

ИЗМЕНЕНИЕ НА КЛИМАТА И ОЧАКВАНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ПРИСТАНИЩНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

В. Вазов¹, М. Маврова-Гиргинова²

Ключови думи: морски пристанища, климатични промени

Научна област: хидротехническо строителство

РЕЗЮМЕ

Морските пристанища на България са разгледани като обекти на въздействие на климатичните промени. Водният транспорт и свързаните с него корабоплаване и пристанищна инфраструктура са особено уязвими към повишаването на средното морско ниво и нарастването на интензитета и честотата на метеорологичните екстремни явления (бури, урагани, щормове и др.)

Извършен е анализ на риска и уязвимостта за пристанищната инфраструктура от климатичните промени и са предписани мерки за повишаване на устойчивостта, респективно намаляване на уязвимостта на пристанищата и свързаните с тях инфраструктура, навигационно осигуряване и корабоплаване. Работата създава предпоставки за разработване на стратегия за адаптация и устойчиво развитие в регионите на черноморските ни пристанища в условията на изменение на климата.

Увод

Морските пристанища на България са „на ръба” на климатичните промени, тъй като те са от първите във времето и пространството, които ще изпитат реалните последици от тези промени. Те са едни от най-проблемните и уязвими райони, което провокира разработване на цялостна стратегия за устойчивото им развитие.

Човешката дейност води до промени в земната повърхност и състава на атмосферата. Част от тези промени оказват пряко въздействие (отделяне на емисии

¹ Веско Вазов, докторант инж., кат. „Хидротехника”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: vesko.vazov@gmail.com

² Мария Маврова-Гиргинова, доц. д-р инж., кат. „Хидротехника”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: margir_fhe@abv.bg

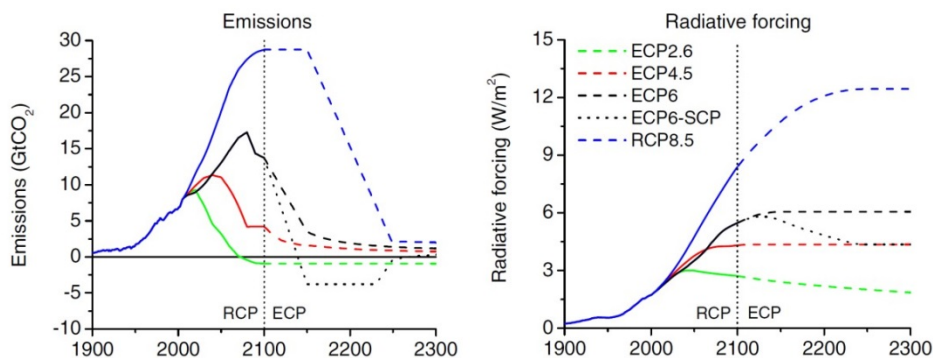
парникови газове и твърди частици в атмосферата) върху енергийния баланс на земята и по този начин се превръщат в движеща сила за изменението на климата.

Изменението на климата и свързаните с него увеличения на температурата на земната и водната повърхност, промените в количеството и режима на валежите оказват непосредствено влияние върху повишаването на средното морско ниво и върху нарастването на интензитета и честотата на метеорологичните екстремни явления (бури, урагани, щормове) и др. Тези промени от своя страна оказват реално въздействие върху екосистемите, биоразнообразието, човешкия живот и много икономически сфери, включително промишлеността, енергетиката, транспорта, туризма и др. Водният транспорт и свързаните с него корабоплаване и пристанищна инфраструктура – речни и морски пристанища, са особено уязвими на въздействия от изменението на климата.

1. Сценарии за изменение на климата

В Петия оценъчен доклад (AR5) на Междуправителствения комитет по изменение на климата (The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) се използва наименованието Представителни пътища на концентрациите (Representative Concentration Pathways – RCPs), за да се очертае логическата рамка на актуалния нов набор от сценарии за изменение на климата. На тази основа са разработени четири RCPs сценария, водещи до радиационен натиск към края на XXI в. на съответните нива от 8,5, 6, 4,5 и 2,6 W/m².

RCPs сценариите представят широк диапазон от възможни бъдещи траектории на емисиите и концентрациите на парниковите газове и аерозолите. За периода 1750 – 2000 г. от IPCC са определени нивата на радиационен натиск, съответстващи на определени концентрации на парниковите газове в миналото. Също така за периода 2001 – 2100 г. са определени бъдещите очаквани нива на радиационния натиск за всеки от четирите RCP сценария, като макар и в твърде генерализиран вид, същото е направено и за периода от 2100 до 2300 г. (т. нар. „Разширени представителни пътища на концентрациите“ – Extended Concentration Pathways, ECPs).

