

## ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОСИСТЕМ

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-01>

УДК (UDC): 551.582, 551.583

Ю. ЕЛЬ ХАДРІ<sup>1</sup>, Ph.D.,

старший викладач кафедри океанології та морського природокористування

e-mail: [magribinets@ukr.net](mailto:magribinets@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3690-0927>

М. А. БЕРЛІНСЬКИЙ<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф.,

завідувач кафедри океанології та морського природокористування

e-mail: [nberlinsky@ukr.net](mailto:nberlinsky@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4576-4958>

М. О. СЛІЖЕ<sup>1</sup>, канд. геогр. наук,

старший науковий співробітник

e-mail: [magribinetsm@gmail.com](mailto:magribinetsm@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6398-4188>

<sup>1</sup>Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна

### СУЧАСНІ КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ В ЧОРНОМОРЬСЬКОМУ РЕГІОНІ

**Актуальність.** Спостережувані в останні десятиліття кліматичні зміни в регіоні створюють певні ризики для економік країн Причорномор'я, а також можуть мати значний негативний вплив на стан наземних і морських екосистем. Чорне море значно впливає на клімат південно-східної частини Європейського континенту, формуючи регіональні кліматичні особливості в даному районі. Розробка заходів з адаптації до зміни клімату вимагає проведення збору та аналізу даних про стан кліматичної системи, сучасні характеристики взаємодії між її елементами.

**Мета.** Огляд та аналіз інформації про спостережувані в останні десятиліття регіональні кліматичні зміни для пошуку закономірностей і можливих зв'язків з мінливістю гідрологічного режиму Чорного моря.

**Результати.** Робота містить інформацію про основні кліматичні характеристики Причорноморського регіону, такі як температура повітря, опади, атмосферний тиск, швидкість вітру, а також показники циклонічної активності.

**Висновки.** В останні десятиліття в Чорноморському регіоні відзначається збільшення температури повітря, викликане зміною великомасштабної циркуляції атмосфери, у вигляді збільшення повторюваності процесів антициклонічного характеру, що призводить до зниження кількості хмарності і зростання кількості короткохвильової радіації, яка надходить до підстильної поверхні. При цьому, з середини 2000-х років збільшення середньорічної температури повітря зросло. На більшій частині регіону спостерігається збереження середньорічної кількості опадів, за винятком східної частини Чорноморського узбережжя Туреччини і прибережних районів Грузії, де відзначається збільшення як кількості опадів, так і повторюваності випадків екстремальних опадів. У той же час, має місце деяке зростання, як інтенсивності, так і суми зимових опадів над акваторією Чорного моря. Швидкість вітру в цілому в Чорноморському регіоні демонструє зниження своїх значень, при деякому збільшенні в західній частині акваторії Чорного моря, що також пов'язано зі зміною особливостей циркуляційних процесів, які розвиваються над Південно-Східною Європою.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** Чорноморський регіон, Чорне море, зміна клімату, температура, опади, швидкість вітру

**Як цитувати:** Ель Хадрі Ю., Берлінський М. А., Сліже М. О. Сучасні кліматичні зміни в Чорноморському регіоні. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2021. Вип. 25. С. 8-20. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-01>

**In cites:** El Hadri, Y., Berlinsky, N. A., & Slizhe, M. O. (2021). Modern climate change in the Black sea region. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (25), 8-20. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-01>

---

© Ель Хадрі Ю., Берлінський М. А., Сліже М. О., 2021



This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## Вступ

Географічне розташування Чорного моря має стратегічне значення для шести країн його басейну: України, Румунії, Болгарії, Туреччини, Грузії та Росії. Основними напрямками господарської діяльності на Чорному морі є морські вантажоперевезення, видобуток і транспортування нафти і газу, промисловий видобуток морських біологічних ресурсів, рекреаційно-туристична діяльність в прибережних територіях тощо.

Спостережувані в останні десятиліття кліматичні зміни в регіоні створюють певні ризики для економік країн Причорномор'я, а також можуть мати значний негативний вплив на стан наземних і морських екосистем. При цьому сучасна наука не володіє достатніми достовірними даними щодо реакції екосистем регіону та зворотних зв'язків в умовах, що змінюються. Безповоротне водоспоживання і трансформація річкового стоку, забруднення вод і атмосфери відходами виробництва

істотно позначаються на режимі басейну Чорного моря і перш за все на водному, сольовому і тепловому балансах, які в свою чергу визначають особливості структури вод. Тому вивчення закономірностей формування балансу, з'ясування ролі природних кліматичних і антропогенних чинників в його змінах, оцінка їх на сучасному етапі та в майбутньому для організації заходів щодо запобігання можливих негативних наслідків представляють науковий інтерес і мають практичне значення. Таким чином, розробка заходів з адаптації до зміни клімату в Чорноморському регіоні вимагає проведення збору та аналізу даних про стан кліматичної системи, сучасні характеристики взаємодії між її елементами та їх зворотні зв'язки.

Метою роботи є огляд та аналіз інформації про спостережувані в останні десятиліття регіональні кліматичні зміни для пошуку закономірностей і можливих зв'язків з мінливістю гідрологічного режиму Чорного моря.

## Фізико-географічна характеристика регіону дослідження

Чорне море розташовується в південно-східній частині Європи, розділяючи Європейський і Азіатський континенти. Воно є внутрішнім морем, що належить до басейну Атлантичного океану. Через протоку Босфор, що знаходиться в його південно-західній частині, Чорне море з'єднується з Мармуровим морем, через Керченську протоку на північному сході з Азовським. Чорне море має найбільшу протяжність в широтному напрямку, яка становить 1180 км. З півдня на північ його максимальна ширина становить 615 км. Довжина берегової лінії (без лиманів) оцінюється в 4125 км, з яких 1450 км відноситься до Туреччини і 1330 км до України [1].

Площа водозбору річок чорноморського басейну за різними оцінками становить від 1,8 до 2,5 млн км<sup>2</sup> (рис. 1). Сумарний річковий стік в Чорне море за оцінками різних дослідників [1, 2] знаходиться в межах від 338 до 365 км<sup>3</sup>/рік. При цьому більше 70% від загального річкового стоку надходить в північно-західну частину акваторії моря, 13% – в південно-східну частину моря з узбережжя Грузії та близько 10% стоку припадає на річки турецького узбережжя. Близько половини всього річкового стоку надходить в море навесні (з березня по червень), восени величина річкового стоку мінімальна.

