



RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	World Science
p-ISSN	2413-1032
e-ISSN	2414-6404
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	SYNOPTIC CONDITIONS FOR DANGEROUS FLUCTUATIONS OF SEA LEVEL IN THE PORTS OF ODESSA
AUTHOR(S)	Semerhei-Chumachenko Alina, Shepel Victoriya
ARTICLE INFO	Semerhei-Chumachenko Alina, Shepel Victoriya. (2024) Synoptic Conditions for Dangerous Fluctuations of Sea Level in the Ports of Odessa. <i>World Science</i> . 3(85). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30092024/8215
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092024/8215
RECEIVED	12 July 2024
ACCEPTED	19 August 2024
PUBLISHED	20 August 2024
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2024. This publication is an open access article.

SYNOPTIC CONDITIONS FOR DANGEROUS FLUCTUATIONS OF SEA LEVEL IN THE PORTS OF ODESSA

Semerhei-Chumachenko Alina

PhD in Geography (Meteorology, Climatology and Agrometeorology), the Associate Professor at the Department of Meteorology and Climatology, Odessa State Environmental University (OSENU), Ukraine

Shepel Victoriya

*Graduate Student, Odessa State Environmental University (OSENU), Ukraine
Senior Lecturer, Department of Hydrography and Marine Geodesy, National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine*

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092024/8215

ARTICLE INFO

Received: 12 July 2024

Accepted: 19 August 2024

Published: 20 August 2024

KEYWORDS

Surges, Sea Level, Odessa Region, Severe Wind, Synoptic Pattern.

ABSTRACT

Rapid and significant changes in water levels can pose a danger to all marine vehicles, they can also affect coastal structures, accelerate coastal erosion processes and affect coastal ecosystems.

Drops in the level of the Black Sea in the Odesa region occur mainly with northwesterly and westerly winds with an intensity 4-18 m/s in the cold half of the year, when a cyclonic vortex or an elongated baric basin formed over the Black Sea. At the same time, the interaction of the cyclone with the area of high pressure created a storm zone, where the northwest wind intensified. The storm surges were formed in the south and southeast direction of the wind at a speed of 8-18 m/s under the influence of a zone of large atmospheric pressure gradients between the trough over Eastern and Central Europe and the ridge of high pressure to the east of Ukraine.

Citation: Semerhei-Chumachenko Alina, Shepel Victoriya. (2024) Synoptic Conditions for Dangerous Fluctuations of Sea Level in the Ports of Odessa. *World Science*. 3(85). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30092024/8215

Copyright: © 2024 Semerhei-Chumachenko Alina, Shepel Victoriya. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ.

Вивчення небезпечних змінно-нагінних явищ (змін рівня моря внаслідок вітрового нагону) у Чорному морі потребує міждисциплінарного підходу (метеорологія, океанографія, географія та інженерна справа) для розробки комплексних рішень щодо управління та пом'якшення їх наслідків.

Швидкі та значні зміни рівня води можуть становити небезпеку для суден та інших морських транспортних засобів, також вони можуть впливати на берегові споруди, такі як порти, причали та дамби, тому вивчення цих явищ допомагає у плануванні та захисті цих об'єктів [1, 5, 7]. Сильні змінно-нагінні явища можуть прискорювати процеси ерозії берегів, а розуміння цих процесів важливе для розробки заходів щодо захисту берегової лінії та запобігання втраті земель. Крім того швидкі зміни рівня води можуть впливати на екосистеми прибережних зон, включаючи зміну умов проживання для флори та фауни. Розуміння та прогнозування цих явищ допомагають мінімізувати економічні збитки.

Мета дослідження - характеристика залежності рівня Чорного моря від вітру у морських портах України (Одеса, Чорноморськ, Южний) та виявлення синоптичних умов, що сприяють небезпечним коливанням рівня моря.

Матеріали та методи.

Основними джерелами інформації є спостереження за рівнем моря в метеорологічних станціях Одеса, Чорноморськ та Южний у 2010 та 2016 рр., синоптичні карти [6, 8].

Об'єкт дослідження – рівень моря в морських портах Одеса, Чорноморськ та Южний.

Предмет дослідження – залежність рівня моря в морських портах Одеса, Чорноморськ та Южний від напрямку вітру та синоптичної ситуації.