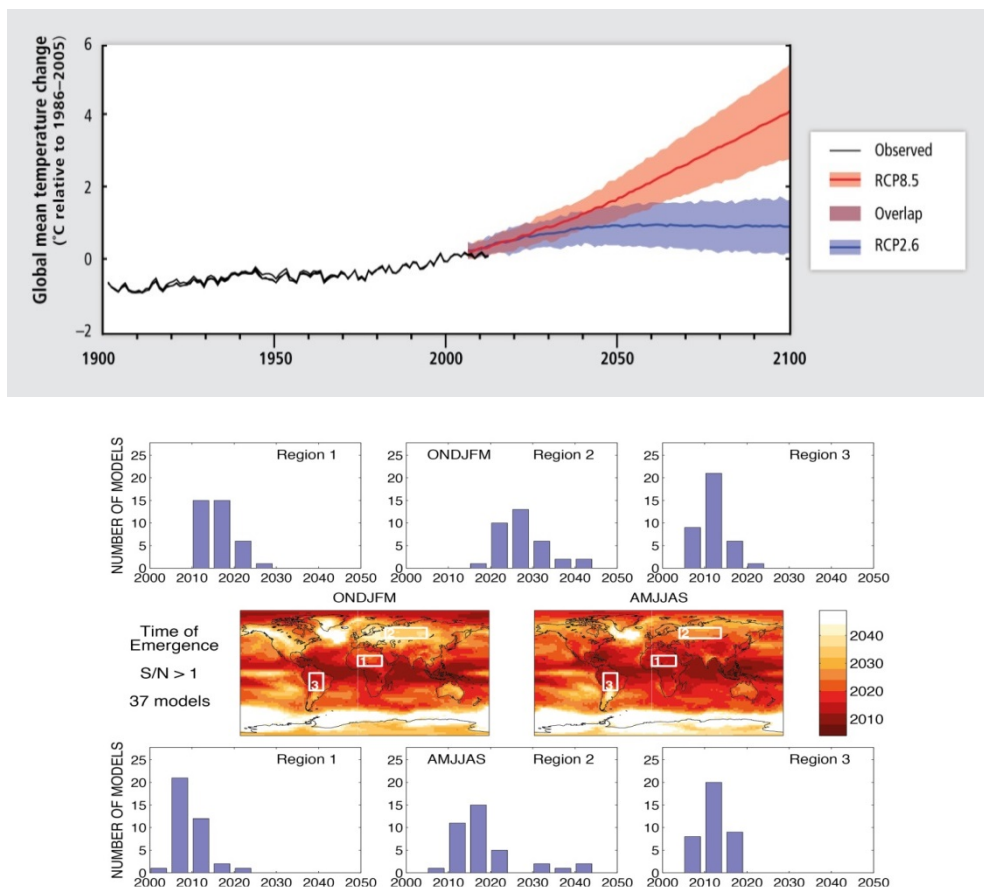


Фиг. 1. RCPs сценарии, водещи до радиационен натиск към края на XXI в. и генерализиран план (2300 г.) на съответните нива от 8,5, 6, 4,5 и 2,6 W/m²

В съответствие с нуждите и желанията на заинтересованите страни новите сценарии покриват два периода във времето: „краткосрочен“ – обхващащ периода до около 2035 г. и „дългосрочен“ – обхващащ периода до 2100 г. Разграничаването на

двата периода е важно при разработване на политики в отговор на климатичните промени, тъй като тези политики трябва да са съобразени с очакваните климатични промени в отделни „срезове“ във времето.

Средната промяна на глобалната температура за периода 2016 – 2035 г. спрямо 1986 – 2005 г. вероятно ще бъде в обхвата от 0,3 °C до 0,7 °C – фиг. 2 (горе). Тази оценка се основава на няколко линии на доказателства, като се приема, че няма да има големи вулканични изригвания или промени в слънчево излъчване. В краткосрочен план повишаване на средната сезонна и средните годишни температури се очаква да бъдат по-големи в тропиците и субтропиците, отколкото в екваториалните географски ширини – фиг. 2 (долу).