## Вплив Чорного моря на регіональний клімат

Чорне море значно впливає на клімат південно-східної частини Європейського континенту, формуючи регіональні кліматичні особливості в даному районі. Виходячи з того, що погодні умови визначаються розвитком тих чи інших атмосферних процесів, то важливо підкреслити, що кожен такий процес має певний фізичний механізм розвитку, характерний для даного регіону. Регіональні синоптичні процеси визначаються такими

факторами, як радіаційний баланс в різних умовах підстильної поверхні, ступенем континентальності регіону (або ступенем океанічності), процесами загальної циркуляції атмосфери, що охоплюють даний регіон і фізико-географічними особливостями регіону.

Радіаційний баланс Чорного моря практично протягом усього року позитивний. Найбільші його значення відзначаються в літні місяці з максимумом в липні

(410-430 МДж/м<sup>2</sup>). Спостережувані в окремі роки і місяці відхилення радіаційного балансу від описаного режиму обумовлені поєднанням величини сумарної радіації, ефективного випромінювання, що визначаються головним чином хмарністю, і альбедо.

Хмарність знижує надходження прямої сонячної радіації на 50-60% і в той же час збільшує потоки розсіяної радіації в 1,5 рази. В результаті при реальних умовах хмарності річний прихід сумарної радіації над Чорним морем коливається в межах 3770-5860 МДж/м<sup>2</sup> при загальному збільшенні з півночі на південь.

За даними [1] тепловий баланс Чорного моря в середньому урівноважений (прихід тепла приблизно дорівнює витраті). При цьому, північна частина моря в цілому за рік віддає більше тепла, а південна – отримує. З березня по серпень море отримує тепло, а з вересня по лютий-березень віддає. Міжрічні коливання в основному визначаються змінами елементів видаткової частини балансу, залежними від коливань гідрометеорологічних умов. Отже, великі розміри Чорного моря, а також фізичні властивості його водної маси роблять його найважливішим приймачем і акумулятором сонячної енергії в регіоні. Саме тому радіаційний баланс на морі більше, ніж на суші. Різниця між ними обумовлена головним чином відмінностями в поглиненій радіації. Контраст

радіаційного балансу, а також інших складових теплового балансу поверхні моря і суші має велике погодно-кліматоутворююче значення, зокрема, у розвитку бризової циркуляції.

Різниця складових теплового балансу на морі та суші визначає процес трансформції повітряних мас над відповідними поверхнями. Над Чорним морем повітряні маси переважно звожуються, про що свідчать великі витрати тепла на випаровування. Над прилеглим до моря суходолом повітряні маси, навпаки, головним чином втрачають вологу і в залежності від знаку і величини турбулентного потоку тепла в різні сезони року прогриваються або охолоджуються. Нарешті, водна поверхня відрізняється невеликою шорсткістю в порівнянні з поверхнею суші. Це викликає великі швидкості вітру над морем. Однак шорсткість водної поверхні збільшується разом зі збільшенням швидкості вітру, що підсилює вплив моря на фізичні властивості (температуру, вологість та ін.) повітряної маси, яка протікає над ним.

Таким чином, Чорне море надає пом'якшувальну дію на континентальність клімату, що проявляється в зменшенні амплітуд добового і річного ходу температури повітря, підвищеної вологості, більшій кількості хмарності та збільшеній кількості опадів в прибере-



Рис. 1 – Водозбірний басейн Чорного моря [3]

Fig. 1 – Watershed of the Black Sea [3]

жних районах. Такий вплив поширюється вглиб території України на 140-280 км, а в разі адвекції повітря і більш. Наприклад, взимку на правобережжі часто утворюються адвективні тумани, що виникають при винесенні теплого вологого повітря з Чорного і Середземного морів (в західній і південно-західній периферії баричних гребенів, осі яких орієнтовані зі сходу на захід).

Чорне море надає суттєвий вплив на баланс води в південно-степовій підзоні України. Адвекція з моря впливає на формування складових теплового і водного балансу, що відбивається на кліматі Причорноморських степів. У холодне півріччя адвекція з моря сприяє зволоженню опадами повітря і ґрунту. При малих величинах балансу тепла це призводить до створення взимку в південно-степовій підзоні умов надмірного зволоження. У літній період, розвиток в прибережних районах бризової циркуляції сприяє зменшенню хмароутворення і кількості опадів. Внаслідок цього зростає радіаційний баланс підстильної поверхні, зменшується випаровування і стік, підвищується сухість клімату. Створюються умови, типові для зон з недостатнім зволоженням. У той же час, на відстані 40-50 км від берега, де бризи припиняються, хмарність збільшується і сумарна радіація різко зменшується [4].

На рисунку 2 наведено супутниковий знімок хмарної системи, пов'язаної з бризовою циркуляцією, яка досить чітко простежується у вигляді безхмарної смуги уздовж берегової зони Чорного та Азовського морів і по купчастій хмарності, що виникає в глибині континенту.

В цілому, розподіл середньорічних температур повітря уздовж узбережжя Чорного моря демонструє рівномірне підвищення з півночі на південь від  $10^{\circ}\text{C}$  в районі Одеси, Очакова до півднень, що перевищують  $14^{\circ}\text{C}$  на південному узбережжі від Стамбула до Батумі. Амплітуди сезонних коливань температури зменшується від  $22-23^{\circ}\text{C}$  на українському узбережжі Чорного моря до  $15^{\circ}\text{C}$  на берегах Туреччини. В середньому температура повітря на Чорноморському узбережжі становить  $12,8^{\circ}\text{C}$ , це нижче середньої температури морської води на поверхні на  $2^{\circ}\text{C}$ . У грудні-січні різниця температур води і повітря досягає свого максимуму і становить в прибережній зоні  $3-4^{\circ}\text{C}$ , що обумовлює утеплюючу дію Чорного моря. У літній період різниця температур води і повітря становить близько  $-1^{\circ}\text{C}$ , це призводить до слабшого але все ж охолоджуючого ефекту [1].

Розподіл на узбережжі кількості атмосферних опадів демонструє збільшення від 300-450 мм в рік на північно-західному узбережжі до 2750 мм на узбережжі Грузії в Батумі. В цілому, зона опадів, які перевищують середньорічне значення 1000 мм, охоплює майже все Анатолійське і Кавказьке узбережжя – від Зонгулдака до Туапсе, зі значеннями понад 2000 мм – від Трабзона до Поті. Внутрішньорічний розподіл опадів на південному і кавказькому узбережжі, а також на південному березі Криму, з явним переважанням в холодний сезон року, відноситься до середземноморського типу. В інших частинах узбережжя спостерігається слабке переважання опадів у



**Рис. 2** – Бризова хмарність на західному і північно-західному узбережжі Чорного моря, Кримському півострові та північному узбережжі Азовського моря, знімок зроблений супутником Meteosat MSG 20.07.2019 в 12.00 UTC

**Fig. 2** – Breeze clouds on the western and northwestern coast of the Black Sea, the Crimean peninsula and the northern coast of the Sea of Azov, Meteosat MSG satellite image July 20, 2019 at 12.00 UTC

теплий період, що більш характерно для континентального клімату [1].

