, проект INWECO)**

VI.2. Извършена е пространствена оценка на вълновия енергиен потенциал за шелфовата зона на целия Черноморски басейн, базирана на данни от вълнови ретроспективен анализ (хайндкаст) за периода 1948-2006г. Резултатите показват отчетлив контраст между западната и източната част: в югозападния сектор потенциалът надхвърля 3,5 кВ/м, докато в източните райони пада под 0,5 кВ/м. Най-перспективни за енергийно оползотворяване са вълните с височина 0,3–2,0 м и период 3–6 сек, които осигуряват над 75% от годишната енергия. Това е първото изследване,

което използва 59-годишна серия от числени симулации за оценка на вълновия потенциал в пространствен контекст, което значително подобрява надеждността на регионалната оценка. (6.2.2-9, проект INWECO)

VII. Брегови риск от екстремни щормове: методи за оценка и стратегии за управление

VII.1 За първи път в български условия са анализирани културни и институционални фактори, които влияят върху управлението на бреговия риск в гр. Варна, като е показано как социалните нагласи, административният капацитет и институционалната координация определят ефективността на мерките за адаптация към условията на климатичните промени. На основата на комбинация от качествени и количествени методи – експертни интервюта, анкетни проучвания и институционален анализ, е установено, че ниското доверие в институциите, ограничената координация между местно и национално ниво и недостатъчната информираност на населението значително намаляват ефективността на прилаганите мерки. Показано, че социално-културните нагласи са също толкова значим фактор за управлението на риска, колкото и физическите характеристики на щормовете. Предложени са практически насоки за подобряване на институционалната координация, повишаване на информираността и активно включване на местните общности в процесите на планиране и управление. (6.2.3-2, проект RISC-KIT)

VII.2. За първи път за условията на българското Черноморие и на примера на Варненското регионално крайбрежие е приложена методологията Рамка за оценка на бреговия риск (CRAF) за оценка на заплахата от брегови наводнения предизвикани от екстремни щормови събития с повтораемост един път на 100 години. Методологията комбинира хидродинамични, морфологични и социално-икономически фактори под формата на индикатори ранкирани по петстепенна класификационна скала, като оценява бреговия риск и идентифицира брегови участъци („горещи точки“) с висока уязвимост. Разработени са карти на заливане, уязвимост и брегови риск. Анализът определя като най-уязвими крайбрежните ивици на туристическите комплекси на север от гр. Варна и тези във вътрешността на Варненския залив - зони с висока концентрация на антропогенен натиск, индустриални и пристанищни дейности. Резултатите създават пространствена картина на риска от брегови заливания в резултат на щормови събития, която предоставя пряка основа за регионални стратегии за управление и адаптация към бъдещи екстремални събития. (6.2.1-5, проект RISC-KIT)

VII.3. Направена е оценка на уязвимостта на брегови рецептори към наводнения, предизвикани от щормове с период на повтораемост един път на 100 години, за Варненското регионално крайбрежие чрез прилагане на подхода на индексите, част от методологията Рамка за оценка на бреговия риск. Разгледани са четири основни категории рецептори – население, инфраструктура, транспорт и бизнес, като за всяка от тях са използвани индикатори за експозиция (изложеност) и уязвимост, адаптирани към местните условия. Разработени са карти на уязвимост за отделните видове рецептори. Резултатите показват, че най-уязвими са бреговите участъци на север и на юг от гр. Варна, и вътрешността на залива, представени от курортни, индустриални и

пристанищни дейности. Използваният подход позволява количествено сравнение на различните категории рецептори и очертава приоритетни области за защита и адаптация, а резултатите имат пряко значение за разработването на планове за управление на риска в гр. Варна. **(6.2.1-6, проект RISC-KIT)**

VII.4. За първи път за условията на българското крайбрежие е приложен моделът INDRA – компонент от Рамката за оценка на бреговия риск, който служи за сравнителен анализ на вече идентифицирани „горещи точки“ на регионално ниво. За условията на Варненското крайбрежие моделът е използван да се оценят вероятни директни щети, предизвикани от потенциални заливания, за различни категории рецептори (жилищна и туристическа инфраструктура, индустриални обекти, обществени сгради), разположени в рамките на три брегови участъка („горещи точки“). Оценени са сценарии за частично или пълно разрушаване на сгради и прекъсване на инфраструктурата, като резултатите позволяват пространствено сравнение на уязвимостта и приоритизация на мерки за защита на риска от наводнения на общинско ниво. **(6.2.4-5, проект RISC-KIT)**

VII.5. Тествани са и са верифицирани емпирични модели за заливане на брега от вълновия поток (wave run-up) и ерозия, предизвикани от екстремни щормови събития с период на повторемост един път на 100 години, за условията на Варненското регионално крайбрежие. Резултатите са използвани за създаване на индикатори на заплахата от наводнения и ерозия, които са пространствено картографирани и използвани за идентифициране на най-уязвимите сектори по регионалното крайбрежие. Установено е, че концентрацията на тези сектори е най-висока в акваторията на Варненския залив. **(6.2.2-10, проект RISC-KIT)**