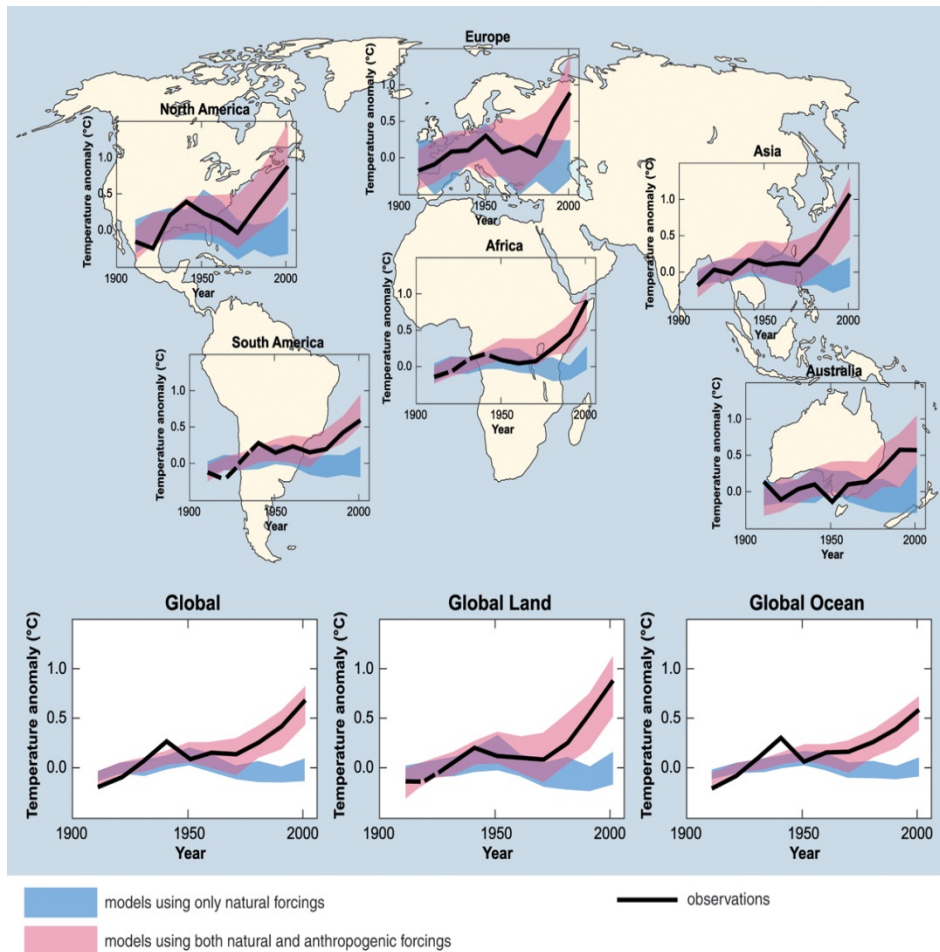


Фиг. 2. Промяна на глобалната средна температура за периода 2016 – 2035 г. спрямо 1986 – 2005 г.

Като се отчита фактът, че в различните страни по света съществува голямо различие относно предприемането на действия за ограничаване на въздействието върху климата и мерки за адаптиране към неговото изменение, може да се направи извод, че в краткосрочен план негативното въздействие върху климата ще продължи, а вероятността песимистичните сценарии да се реализират, остава висока. Затова в краткосрочен план ключова роля играят интегрирането на политиките в областта на климатич-

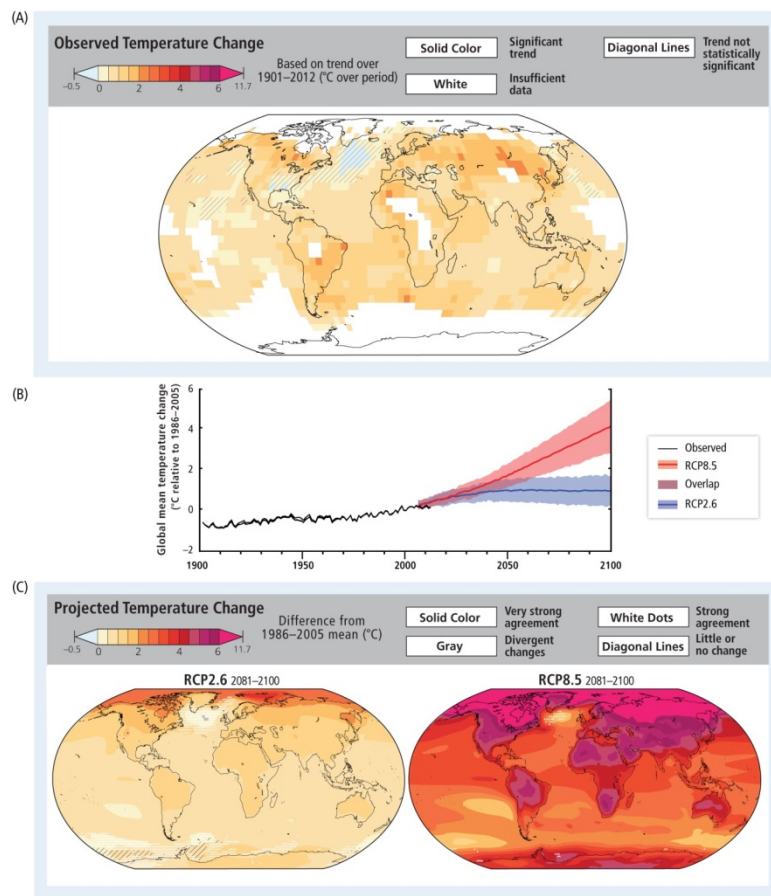
ните промени в различни стратегически документи и планове за действия, идентифицирането на рисковете, разработването на съответния адаптивен капацитет, редуцирането на уязвимостта, планирането на инвестиции за справяне с последиците от климатичните промени и за разработване и внедряване на нискоемисионни технологии и т.н.