Як було сказано вище, формування регіонального клімату відбувається на тлі процесів загальної циркуляції атмосфери, що розвиваються над даним регіоном. До числа центрів дії атмосфери, що впливають на Чорноморський басейн, відносяться Азорський максимум, а також декілька сезонних баричних утворень, таких як азійський максимум і середземноморська депресія в зимовий період, і аравійська депресія влітку.

Якщо розглядати середньорічне баричне поле, то можна відзначити, що над Чорним морем розміщується барична депресія. У річному ході тиску чітко виділяються два періоди – холодний (жовтень-квітень) і теплий (червень-серпень). Травень і вересень є перехідними місяцями. У квітні починається перебування баричного поля з зимових типів на літні, яка закінчується в травні. Тиск над морями зростає, посилюється Азорський антициклон. Зниження тиску спостерігається на сході України, де закінчується процес руйнування відрогів азійського антициклону. Баричні градієнти зменшуються, відбувається ослаблення циркуляції. З червня по серпень значно посилюється та поширюється на схід Азорський антициклон. У цей період він охоплює всю територію України [4].

На основі аналізу синоптичних карт за 1971-1980 рр. [1] виявлено, що над акваторією Чорного моря в більшості випадків (52%) переважають малоградієнтні баричні поля без вираженого перенесення повітряних мас. Серед типів синоптичних ситуацій (вітрових потоків) переважають північно-східний (13%, взимку до 18%), південно-західний (11%, взимку до 20%) і північний (8%, взимку до 12%) типи. Над морем адвекція повітряних мас з півночі в два рази переважає над південним переносом.

Атмосферний тиск і повторюваність циклонів і антициклонів над Чорним морем найтісніше пов'язані з Північноатлантичним коливанням (ПАК), що викликає зсув траєкторій циклонів. Таким чином, в сукупності з коливанням Східна Атлантика – Західна Росія (СА/ЗР), в негативну фазу якого зростає кількість циклонів над водозбірним басейном Дунаю, ПАК впливає на кількість опадів в регіоні, це зумовлює мінливість річкового стоку і сумарного прісного балансу в Чорному морі [1].

В цілому, до головних особливостей циркуляції над південною частиною Східної Європи в холодне півріччя відноситься розвиток

циклонів на середземноморській гілці ПВФЗ, пов'язаний з антициклогенезом над Західним Сибіром і півднем Європейської частини Росії (ЄЧР) (сибірський антициклон). У тепле півріччя спостерігається зниження активності атмосферних процесів, викликане зміщенням на північ ПВФЗ і зниженням циклонічної діяльності над південними морями, і переважання антициклонічного типу циркуляції [5], з яким пов'язане виникнення посушливих явищ [6-8]. В останні десятиліття на території України спостерігаються добре виражені зміни приземної циркуляції атмосфери, що проявляються в поширенні на схід відрогів Азорського антициклону.

Максимальна кількість (87%) небезпечних і стихійних явищ погоди в Україні пов'язана з циклонічною діяльністю. При цьому, більше половини сильних і дуже сильних опадів, зумовлені циклонами, що переміщуються по території України своїм центром [5]. Серед циклонів, траєкторії яких проходять через територію України можна виділити такі, що безпосередньо зароджуються над

Чорним морем, а також циклони, переміщення яких проходить над його акваторією. Так до 90% траєкторій циклонів, які пролягають через південні, центральні та західні області України утворюються над заходом Чорного моря та Нижньодунайською низовиною, Адриатичним та Егейським морями, і Балканським півостровом. Серед них найбільшу повторюваність мають баричні утворення, які зароджуються на заході Чорного моря і над Нижньо-Дунайською низовиною. Значний відсоток таких циклонів спостерігається в травні-червні. Необхідно відзначити, що наприкінці ХХ ст. відзначається зменшення повторюваності (майже вдвічі) переміщення циклонів з цього регіону на рівнинну територію України [9].

Міжсезонні зміни повторюваності циклонів над Чорним морем [10] за даними за 1952-2000 рр., показали, що найчастіше вони спостерігаються в січні (до 17%), а найменше влітку (7%). Повторюваність антициклонів, на-впаки, має найбільше значення влітку (21%) і найменше взимку (13%) при значній міжрічній мінливості та різноспрямованих тенденціях.

Дослідження циклонічної діяльності в Середземноморсько-Чорноморському регіоні в 1996-2009 рр. за період з січня по березень показало, що з північно-західної частини Середземномор'я на акваторію Чорного моря вийшло 47,5% циклонів.

Найбільш часто (58,5%) Середземноморські циклони виходять в західну зону Чорного моря, з них 30,2% циклонів – з північно-західного району Середземномор'я. У східну зону Чорного моря виходять 17,3% циклонів з Середземного моря, при цьому з південно-західного і центрального районів Середземного моря в Чорне море виходить всього 3-5% циклонів [11].

Менша шорсткість поверхні моря призводить до того, що вже в нижніх шарах атмосфери вітер стає майже градієнтним і дме уздовж ізобар, що робить баричні системи більш стійкими. У той же час, при переході циклону з суші на море тertia в повітрі циклону зменшується. Завдяки цьому вітер посилюється і наближається у напрямку до ізобар, що істотно зменшує вток повітря всередину циклону в нижніх шарах. Це призводить до того, що вже розпочате заповнення циклону може призупинитися або навіть змінитися поглибленням. Коли старий, вже оклюдований циклон переходить зимою з суші на море він, як правило, поглиблюється. Це пояснюється збільшенням над теплим морем вологості та вертикальних градієнтів температури в повітряних масах циклону. У зв'язку зі зростанням нестійкості кінетична енергія збільшується, і заповнення циклону може змінитися поглибленням. Аналогічно влітку циклони можуть поглиблюватися при переході з моря на сильно нагріту сушу, з підвищеною нестійкістю стратифікації повітря.

Повторюваність циклонів, які розвиваються і стаціонарують над Чорним морем, становить в середньому 4 випадки за сезон (грудень-лютий), з найбільшою кількістю випадків в січні [5]. Тривалість перебування циклонів над Чорним морем в середньому 2 доби, але іноді спостерігаються більш тривалі періоди – понад 3 дб. У період активізації чорноморська депресія нерідко розвивається в високе баричне утворення і може істотно впливати на еволюцію, швидкість і напрямок переміщення південних циклонів.