Методи дослідження – просторово-часове узагальнення даних, синоптичний аналіз.

Результати досліджень.

Під впливом вітру у прибережній частині моря можуть виникати значні коливання рівня моря, які здатні ускладнювати роботу морських портів, а саме при небезпечному підвищенні рівня створюється загроза затоплення прилеглих територій, а при пониженні – загроза посадки суден на мілину. Подібні явища можуть охоплювати великі території та спричиняти збитки морському транспорту, тому завчасне виявлення небезпечних погодних процесів є дуже актуальною темою.

На узбережжі Північно-Західного Причорномор'я розташовані найважливіші морські порти України (Одеса, Чорноморськ та Южний), тому визначення синоптичних процесів, що сприяють небезпечних згінно-нагінним процесам представляє значний практичний інтерес

В якості вихідних даних використовувалися таблиці ТГМ строкових спостережень (за 00, 06, 08, 12 і 18 годин) за рівнем моря, напрямками та швидкістю вітру на станціях Одеса, Чорноморськ і Южний у 2010 та 2016 рр.

За критерію виділення згону або нагону використовувалась запропонована в [1] величина розмаху коливань в 15 см та більше на добу від середнього місячного значення рівня моря, що відповідає найбільш характерній для цього процесу в Чорному морі величині.

На рис. 1 представлені результати вимірювань рівня моря у пунктах дослідження протягом 2010 та 2016 рр., для цих величин розраховувалися основні статистичні моменти: середнє арифметичне значення ($H_{\text{сеп}}$, см), середній квадратичний відхил (σ_x^2 , см), коефіцієнт асиметрії (A) та коефіцієнт ексцесу (E), а також визначені мінімальні (H_{min} , см) та максимальні (H_{max} , см) і модальні (H_{mod} , см) значення.

Як видно з табл. 1, середнє значення рівня моря в 2010 р. становило 502-506 см, а в 2016 р. трохи зменшилося до 486-497 см нас всіма портами навколо Одеси. В 2010 р. середній рівень моря в Чорноморську та Южному був майже однаковий, а в Одеському порту – нижче на 4 м (502 см). В 2016 р. рівень моря був в середньому вище на ст. Южний (497 см), але його значення також знижувалися біля морського порту Одеси.

Найвищі значення цього параметру у 2010 р. спостерігалися у Чорноморську та досягали 550 см (11.02.2010 р.), а у 2016 р. – в Южному 545 см (11.02.2016 р.). Цікаво, що в 2016 р. у Чорноморську та Южному максимальні значення співпадали та дорівнювали 537 см і обидва спостерігалися 13 жовтня 2016 р. під час стихійного вітру.

Найнижчий показник рівню моря виявився в Одесі 3 грудня 2016 р. та становив 429 см, причому у цю добу він був мінімальним також у Южному (430 см). Дані про висоту рівня моря біля Чорноморську за грудень 2016 р. відсутні.

Модальні значення (H_{mod}) рівня моря для всіх станцій перевищували середні на 3-6 см у 2010 р та на 6-8 см у 2016 р., отже розподіл параметру відрізнявся від нормального та характеризувався перевагою більш високих значень рівня морської поверхні, тобто він частіше розташовувався вище середнього ніж нижче. Цей висновок підтверджують від'ємні значення асиметрії над всіма станціями, Асиметрія була значною лише над Чорноморськом та Южним у 2016 р.: -0,47 та 0,52 відповідно. Помірний додатний ексцес ($0,5 \leq |E| \leq 1,0$) виявлявся над всіма станціями, крім Одеси у 2016 р.

Середній квадратичний відхил у 2010 р. становив від 11,84 до 12,47 см, а у 2016 р. він був більш значний – від 12,2 до 14,4 см. Якщо в якості критерію згону або нагону вважати коливання від 15 см та більше на добу від середнього місячного значення рівня моря, то у 2010 р. ці явища спостерігалися у 18-22 % від загальної кількості вимірювань (табл. 2).

В 2016 р. їх частка зросла до 42 % у Южному та Одесі, але у Чорноморську вона була лише 17 %.