VII.6. За първи път методологията CRAF е приложена за българското южно Черноморие, като е оценен рискът от брегови заливания предизвикани от екстремални щормови събития – изследване, което е пряко обвързано с прилагането на Европейската директива за наводненията. Оценката е извършена за вълнови събития с период на повторемост един път на 50 години за част от регионалното крайбрежие на гр. Бургас. Разработени са карти на заливане, уязвимост и брегови риск. Идентифицирани са „горещи точки“ на уязвимост, сред които бреговата ивица пред гр. Поморие, индустриалната зона около пристанища „Бургас“ и „Росенец“, ниско разположените терени в близост до Бургаското и Атанасовското езера, и крайбрежни квартали с висока плътност на населението. Получените оценки предоставят конкретни данни за планиране на защитни мерки и адаптационни политики на местно ниво, а резултатите предоставят количествена база за разработване на регионални стратегии за защита. **(6.3.1-9, 6.2.3-3, проект 10.2-5)**

VII.7. Разработен е прототип на Система за Ранно Предупреждение (СРП) за брегови щормови въздействия, който е приложен за българското Черноморие на Камчийско-Шкорполовския плаж при НИБ „Шкорпиловци“. Системата интегрира моделни симулации с индикатори за щормово въздействие. Показано е, че прототипът на СРП може да прогнозира вълнови параметри и морфодинамични изменения с достатъчна точност за оперативно приложение. Това изследване представлява първи опит за

изграждане на интегрирана система за ранно предупреждение за брегови щормови рискове в български условия, като създава основа за бъдещо развитие на оперативни системи за управление на риска и адаптация към екстремни хидрометеорологични събития. **(6.2.2-8, проект MICORE)**

VII.8. Разработена и приложена е многокомпонентна прогностична система Delft-FEWS (Flood Early Warning System) за Варненския залив и бреговия сектор на вече идентифицирана „гореща точка“ с цел прогнозиране на интензитета и обхвата на заплахата от брегови наводнения и ерозия. Системата интегрира атмосферни прогнози, числено моделиране на вълновото поле, на морското ниво и морфодинамичните промени, осигурявайки 3–5-дневни прогнози за щормови въздействия. Това е първото внедряване на подобен продукт за българското крайбрежие, който демонстрира надеждността на интегрирана многокомпонентна система за оперативно ранно предупреждение в реални условия за България, създавайки база за бъдещо разширяване на приложението ѝ по цялото Черноморско крайбрежие. **(6.2.2-11, проект RISC-KIT)**

VII.9. За управление на риска от наводнения и ерозия по крайбрежието на гр. Варна е приложен интегриран подход, който комбинира концептуалния модел Източник–Път–Рецептор–Последствие с числени симулации на хидродинамичните процеси и морфодинамичния отговор на брега. Разработени са карти на заливане и ерозия за настоящи и бъдещи климатични сценарии и са оценени въздействията върху брега и инфраструктурата. На базата на резултатите са предложени брегозащитни инженерни решения, с цел намаляване на риска от щормови наводнения и ерозия при бъдещи екстремни събития. Подходът подпомага местните власти при планиране на устойчиви мерки, които съчетават защита на инфраструктурата с опазване на екологичните ресурси и туристическия потенциал на района. **(6.2.3-1, проект THESEUS)**

VIII. Екстремни щормови събития и тяхното въздействие върху крайбрежната зона на българското Черноморие

VIII.1. Извършена е подробна реконструкция на катастрофалния щорм от февруари 1979 г. чрез използване на числени модели за възстановяване на хидродинамичните параметри – височина и посока на вълните, както и динамика на морското ниво за четири брегови участъка по българското Черноморско крайбрежие. За първи път е показано как съчетанието на екстремни метеорологични условия и локална брегова морфология води до тежки наводнения и мащабни щети върху инфраструктурата. Реконструкцията документира конкретни параметри на събитието и предоставя ценен референтен сценарий за анализ на бъдещи щормове със сходен характер. **(6.2.2-2, проект MICORE)**

VIII.2. Осъществен е сравнителен анализ на два изключително силни щорма състояли се през февруари месец на 1979 г. и 2010 г. Чрез числено моделиране и хидродинамични изчисления са сравнени наводнителните обеми, динамиката на бреговата линия и нанесените щети. Установено е, че въпреки сходните метеорологични условия, различията в локалната морфодинамика и степента на застрояване водят до значително по-тежки последствия през 1979 г. Това изследване е

първият опит за българското Черноморие за пряко съпоставяне на два екстремни щорма, който позволява да се оценят както повторемостта, така и специфичните особености на въздействието на екстремни хидрометеорологични събития (6.2.4-1, проект MICORE)

IX. Оценка на влиянието на брегозащитни хидро-технически съоръжения върху динамиката на бреговете процеси

IX.1 Проведено е локално проучване на хидродинамичния и морфодинамичния ефект от построеното през 2016 г. рибарско пристанище в гр. Черноморец чрез комбиниране на: гео-пространствен морфоложки анализ, числено моделиране на хидро- и морфодинамичните условия, архивни данни на ИО-БАН и *in situ* вълнови измервания по време на щормови събития. Анализирани са промените в циркулацията, скоростите на теченията и деформацията на профила в зоната на влияние на пристанището. Установено е, че съоръжението води до пренасочване на крайбрежните течения и до образуването на зони със засилена акумулация на седименти и ерозия, което има значение за бъдещото управление на бреговата ивица и за адаптиране на инженерните решения. Резултатите са ценен инструмент за оценка на екологичния риск и за оптимизация на подобни инфраструктурни проекти по българското Черноморие (6.2.2-13, проект CHYMERA)

29.09.2025 г.

гр. Варна

Подпис:

/ гл. ас. д-р Н. Андреева /