У холодне півріччя над південно-східною частиною Чорного моря можливе виникнення локальних циклонів, пов'язане з орографічною сегментацією циклонів над горами Малої Азії, або утворення місцевих циклонів в умовах вираженої термічної неоднорідності між теплою поверхнею моря і оточуючими її гірськими системами [5].

Крім місцевих циклонів над Чорним морем формується безліч мезомасштабних вихорів, наприклад, так звані «кавказькі вихори»,

які спостерігаються над східною частиною акваторії моря. Дані утворення мають горизонтальний розмір близько 100 км, є невисокими утвореннями (розвиваються нижче рівня 1200 м). Кавказькі мезомасштабні циклонічні вихори над південно-східною частиною моря виникають переважно в літньо-осінній період і мають добре виражений добовий цикл. Крім добового циклу, їх повторюваність має сезонний хід, вихори формуються переважно в липні та серпні, і практично відсутні взимку. Як правило, ці вихори утворюються один за іншим – новий вихор у Кавказького узбережжя починається формуватися вже через кілька годин після того, як згасне попередній. В основному вони є коротко-існуючими – у 77% вихорів час життя не перевищує 8 годин. Виникнення кавказьких вихорів викликано взаємодією північно-східного вітру з Кавказькими горами. До основних причин їх зародження можна віднести досить сильну стійкість атмосфери і потужний спадний потік повітря з високого берега на море, який приводить до підвітряного циклогенезу за рахунок розтягування вертикальних вихрових трубок. До дургорядних факторів належать: структура морського граничного шару, деталі прибережного рельєфу і течія уздовж берега [12].

Сезонні зміни поля тиску викликають сезонні зміни в полі вітру. У квітні і травні на Чорноморському узбережжі України спостерігаються вітри південної складової. При встановленні літнього типу баричного поля (червень-серпень) переважають західні і північно-західні вітри. Стандартні регулярні спостереження за вітром на берегових станціях показують, що для південно-східної частини узбережжя Чорного моря і берега Криму характерні слабкі вітри (середньорічна швидкість вітру до 3 м/с), а в західній та північно-західній частині моря, а також поблизу Керченської протоки спостерігаються помірні вітри (понад 4 м/с, а на деяких станціях понад 5 м/с). Для всього басейну добре виражена внутрішньорічна мінливість, швидкість вітру збільшується від весняно-літнього періоду до осінньозимового в 1,2 - 1,5 рази [1].

Розподіл швидкості вітру над Чорним морем за різними оцінками [13, 14] демонструє, що найбільші значення відзначаються у західній частині моря, а зона слабких вітрів характерна для південно-східної частини. Локальний максимум швидкості вітру розташований в північно-східній частині моря на південь від Керченської протоки.

Напрямок переважаючих вітрів [13] протягом більшої частини року формує циклонічну циркуляцію. Вітри північних напрямків переважають над заходом та над північною акваторією, східні і південно-східні вітри

### Спостережувані кліматичні зміни в Чорноморському регіоні

В останні десятиліття в Північно-Східному Причорномор'ї відзначається зміщення межі степового клімату далеко на схід до Каспійського моря, розширюючи при цьому зону континентального клімату. Зона степного клімату на сході Криму виділяється лише при підвищеній просторовій роздільності здатності [15]. До середземноморського клімату віднесена тільки частина південно-західного узбережжя навколо Стамбула, на більшій частині узбережжя переважає помірний клімат (субтропічний або морський) [1].

Температурно-вологісний режим в Україні демонструє зміну в бік збільшення температури при збереженні загальної кількості опадів та їх перерозподілу по території. З 1998 р. аномалії середньорічної температури повітря мають позитивні значення і в деякі роки досягали  $1,5-2^{\circ}\text{C}$ . Аналогічні тенденції відзначаються для середньорічних значень мінімальної і максимальної температури. Оподи в останні десятиліття демонструють збільшення кількості восени, зменшення взимку і нульовий тренд в весняно-літній період [16, 17]. Такі зміни є наслідком зміни великомасштабної атмосферної циркуляції повітря, розпочатої в 1974-1983 рр. [17], під впливом яких на території України значно зросла повторюваність атмосферних процесів, які призводять до виникнення посушливих явищ (антициклонічних типів) [6].

Схожі зміни спостерігаються в причорноморському регіоні Румунії та Болгарії. У центральній частині Румунії тренди середньорічної температури повітря побудовані для періоду 1961-2018 рр. показують статистично значущу позитивну тенденцію ( $0,27-0,40^{\circ}\text{C} / 10$  років). Найбільше зростання середньої сезонної температури відзначається влітку ( $0,39-0,52^{\circ}\text{C} / 10$  років). При цьому, найбільше зростання температури спостерігалось в 2006-2018 рр. [18]. В цілому, на території Румунії кількість опадів (в 1961-2013 рр.) зберігається, з невеликими тенденціями до збільшення восени та зниження в інші сезони на деяких станціях [19]. У південній частині узбережжя Чорного моря спостерігається збільшення середньорічної кількості опадів (до  $25$  мм в рік /  $10$  років), в дельті

характерні для сходу і південного сходу. Навесні та влітку в західній частині моря під впливом Азорського максимуму збільшується повторюваність західних, південно-західних і південних вітрів.

Дунаю зменшення опадів (до  $200$  мм на рік /  $10$  років) [20].

На Чорноморському узбережжі Болгарії за даними спостережень в 1981-2010 рр. встановлено статистично значущий позитивний тренд середньої сезонної температури повітря ( $0,4-0,8^{\circ}\text{C} / 10$  років) навесні, влітку, восени та збільшення опадів в осінній період ( $36-37$  мм /  $10$  років) [21].

Аналіз температурно-вологісного режиму Туреччини показав, що на Чорноморському узбережжі збільшилася кількість протягом року днів з максимальною температурою вище  $25^{\circ}\text{C}$  (в середньому збільшення становить  $39$  днів за  $100$  років) і кількість днів з добовим мінімумом температури повітря понад  $20^{\circ}\text{C}$  (середній зріст становить  $37$  днів за  $100$  років). У західній частині Чорноморського узбережжя спостерігається незначне зниження річної кількості днів з опадами більше  $1$  мм при збільшенні числа таких днів у східній частині узбережжя. Відзначається також тенденція до збільшення сумарної річної кількості опадів і повторюваності періодів з опадами (одноденних і 5-денних), особливо на сході узбережжя Чорного моря [22].