Промените в климата и тяхното въздействие са видими по целия свят, като се очаква те да станат по-ясно изразени в следващите десетилетия. От индустриалната епоха е настъпило средно увеличение на глобалната температура от около 0,8 °C – фиг. 3.



Фиг. 3. Средно увеличение на глобалната температура спрямо средната температура от преди индустриалната „революция“

Прогнозите показват, че за 2100 г. температурите ще са се повишили от 0,6 до 4 °C над нивата от 1986 – 2005 г. Вероятно глобалната промяна на температурата в края на 21 век ще надвишава 1,5 °C в сравнение с 1986 – 2005 г. за всички RCP сценарии с изключение RCP 2,6. Много е вероятно също тя да надвишава 2 °C за RCP 6,0 и RCP 8,5, като затоплянето ще продължи и след 2100 г. при всички RCP сценарии, с изключение на RCP 2,6 – фиг. 4.

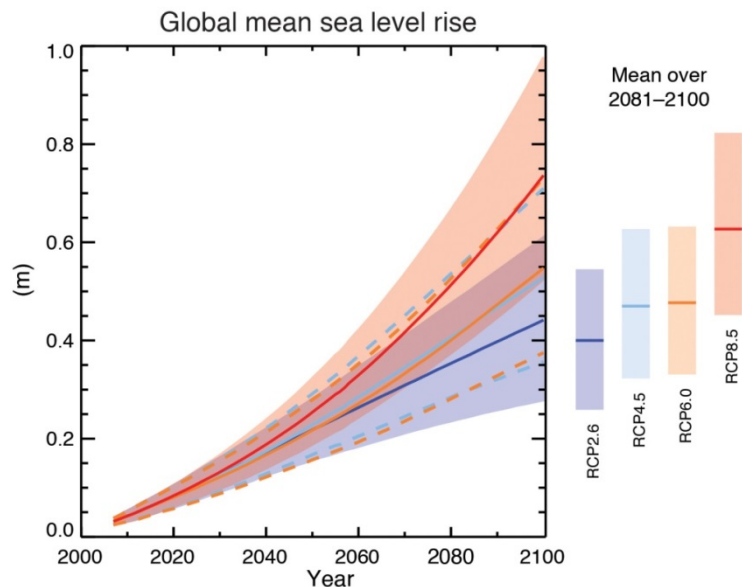


Фиг. 4. Промяна на глобална средна температурата за периода 2081 – 2100 г. спрямо 1986 – 2005 г. при сценарии RCP 2,6 и RCP 8,5

Дългосрочните сценарии са с по-голяма степен на несигурност, затова усилията се насочват към подобряване на разбирането на рисковете от очаквани големи промени в геофизичните и биогеохимичните механизми в климатичната система, изучаване на ефектите от обратните връзки от предприети дългосрочни мерки за адаптиране към климатичните промени и смекчаване на последиците от тях (напр. ефектите от постигане на стабилизиране на емисиите от парникови газове към средата или края на настоящия век).

Поради повишението на глобалната температура, в т.ч. и температурата на водната повърхност, се ускорява топенето на полярните ледове и планинските ледници, което води до нарастване на нивото на моретата и океаните. Прогнозите за 2100 г. показват, че глобалното средно морско равнище ще се повиши с няколко дециметра. Дори ако емисиите на парникови газове спрат днес, тези промени ще продължат много десетилетия, а в случая с морското равнище – векове.