В 2010 р. переважав згін води у Чорноморську та Одесі, у Южному – навпаки вдвічі частіше фіксувалися нагони морської води. В 2016 р. згін води домінував в Одесі (40 проти 2 %), але у портах Южний та Чорноморськ переважали нагони води.

Порти Одеса, Чорноморськ і Южний розташовані у мілководних районах північно-західної частини Чорного моря, тому найбільші згони й нагони формуються тут під дією вітру, який направлений, переважно, перпендикулярно узбережжю.

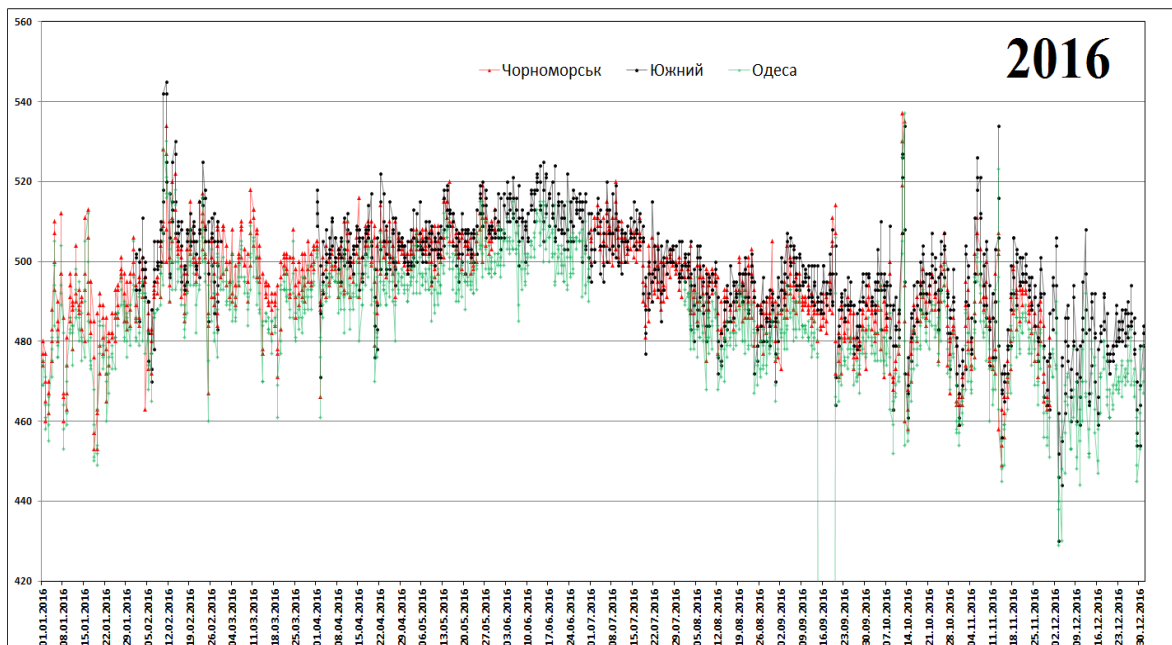
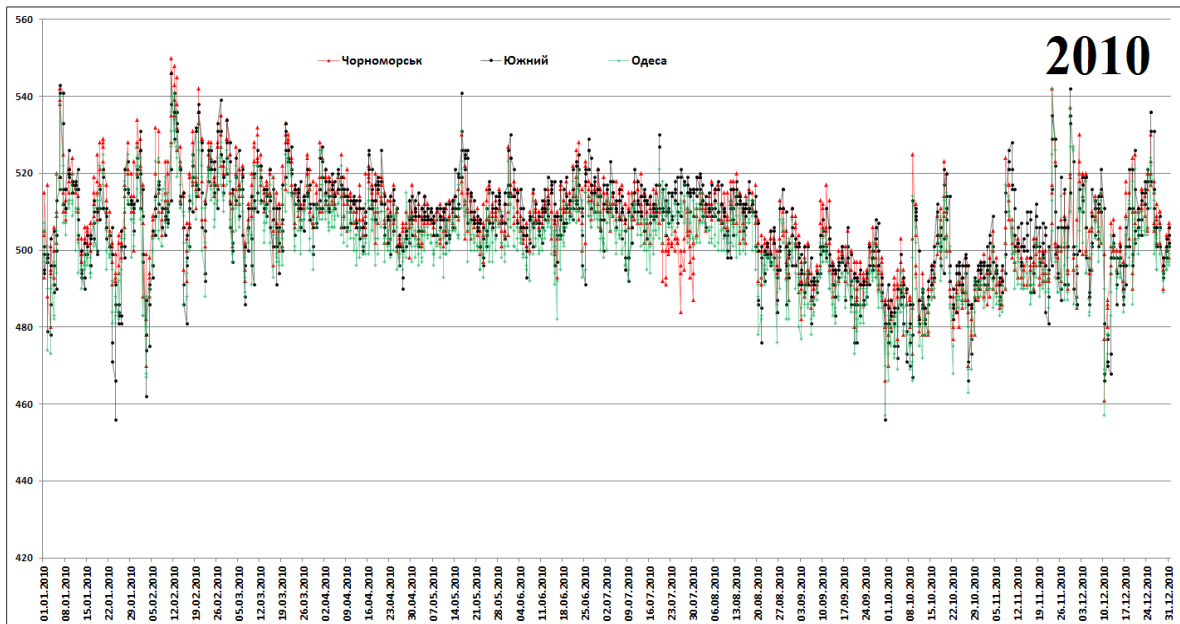