Порівняльний аналіз рядів температури повітря і опадів за даними спостережень на станціях в трьох регіонах Грузії (узбережжя Чорного моря, Квемо Сванеті і Дедоплісцаро) у 1955-1970 рр. та 1990-2005 рр. показав, що відбулося підвищення середньорічної температури повітря на  $0,2^{\circ}\text{C}$ ,  $0,4^{\circ}\text{C}$  і  $0,6^{\circ}\text{C}$ , відповідно. Середньорічні значення абсолютних мінімумів температури збільшилися на  $3,0^{\circ}\text{C}$ ,  $0,7^{\circ}\text{C}$  і  $0,0^{\circ}\text{C}$ , відповідно, показуючи тенденцію до зменшення їх зміни з заходу на схід. Абсолютні максимуми температури повітря збільшилися на  $1,6^{\circ}\text{C}$ ,  $0,5^{\circ}\text{C}$  і  $2,1^{\circ}\text{C}$ , відповідно. Відзначалося збільшення кількості опадів на  $13\%$ ,  $8\%$  і  $6\%$ , відповідно. Найбільше зростання середньорічної кількості опадів спостерігалось на узбережжі Чорного моря в порівнянні зі східною частиною Грузії. Величина ГТК збільшилася на  $20\%$  на Чорноморському узбережжі, на  $28\%$  в районі західного Квемо Сванеті і зменшилася на  $15\%$  в районі Дедоплісцаро в Східній Грузії [23].

У Росії на Чорноморському узбережжі Кавказу (Сочі) в 1961-2011 рр. спостерігалось збільшення середньорічних температур повітря на  $0,06^{\circ}\text{C} / 10$  років, а у високогірній зоні Кавказу (Терскол) на  $0,01^{\circ}\text{C} / 10$  років, що характеризує досить стабільний термічний режим в цих районах. У той же час в Сочі зростання осінніх температур склало  $0,42^{\circ}\text{C} / 10$  років [24]. Аналіз зміни кількості опадів з 1982 по 2014 р. показав, що на Чорноморському узбережжі Краснодарського краю влітку кількість опадів залишається незмінною, в той час як взимку на узбережжі, а також над степовими районами краю, відзначається слабковиражений негативний тренд опадів, що не перевищує, в середньому,  $0,2$  мм на добу /  $10$  років по інтенсивності і  $10$  мм в місяць /  $10$  років за місячними сумами опадів. Звертає на себе увагу деяке зростання як інтенсивності, так і суми зимових опадів над акваторією Чорного моря (при цьому на узбережжі цього не відбувається). На узбережжі Чорного моря (Сочі, Червона Поляна) відзначена тенденція зменшення як інтенсивності, так і місячних сум опадів в січні-лютому і в літні місяці, та значне збільшення цих показників у квітні. В листопаді та грудні місячна сума опадів істотно зменшується, в той час як добова практично не змінюється. На цій підставі можна припустити, що на тлі зменшення чи незмінності місячних сум опадів повторюваність окремих екстремальних подій в даному районі збільшується [25].

Однією з основних причин підвищення температури повітря на Чорноморському узбережжі Краснодарського краю може бути статистично значуще зростання сумарної сонячної радіації, яке відзначено над регіоном в останні 30 років і досягає  $10\text{ Вт/м}^2$  за 30 років, що має велику кількість. Цей процес може бути причиною спостережуваного в літній період потепління приповерхневих вод Чорного моря та узгодженого з ним зростання приземної температури практично по всій території Чорноморського узбережжя Краснодарського краю (крім високогірних районів). У свою чергу збільшення температури морської води на поверхні Чорного моря, має викликати збільшення таких параметрів, як конвективна доступна потенційна енергія (CAPE) над морською поверхнею, а також вміст вологості атмосфери. Що і відзначається в літні місяці в південно-східній частині Чорного моря [25]. Посилення конвективної діяльності в регіоні, особливо над морською поверхнею, має приводити до зростання опадів

– по крайній мірі над акваторіями і прилеглими районами узбережжя. Однак, як було показано вище, в більшості випадків це не відбувається, за винятком східної частини узбережжя Туреччини і прибережних районів Грузії.

Результати досліджень режиму вітру показали, що швидкість вітру у поверхні землі за останні 40 років значно знизилася над більшою частиною Східної Європи, в тому числі на північному [26] і західному [19] узбережжі Чорного моря. По відношенню до кліматичних норм зменшення швидкості вітру досягає на деяких станціях 20-50% [27]. Вивчення багаторічного ходу значень швидкості вітру над акваторією Чорного моря [1] показало, що явно виділяється тенденція до зниження вітрової активності в другій половині ХХ століття. У той же час за даними [27] після 2000 р. в західній частині моря відзначається посилення вітру.

Вплив вітру на морську поверхню призводить до утворення дрейфових течій і є одним з основних чинників, що визначає інтенсивність великомасштабної циркуляції в Чорному морі. Дотична вітрова напруга на поверхні моря є головною рушійною силою для циркуляції вод і вітровою хвилювання. Повторюваність хвилювання висотою не менше  $7,5$  дм (3 і більше балів) і не менше  $12,5$  дм (4 і більше балів) за даними хвилемірних постів Одеса, Херсонський маяк, Ялта і Феодосія демонструє тенденцію до зменшення [27]. Необхідно відзначити, що відкритість хвилюванню з максимальним розгоном хвиль має різне спрямування по румбам горизонту на різних ділянках узбережжя (наприклад, Алушта і Ялта відкриті хвилюванню від східного і південного секторів горизонту, Анапа – західної половини горизонту, Іллічівськ, Одеса, Південний – південної половини горизонту). Найбільш небезпечними напрямками вітру для північно-східній частині Чорного моря є вітри південної чверті, незважаючи на незначну повторюваність (частка сильних вітрів південної чверті на шельфі в сумі досягає 3%), так як на максимальних розгонах вони викликають екстремальне хвилювання і наносять значної шкоди. Найбільша повторюваність напрямків поширення хвиль висотою  $1,3$  м і вище і напрямків вітру зі швидкостями  $12$  м/с і більше в пунктах спостереження за хвилюванням в північно-західному районі Чорного моря, в більшості випадків не збігається, а в деяких відрізняється на  $180^{\circ}$  [28]. Формування помірних і сильних вітрів в



порту-Південний, Одеса-порт, Іллічівськ-порт відбувається, в основному, при розвитку периферійних синоптичних процесів з проходженням активних фронтів (в 15% відзначається східний і південно-східний перенос), а також при процесах пов'язаних з розвитком циклонічної циркуляції з великими баричними градієнтами [26]. Таким чином, для визначення зв'язку тенденцій міжрічної мінливості штормового хвилювання зі зміною режиму вітру необхідно враховувати зміну

В останні десятиліття в Чорноморському регіоні відзначається збільшення температури повітря, викликане зміною великомасштабної циркуляції атмосфери, у вигляді збільшення повторюваності процесів антициклонічного характеру, що призводить до зниження кількості хмарності і зростання кількості короткохвильової радіації, яка надходить до підстильної поверхні. При цьому, з середини 2000-х років збільшення середньорічної температури повітря зросло.