Прогнозите на Петия оценъчен доклад (AR5) на IPCC сочат, че повишаването на морско равнище в световен мащаб ще бъде със среден темп от 2,5 до 5 mm/година, което означава, че средното морско ниво ще бъде с до 0,5 m по-високо през 2100 г., отколкото през 2000 г. – фиг. 5.



Фиг. 5. RCPs сценарии за изменение на глобалното средно морско ниво в края на XXI век спрямо 2000 г.

За проектирането и оразмеряването на пристанищни съоръжения, където морското равнище е от решаващо значение, разумна предпазливост би било да се приеме, че средното морското равнище ще се увеличава с 5 mm/година, считано отсега нататък.

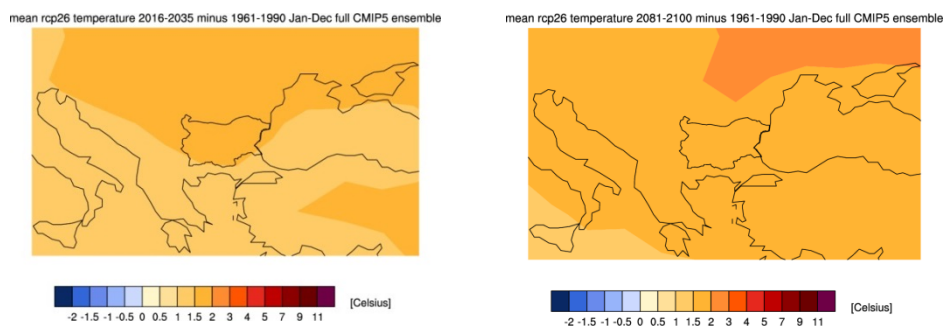
Очакват се промени в честотата и интензитета на екстремните метеорологични явления (бури, урагани, щормове и др.). Пример за екстремно събитие е ветровият щорм по Българското черноморско крайбрежие в периода 6 – 9 февруари 2012 г., когато вятърът от север-североизток, с усилване на поривите, достига до 24 – 28 m/s, а в Бургас са измерени 34 m/s (122 km/h). Вълнението нараства от 3 бала и достига до много бурно вълнение от 6 бала (4 – 6 m) край южното крайбрежие. Северно от нос Шабла вълните достигат височина 6 – 7 m, отговарящи на „високо вълнение“ 7 бала. Изследванията върху много бурното вълнение и ветровия щорм показват, че те са в резултат на голямата разлика (градиента) на атмосферното налягане и температурата на въздуха над районите на Йонийско море и европейска част на Русия, между които стои Балканският полуостров и в частност нашето крайбрежие. На фона на прогнозите за повишаване на глобалната температура и предвид факта, че явленията от този вид са пряко свързани с температурата на въздуха, е много вероятно даденият по-горе пример за екстремно събитие да се превърне в често случващо се явление.

За България, в зависимост от използвания сценарий и конкретния бъдещ период, се очаква стойностите на средногодишната температура да са по-високи от 1,0 °C до 7,0 °C в сравнение с тези през базисния период (1961 – 1990 г.). Най-големи промени (повишение с от 5 °C до 7 °C) биха настъпили към края на века, ако се изпълни сценарият RCP 8,5, при който емисиите и концентрациите на парниковите газове и аерозолите непрекъснато се увеличават. По оптимистичния сценарий RCP 2,6 повишаването на температурата до края на века няма да е с повече от 2 °C – фиг. 6. При сценариите RCP 4,5 и RCP 6 очакваното повишение на средногодишната температура през 2081 – 2100 г. е с около 3,0 °C – 4,0 °C.

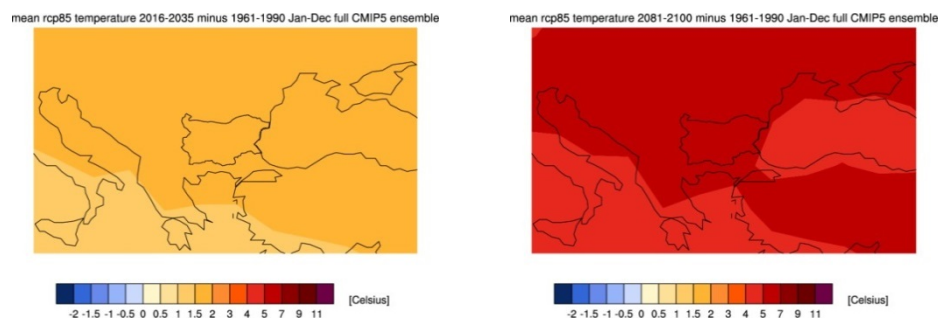
Очаквани промени за периода
2016 – 2035 г.