На більшій частині регіону спостерігається збереження середньорічної кількості

повторюваності помірного і сильного вітру певної спрямованості в конкретній географічній точці.

Крім того, швидкість вітру поряд з температурою і вологістю повітря визначає інтенсивність процесу випаровування з поверхні моря, що в свою чергу формує водний і сольовий баланс. Таким чином, зміна кліматичних показників в регіоні може призвести до зміни гідрологічних характеристик і структури вод Чорного моря.

#### Висновки

опадів, за винятком східної частини Чорноморського узбережжя Туреччини і прибережних районів Грузії, де відзначається збільшення опадів. У той же час, має місце деяке зростання, як інтенсивності, так і суми зимових опадів над акваторією Чорного моря.

Швидкість вітру в цілому в Чорноморському регіоні демонструє зниження своїх значень, при деякому збільшенні в західній частині акваторії Чорного моря, що також пов'язано зі зміною особливостей циркуляційних процесів в Південно-Східній Європі.

#### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

#### Список використаної літератури

1. Белокопытов В.Н. Климатические изменения гидрологического режима Черного моря / Дис. на соиск. науч. зв. д.геогр.н. Севастополь. 2017. 377 с.
2. Mikhailov V. N. Mikhailova M. V. River Mouths. In: A. Kostianoy, A. Kosarev (Eds) The Black Sea Environment. The Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, Part Q. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2008. P. 91-134 DOI: [https://doi.org/10.1007/698\\_5\\_061](https://doi.org/10.1007/698_5_061)
3. Blogger 2020. URL: [http://msofliosgeografia.blogspot.com/2017/04/blog-post\\_473.html](http://msofliosgeografia.blogspot.com/2017/04/blog-post_473.html)
4. Клімат України. за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К.: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
5. Семенова І. Г., Нажмудінова О. М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.
6. Slizhe M., Semenova I., Pianova I., El Hadri Y. Dynamics of macrocirculation processes accompanying by the dry winds in Ukraine in the present climatic period. *Croatian Meteorological Journal*. 2018. Vol. 53. P. 17-29. <https://hrcak.srce.hr/231265>
7. Slizhe M., Semenova I., El Hadri Y. Synoptic Conditions for dry winds in August 2010 in Ukraine. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*. 2018. Vol. 15. N 3. P. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.9734/JGEEESI/2018/41323>
8. Semenova I., Slizhe M. Synoptic Conditions of Droughts and Dry Winds in the Black Sea Steppe Province Under Recent Decades. *Frontiers in Earth Science*. 2020. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00069>
9. Балабух В.О. Траєкторії циклонів, що зумовлюють небезпечну і стихійну кількість опадів в Україні у теплий період року. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2004. Вип. 253. С. 103-119
10. Полонский А.Б., Бардин М.Ю., Воскресенская Е.Н. Статистические характеристики циклонов и антициклонов над Черным морем во второй половине XX века. *Морской гидрофиз. журнал*. 2007. № 6. С.47–58
11. Баянкина Т. М., Данова Т. Е. Циклогенез Средиземноморско-Черноморского региона по спутниковым данным. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17. №3. С. 231–239 DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-3-231-239>
12. Яровая Д. А., Шокуров М. В. Мезомасштабные циклонические вихри, возникающие над Черным морем вблизи Кавказского побережья. *Морской гидрофизический журнал*. 2012. № 3. С. 14-30

13. Ефимов В. В., Анисимов А. Е. Климатические характеристики изменчивости поля ветра в Черноморском регионе – численный реанализ региональной атмосферной циркуляции. *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана*. 2011. Т. 47. № 3. С. 1-13
14. Kara A. B., Hurlburt H. E., Wallcraft A. J., Bourassa M. A. Black Sea mixed layer sensitivity to various wind and thermal forcing products on climatological time scales. *J. Climate*. 2005. Vol. 18. P. 5266-5293. <https://doi.org/10.1175/JCLI3573R2.1>
15. Peel M. C., Finlayson B. L., McMahon T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2007. Vol. 11. P. 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
16. Динаміка середньорічних показників температури повітря і кількості опадів в окремих ґрунтово-кліматичних зонах України. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти: колективна монографія ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського”. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
17. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К., Щеглов А. А. Тенденция современного температурно-влажностного режима Украины к аномальности за счет атмосферных процессов в летний сезон. *Наук. праці УкрНДДМ*. 2016. Вип. 268. С. 15-24
18. Arghius V., Muntean L.-O., Baciu N., Macicaan V., Arghius C. Analysis of annual and seasonal air temperature trends in central part of Romania. *Present Environment And Sustainable Development*. 2020. Vol. 14. No. 1. P. 51-61. DOI: <https://doi.org/10.15551/pesd2020141004>
19. Dumitrescu A., Bojariu R., Birsan M. V. et al. Recent climatic changes in Romania from observational data (1961–2013). *Theor Appl Climatol*. 2015. Vol. 122. P. 111-119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1290-0>
20. Busuioc A., Boroneant C., Baciu M., Dumitrescu A. Observed temperature and precipitation variability in Romania. SEECOF-1. 2008. URL: <https://meteo.hr/SEECOF08/day2/2-19.pdf>
21. Chenkova, N., et al. Air Temperature And Precipitation Variability In Northeastern Bulgaria On The Background Of Climate Change. *Thermal Science*. 2015. Vol. 19(2). P. S381-S390. DOI: <https://doi.org/10.2298/TSCI150430104C>
22. Abbasnia M., Toros N. Trend analysis of weather extremes across the coastal and non-coastal areas (case study: Turkey). *J. Earth Syst. Sci.* 2020. Vol. 129(95). DOI: <https://doi.org/10.1007/s12040-020-1359-3>
23. Снижение трансграничной деградации в бассейне реки Кура – Аракс. Аналитический обзор – Изменение климата. 2013. URL: <https://iwlearn.net/resolveuid/bddb33f66dcc43f186491e1af08a39e7>
24. Ашабоков Б. А., Ташилова А. А., Кешева Л. А., Теунова Н. В., Таубекова З. А. Климатические изменения средних значений и экстремумов приповерхностной температуры воздуха на юге Европейской территории России. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2017. Вып. 1. С. 5-19. DOI: <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2017-1-5-19>
25. Торопов П. А., Алешина М. А., Семенов В. А. Тенденции изменений климата Черноморско-Каспийского региона за последние 30 лет. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2018. Вып. 2. С. 67-77. URL: [https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/article/view/405?locale=ru\\_RU](https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/article/view/405?locale=ru_RU)
26. Ивус Г. П., Агайар Э. В. Физико-статистический анализ и прогноз слабого ветра и инверсий температуры над территорией Северо-Западного Причерноморья: монография. Одесса: ОДЕКУ, Одесса: ТЭС, 2018. 202 с.
27. Ильин Ю. П., Репетин Л. Н., Белокопытов В. Н., Горячкин Ю. Н., Дьяков Н. Н., Кубряков А. А., Станичный С. В. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Черное море. МЧС и НАН Украины, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Севастополь, 2012. 421 с.
28. Евстигнеев В. П., Наумова В. А., Воскресенская Е. Н., Евстигнеев М. П., Любарец Е. П. Ветро-волновые условия прибрежной зоны Азово-Черноморского региона. Севастополь: ИПТС. 2017. 320 с.

Стаття надійшла до редакції 23.08.2021

Стаття рекомендована до друку 12.10.2021

**Y. EL HADRI<sup>1</sup>**, Ph. D.,

Senior Lecturer of the Department of Oceanography and Marine Environmental Sciences

e-mail: [magribinets@ukr.net](mailto:magribinets@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3690-0927>

**N. A. BERLINSKY<sup>1</sup>**, DSc (Geography), Professor,

Head of the Department of Oceanology and Marine Environmental Sciences

e-mail: [nberlinsky@ukr.net](mailto:nberlinsky@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4576-4958>

**M. O. SLIZHE<sup>1</sup>**, Ph. D. (Geography),

Senior Researcher

e-mail: [magribinetsm@gmail.com](mailto:magribinetsm@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6398-4188>

<sup>1</sup>Odessa State Environmental University,

15, Lvivska St., Odessa, 65016, Ukraine

## MODERN CLIMATE CHANGE IN THE BLACK SEA REGION

Climate change in the Black Sea region in recent decades poses certain risks to the economies of countries of region, and may have a significant negative impact on the state of terrestrial and marine ecosystems. The main areas of economic activity in the Black Sea are maritime freight, oil and gas production and transportation, industrial extraction of marine biological resources, recreational and tourist activities in coastal areas, etc. The Black Sea significantly affects the climate

of the south-eastern part of the European continent, forming regional climatic features in the area. The development of measures to adapt to climate change requires the collection and analysis of data on the state of the climate system and the current characteristics of their interaction and feedback.

**Purpose.** The purpose of this work is to review and analyze information on regional climate change observed in recent decades to find patterns and possible links with the variability of the hydrological regime of the Black Sea.

**Results.** This paper contains information on the main climatic characteristics of the Black Sea region, such as air temperature, precipitation, atmospheric pressure, wind speed, as well as indicators of cyclonic activity.

**Conclusions.** In recent decades, the Black Sea region has seen an increase in air temperature caused by changes in large-scale atmospheric circulation, in the form of increased recurrence of anticyclonic processes, leading to a decrease in clouds and an increase in shortwave radiation entering the underlying surface. At the same time, since the mid-2000s, the increase in average annual air temperature has increased. The average annual rainfall is maintained in most parts of the region, with the exception of the eastern part of the Black Sea coast of Turkey and the coastal areas of Georgia, where there is an increase in both rainfall and the frequency of extreme rainfall. At the same time, there is some increase in both the intensity and amount of winter precipitation over the Black Sea. Wind speeds in the Black Sea region as a whole show a decrease in their values, with some increase in the western part of the Black Sea, which is also associated with changes in the peculiarities of circulating processes that develop over South-Eastern Europe.

**KEYWORDS:** Black Sea region, Black Sea, climate change, temperature, precipitation, wind speed

## References

1. Belokopytov, V.N. (2017). *Climate changes in the Black Sea hydrological regime*. Sevastopol. (In Russian)
2. Mikhailov, V.N. & Mikhailova, M.V. (2008). RiverMouths. In: A. Kostianoy and A. Kosarev (Eds.), *The Black Sea Environment. The Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, Part Q* (pp. 91-134). Berlin: Springer-Verlag Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/698\\_5\\_061](https://doi.org/10.1007/698_5_061)
3. Blogger (2020). Retrieved from: [http://msofliosgeografia.blogspot.com/2017/04/blog-post\\_473.html](http://msofliosgeografia.blogspot.com/2017/04/blog-post_473.html)
4. Lipin'skyi, V.M., Dyachuk, V.A., & Babichenko, V.M. (2003). *Climate of Ukraine*. Kyiv: Rayevs'kyi Publ. (In Ukrainian)
5. Semenova, I.H. & Nazhmudinova, O.M. (2019). *Regional weather forecast*. Odessa. (In Ukrainian)
6. Slizhe, M., Semenova, I., Pianova, I. & El Hadri, Y. (2018). Dynamics of macrocirculation processes accompanying by the dry winds in Ukraine in the present climatic period. *Croatian Meteorological Journal*, 53 (53), 17-29. <https://hrcak.srce.hr/231265>
7. Slizhe, M., Semenova, I. & El Hadri, Y. (2018). Synoptic Conditions for dry winds in August 2010 in Ukraine. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 15(3), 1-11 <https://doi.org/10.9734/JGEEESI/2018/41323>
8. Semenova, I., & Slizhe, M. (2020). Synoptic Conditions of Droughts and Dry Winds in the Black Sea Steppe Province Under Recent Decades. *Frontiers in Earth Science*, 28 April. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00069>
9. Balabukh V.O. (2004). Cyclone trajectories that cause dangerous and spontaneous precipitation in Ukraine during the warm period of the year. *Scientific Proc. UkrSRGMI*, 253, 103-119 (In Ukrainian)
10. Polonskij, A.B., Bardin, M.Ju. & Voskresenskaja, E.N. (2007). Statistical characteristics of cyclones and anticyclones over the Black Sea in the second half of the twentieth century. *Marine Hydrophysical Journal*, 6, 47-58 (In Russian)
11. Bajankina, T. M. & Danova, T. E. (2020). Cyclogenesis of the Mediterranean-Black Sea region according to satellite data. *Sovr. Probl. DZZ Kosm*, 17(3), 231-239. [10.21046/2070-7401-2020-17-3-231-239](https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-3-231-239) (In Russian)
12. Jarovaja, D.A. & Shokurov, M.V. (2012). Mesoscale cyclonic eddies arising over the Black Sea near the Caucasian coast. *Marine Hydrophysical Journal*, 3, 14-30. (In Russian)
13. Efimov, V.V. & Anisimov, A.E. (2011). Climatic characteristics of wind field variability in the Black Sea region - numerical reanalysis of regional atmospheric circulation. *Izvestiya RAN. Physics of the atmosphere and ocean*, 47(3), 1-13. (In Russian)
14. Kara, A.B., Hurlburt, H.E., Wallcraft, A.J. & Bourassa, M.A. (2005). Black Sea mixed layer sensitivity to various wind and thermal forcing products on climatological time scales. *J. Climate*, 18, 5266-5293. <https://doi.org/10.1175/JCLI3573R2.1>
15. Peel, M. C., Finlayson, B.L., & McMahon, T.A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
16. *Dynamics of average annual air temperature and precipitation in some soil and climatic zones of Ukraine. Adaptation of agrotechnologies to climate change: soil-agrochemical aspects: collective monograph*. (2018). NSC "Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry". Kharkiv: Stylish printing house. (In Ukrainian)
17. Martazinova, V.F., Ivanova, E.K. & Shheglov, A.A. (2016). The tendency of the modern temperature and humidity regime in Ukraine to anomalies due to atmospheric processes in the summer season. *Scientific Proc. UkrSRGMI*, 268, 15-24. (In Russian)
18. Arghis, V., Muntean, L.-O., Baci, N., Macicaan, V. & Arghius, C. (2020). Analysis of annual and seasonal air temperature trends in central part of Romania. *Present Environment And Sustainable Development*, 14(1). <https://doi.org/10.15551/pesd2020141004>
19. Dumitrescu, A., Bojariu, R., Birsan, M.V. et al. (2015). Recent climatic changes in Romania from observational data (1961-2013). *Theor Appl Climatol*, 122, 111-119. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1290-0>
20. Busuioc, A., Boroneant, C., Baci, M., & Dumitrescu, A. (2008). Observed temperature and precipitation variability in Romania. SEECOF-1. Retrieved from: <https://meteo.hr/SEECOF08/day2/2-19.pdf>