Очаквани промени за периода
2081 – 2100 г.

Сценарий на IPCC AR5: RCP 2,6



Сценарий на IPCC AR5: RCP 8,5



Фиг. 6. Очаквани промени на средногодишната температура за региона на Р България при RCPs 2,6 и 8,5 за два референтни периода 2016 – 2035 г. и 2081 – 2100 г.

2. Анализ на риска и уязвимостта от климатичните промени на пристанищната инфраструктура

Въздействието от изменението на климата върху основните елементи от пристанищната инфраструктура, както и тяхната уязвимост, може да бъде разгледано в две основни направления:

- 1) постепенни въздействия с висока вероятност – покачване на статичното водно ниво;
- 2) екстремни въздействия с малка вероятност – бури, урагани, щормове и др.

Очакваните негативни последствия от покачване на статичното водно ниво са:

- намаляване на клирънса между съоръжения на техническата инфраструктура (мостове, естакади, електропроводи и др.) и водното ниво, което води до ограничение на височината на корабите, които могат да преминават;
- загуба на земя, която има потенциал да бъде използвана за разширение на съществуващите пристанища или изграждането на нови;

- допълнително натоварване върху пристанищните съоръжения (кейови стени, вълноломи и др.);
- увеличаване на зоната, в която действа агресивната морската вода;
- повишаването на водното ниво, комбинирано с действието на екстремно събитие (буря, ураган или щорм), увеличава риска от преливане на защитните съоръжения и наводнението на пристанищната територия.

Освен негативното влияние, повишението на статичното водно ниво може да има и положителен ефект. Такъв е случаят с водните пътища, които не са плавателни през летните месеци от годината. Увеличаването на честотата и интензивността на валежите заедно с повишението на статичното водно ниво, резултат от глобалното затопляне, може да позволи целогодишно използване на плавателните канали и реки, без необходимост от извършване на допълнителни мероприятия за осигуряване на необходимата дълбочина.

Очаквани негативни последствия от промяна в интензивността и честотата на екстремните метеорологични явления:

- нарушаване на здравината и устойчивостта на вълнозащитните и брегозащитните съоръжения;
- промяна в наносния режим – отлагане на наноси в подходните канали и акваториите, с което се намалява дълбочината им. Това, от една страна, води до намаляване на пропускателната способност на пристанищата и съответно загуба на средства от невъзможност за обработване на кораби с голямо газене, а от друга – до увеличаване на разходите за поддържане на проектните дълбочини;
- наводнения на пристанищните територии в случаите, когато височината на брегозащитните съоръжения не е достатъчна;
- увеличаване на броя на дните, в които на пристанищните терминали не могат да се обработват кораби, поради лоши метеорологични условия;
- затруднения при маневриране на корабите.

От горепосоченото е видно, че основните елементи, съставлящи едно пристанище (в т.ч. вълнозащитни съоръжения, кейови стени, акватория), подходните канали, както и елементите на пристанищната инфраструктура – пътища, жп линии, водопроводи, електропроводи и др., съоръжения, необходими за извършване на пристанищните дейности (товаро-разтоварни съоръжения, тилова механизация и др.), складовете и складови площи, както и другите сгради, свързани с извършването на пристанищните услуги, са особено уязвими от въздействията при изменение на климата, което обуславя нуждата от настоящото изследване и проведен анализ.

3. Мерки за повишаване на устойчивостта/намаляване на уязвимостта на пристанищната инфраструктура

Мерките, които са необходими за повишаване на устойчивостта, респективно намаляване на уязвимостта на пристанищата и свързаните с тях инфраструктура, навигационно осигуряване и корабоплаване, също трябва да бъдат разделени в две групи.

а) Методи и мерки, свързани с проектирането и изграждането на пристанища:

- Проверка на съществуващите съоръжения (вълноломи, молове, кейови стени, брегозащитни стени и др.) – дали отговарят на съвременните изисквания за здравина и устойчивост, както и за достатъчност на запаса срещу преливане, при осъвременени данни за скорост на вятъра и височина на оразмерителната вълна.
- Проектиране и изпълнение на мерки за повишаване на устойчивостта и здравината на брегозащитните съоръжения, когато те не отговарят на съвременните изисквания.
- Създаване и изпълнение на проекти за повишаване на котите на кея и защитните съоръжения, в случай че съществува риск от преливане и наводнение на пристанищната територия.
- Разполагане на по-високо ниво на най-ниската кота на новопроектираните сгради и съоръжения на пристанищните терминали, с цел предпазване от евентуално наводнение на съхраняваните стоки, оборудване или др.
- Използване на съвременни норми (Еврокодове) и препоръки от водещи световни организации, изучаващи морските съоръжения и влиянието на различни фактори върху тях, в т.ч. и изменението на климата при оразмеряването на елементите на пристанищната инфраструктура.
- Разработване на адаптационна стратегия към изменението на климата, като същата бъде добавена като неразделна част от генералния план на всяко пристанище.
- Предвиждане на мерки за защита от корозия и вредно влияние на морската вода, предвид очакващото се повишение на средното морско ниво.
- Търсене на места с естествена защита от въздействието на екстремни метеорологични и климатични явления при проектиране на нови пристанища и пристанищни терминали.
- При проектирането и оразмеряването на пристанищни съоръжения, където морското равнище е от решаващо значение, разумно е да се приеме, че средното морското равнище ще се увеличава с 5 mm/годишно, считано отсега нататък.
- Предвид чувствителността на морските съоръжения към екстремните метеорологични и климатични явления и евентуалното им бъдещо изменение в посока към нарастване е разумно да се приеме 10% увеличение за скоростта на вятъра и височината на оразмерителната вълна.

б) Методи и мерки, свързани с експлоатацията на пристанищата и оперативната им дейност:

- Увеличаване на средствата, необходими за изграждането, поддържането и модернизацията на пристанищната инфраструктура.
- Увеличаване на средствата за изпълнение на драгажни работи за поддържане на проектите дълбочини на подходните канали и акваториите.
- Инвестиране на средства в устойчивото развитие на пристанищната инфраструктура чрез извършване на проучвания и изследвания в сферата на климатичните промени, като целта е намирането и прилагането на ефективни мерки и подходи за

намаляване на негативното въздействие от изменението на климата, както и за адаптиране към него.

- Инвестиране на средства в разработване на софтуер за следене на метеорологичните и климатичните условия, както и за ранно известяване за настъпването на екстремно събитие, с цел повишаване на сигурността (опазване на живота и здравето на работния персонал), предприемане на действия за предотвратяване на катастрофални последици.
- Интегриране на европейските стандарти за опазване на околната среда в заводите, разположени на пристанищната територия.

Описаните мерки имат за цел да обхванат всички необходими действия, които трябва да се предприемат, за адаптиране на пристанищата и прилежащата им инфраструктура към изменението на климата. Те дават принципната схема, която трябва да се следва, за да се отговори на все по-осезаемото и нарастващо въздействие – резултат от климатичните промени. Предложените мерки се стремят да обхванат всички възможни сценарии и последици от тях. Но въпреки това трябва да бъде отчетено обстоятелството, че разработените мерки, препоръки и заключения са изградени на база прогнози за глобалното изменение на климата. Предвид горното е трудно да се определи кои от тях са подходящи за българските пристанища. Използването на регионален модел на климата, т. нар. Downscaling, ще повиши точността на прогнозите за неговото изменение. Анализът на получената информация ще позволи да бъдат създадени специфични мерки за намаляване на уязвимостта на отделните елементи на пристанищната инфраструктура, както и да бъде разработена цялостна стратегия за адаптиране към климатичните промени на конкретно черноморско пристанище.

Заклучение

Проведените проучвания и анализи на този етап поставят добра основа за разработване на стратегия за адаптация и устойчиво развитие в регион на конкретно черноморско пристанище в условията на изменение на климата.

Следващият етап от разработката предвижда извършване на оценка на последиците от изменението на климата въз основа на националните и международно признатите специализирани норми и стандарти, приложени към конкретен обект, с цел проверка доколко стандартите и разпоредбите за безопасност за физическата инфраструктура следва да бъдат засилени за справяне с екстремни явления и други климатични въздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *European Environment Agency*: „Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012“.
2. *IPCC, 2014*: Summary for Policymakers in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