21. Chenkova, N., Nikolova N. (2015). Air Temperature And Precipitation Variability In Northeastern Bulgaria On The Background Of Climate Change. *Thermal Science*, 19(2), S381-S390. <https://doi.org/10.2298/TSCI150430104C>
22. Abbasnia, M. & Toros, H. (2020). Trend analysis of weather extremes across the coastal and non-coastal areas (case study: Turkey). *J Earth Syst Sci*, 129, 95. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-1359-3>
23. Reducing transboundary degradation in the Kura - Aras river basin. Policy Brief – Climate Change. (2013). Retrieved from: <https://iwlearn.net/resolveuid/bddb33f66dcc43f186491e1af08a39e7>
24. Ashabokov, B.A., Tashilova, A.A., Kesheva, L.A., Teunova, N.V. & Taubekova, Z.A. (2017). Climatic changes in mean values and extrema of near-surface air temperature in the south of the European territory of Russia. *Fundamental and Applied Climatology*, 1, 5-19. DOI: <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2017-1-5-19> (In Russian)
25. Toropov, P.A., Aleshina, M.A. & Semenov, V.A. (2018). Climate change trends in the Black Sea – Caspian region over the last 30 years. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5, Geografija*, 2, 67-77. Retrieved from [https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/article/view/405?locale=ru\\_RU](https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/article/view/405?locale=ru_RU) (In Russian)
26. Iyus, G.P. & Agajar, Je.V. (2018). *Physico-Statistical Analysis and Forecast of Weak Winds and Temperature Inversions over the Territory of the North-Western Black Sea*. Odessa: TES. (In Russian)
27. П'ін, Ю.П., Репетін, Л.Н., Белокопытов, В.Н., Горьжачкін, Ю.Н., Д'яков, Н.Н., Кубряков, А.А., & Станічний, С.В. (2012). *Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. Volume 2: Black Sea*. Sevastopol. (In Russian)
28. Evstigneev, V.P., Naumova, V.A., Voskresenskaja, E.N., Evstigneev, M.P. & Ljubarec, E.P. (2017). *Wind-wave conditions of the coastal zone of the Azov-Black Sea region*. Sevastopol: IPTS. (In Russian)

The article was received by the editors 23.08.2021  
The article is recommended for printing 12.10.2021

Ю. ЭЛЬ ХАДРИ<sup>1</sup>, Ph.D.,

старший преподаватель кафедры океанологии и морского природопользования  
e-mail: [magribinets@ukr.net](mailto:magribinets@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3690-0927>

Н. А. БЕРЛИНСКИЙ<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф.,

заведующий кафедры океанологии и морского природопользования  
e-mail: [nberlinsky@ukr.net](mailto:nberlinsky@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4576-4958>

М. О. СЛИЖЕ, канд. геогр. наук,

старший научный сотрудник  
e-mail: [magribinetsm@gmail.com](mailto:magribinetsm@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6398-4188>

<sup>1</sup> Одесский государственный экологический университет,  
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина

## СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

**Цель.** Обзор и анализ информации о наблюдаемых в последние десятилетия региональных климатических изменениях, для поиска закономерностей и возможных связей с изменчивостью гидрологического режима Черного моря.

**Результаты.** Работа содержит информацию об основных климатических характеристиках Причерноморского региона, таких как температура воздуха, осадки, атмосферное давление, скорость ветра, а также показатели циклонической активности.

**Выводы.** В последние десятилетия в Черноморском регионе отмечается повышение температуры воздуха, вызванное изменением крупномасштабной циркуляции атмосферы, в виде увеличения повторяемости процессов антициклонического характера, что приводит к снижению количества облачности и росту коротковолновой радиации, поступающей к подстилающей поверхности. При этом с середины 2000-х годов увеличение среднегодовой температуры воздуха возросло. На большей части региона наблюдается сохранение среднегодового количества осадков, за исключением восточной части Черноморского побережья Турции и прибрежных районов Грузии, где отмечается увеличение, как количества осадков, так и повторяемости случаев выпадения экстремальных осадков. Скорость ветра в целом в Черноморском регионе демонстрирует снижение своих значений, при некотором увеличении в западной части акватории Черного моря, что также связано с изменением особенностей циркуляционных процессов, развивающихся над Юго-Восточной Европой.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Черноморский регион, изменение климата, температура, осадки, скорость ветра

Статья поступила в редакцию 23.08.2021  
Статья рекомендована в печать 12.10.2021