3. *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
4. *IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
5. *IPCC, 2007 Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)* (http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1).
6. *JRC Scientific and Policy Reports, European Commission Joint Research Centre Studies „Climate Impacts in Europe The JRC PESETA II Project“.*
7. *Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions “An EU Strategy on adaptation to climate change” COM(2013) 216 final.*
8. *The ESPON: Territorial Dynamics in Europe Natural Hazards and Climate Change in European Regions, 2013.*
9. *PIANC: Permanent Task Group on Climate Change (PTG CC)* (<http://www.pianc.org/climatechange.php>).
10. *EUROPEAN COMMISSION COM: “Establishing a framework for maritime spatial planning and integrated coastal management”, 2013, 133 final* (<http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>).
11. *COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES COM: Adapting to climate change: Towards a European framework for action, 2009, 147 final WHITE PAPER* ([http://eurlex.europa.eu/search.html?qid=1421211464208&text=COM\(2009\)%20147&scope=EURLEX&type=quick&lang=bg](http://eurlex.europa.eu/search.html?qid=1421211464208&text=COM(2009)%20147&scope=EURLEX&type=quick&lang=bg)).
12. *TEN-T (Trans-European Transport Network) and the nine major corridors is attached below* (http://ec.europa.eu/transport/index_en.htm).
13. *Становище на Европейския икономически и социален комитет относно „Съобщение на Комисията до Европейския парламент, Съвета, Европейския икономически и социален комитет и Комитета на регионите — Стратегия на ЕС за адаптация към изменението на климата“ COM (2013) 216 final* (<http://eur-lex.europa.eu/homepage.html>).
14. *НИМХ-БАН: Климатични промени* (<http://meteorology.meteo.bg/brobura.pdf>);
15. *НИМХ – Филиал Варна: „Научно-популярен коментар от Иван Иванов“* (<http://varna.meteo.bg/feb-2012.html>).
16. *Министерството на околната среда и водите – Проект на рамковия документ „Анализ и оценка на риска и уязвимостта на секторите в българската икономика от климатичните промени – Обща част“* <http://www.moew.government.bg/?show=konsultacii&kid=98>).
17. *Министерството на околната среда и водите – Проект на рамковия документ „Анализ и оценка на риска и уязвимостта на секторите в българската икономика от климатичните промени – Специална част“* <http://www.moew.government.bg/?show=konsultacii&kid=98>).
18. *Закона за морските пространства, вътрешните водни пътища и пристанищата на Република България ЗМПВВПРБ* (<http://www.apis.bg/bg/>).

19. „Норми за проектиране на хидротехнически съоръжения (ХТС). Основни положения“, утвърдени със Заповед № РД-14-02-825 от 7.08.1985 г. на министъра на строителството и селищното устройство и министъра на енергетиката, в сила от 1.01.1986 г. (<http://www.apis.bg/bg/>).

20. Норми за натоварване и въздействия на хидротехнически съоръжения от вълни, лед и плавателни съдове – публикувани в "Нормативна база на проектирането и строителството" специализирано издание на КТСУ, 1988 г. (<http://www.apis.bg/bg/>).

21. Наредба № 9 от 17.10.2013 г. за изискванията за експлоатационна годност на пристанищата и специализираните пристанищни обекти, обн., ДВ, бр. 96 от 5.11.2013 г. (<http://www.apis.bg/bg/>).

22. ДП „Пристанищна инфраструктура“ (<http://www.bgports.bg/index.php?lang=bg>).

23. Изпълнителна агенция „МОРСКА АДМИНИСТРАЦИЯ“ (<https://www.mtitc.government.bg/page.php?category=180>).

24. *Eric Burgers (ed.)*. Flood Control 2015: Five Years of Innovation in Flood Risk, 2012, Foundation Flood Control 2015, ISBN 9789090272474, <http://www.floodcontrol2015.com>.

25. *ERA-NET CRUE*. Project funded by the ERA-NET Scheme under the 6-th Framework Programme.

Постъпила: април 2015 г.

CLIMATE CHANGE AND ESTIMATED IMPACT ON THE PORT INFRASTRUCTURE

V. Vazov¹, M. Mavrova-Guirguinova²

Keywords: *seaports, climate change*

Research area: *hydraulic structures*

ABSTRACT

Seaports of Bulgaria are subjected to the impact of climate change. Water transport and related shipping and port infrastructure are particularly vulnerable to the rise of the mean sea level and the increase of the intensity and frequency of extreme weather events (winds, hurricanes, storms, etc.).

Vulnerability and risk analysis of the port infrastructure under climate change is made. Measures to enhance robustness respectively reduce the vulnerability of ports and related infrastructure providing navigation and shipping are prescribed. The study creates preconditions for developing a strategy for adaptation and sustainable development in the regions of the Black Sea ports in terms of climate change.

¹ Vesko Vazov, Eng. PhD student, Dept. "Hydraulic Engineering", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: vesko.vazov@gmail.com

² Maria Mavrova-Guirguinova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Hydraulic Engineering", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: margir_fhe@abv.bg