Рис. 1. Значення рівня моря (см) на ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2010 та 2016 рр.

Таблиця 1. Основні статистичні моменти висоти рівня моря (Н, м) на ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2010 та 2016 рр.

Характеристика	Чорноморськ	Южний	Одеса	Чорноморськ	Южний	Одеса
	2010			2016		
$H_{сеп}$, см	507	506	502	493	497	486
H_{max} , см	550	546	542	537	545	537
H_{min} , см	461	456	457	449	430	429
H_{mod} , см	510	511	508	500	505	493
σ_x^2 , см	11,72	12,47	11,84	12,2	13,8	14,4
A	-0,10	-0,41	-0,18	-0,47	-0,52	-0,35
E	0,57	0,70	0,60	0,60	0,86	0,38

Таблиця 2. Повторюваність згінно-нагінних явищ (Р, к.в. / %) на ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2010 та 2016 рр.

Явище	Чорноморськ		Южний		Одеса		Чорноморськ		Южний		Одеса	
	2010						2016					
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
Згін, см	159	11	103	7	257	18	91	7	50	4	490	40
Нагін, см	104	7	213	15	44	3	124	10	495	38	25	2
Всього	1460	100	1460	100	1460	100	1220	100	1320	100	1216	100

Так, в Одесі та Чорноморську підйоми рівня моря спостерігаються в більшості випадків при південному та південно-східному вітрах. Середні швидкості таких вітрів складають 8-9 м/с, а максимальні досягають 16-18 м/с. Спади рівня виникають переважно при північно-західному та західному вітрах, середня швидкість яких становить 6-8 м/с, а максимальна досягає 12-14 м/с у Чорноморську та 14-15 м/с в Одесі.

На станції Южний підйоми рівня моря спостерігаються переважно при південних, південно-східних і східних вітрах. Спади рівня спостерігаються при західних, північно-західних і північних вітрах.

Якщо розглядати синоптичні ситуації, які призвели до найбільших згінних явищ, то слід звернути увагу на випадки зниження рівня моря до 460 см в 2010 р. та до 440-450 см в 2016 р. За допомогою ресурсів [6, 8] проаналізовані погодуєтворюючі процеси над Північно-Західним Причорномор'ям, які сприяли згону або нагону морської води в районі Одеси.

В 2010 р. рівень моря знижувався до 456 см у порту Южний 24 січня під впливом сильного північного вітру швидкістю 10-13 м/с, що утворився у перехідній зоні між антициклоном над Східною Європою та молодим циклоном з центром над сходом Чорного моря (рис. 2).

Наступний випадок зниження рівня моря був 3 лютого 2010 р., коли цей параметр дорівнював від 462 до 470 см біля всіх портів при північно-західному вітру (8-9 м/с) над Южним та північному і північно-північно-східному (10-11 м/с) над Одесою та Чорноморськом знову у перехідній зоні між смугою підвищеного тиску, яка простягалася від Балкан на центральні райони України та далі на схід, і активним циклоном з центром над Чорним морем на південь від Кримського півострова.

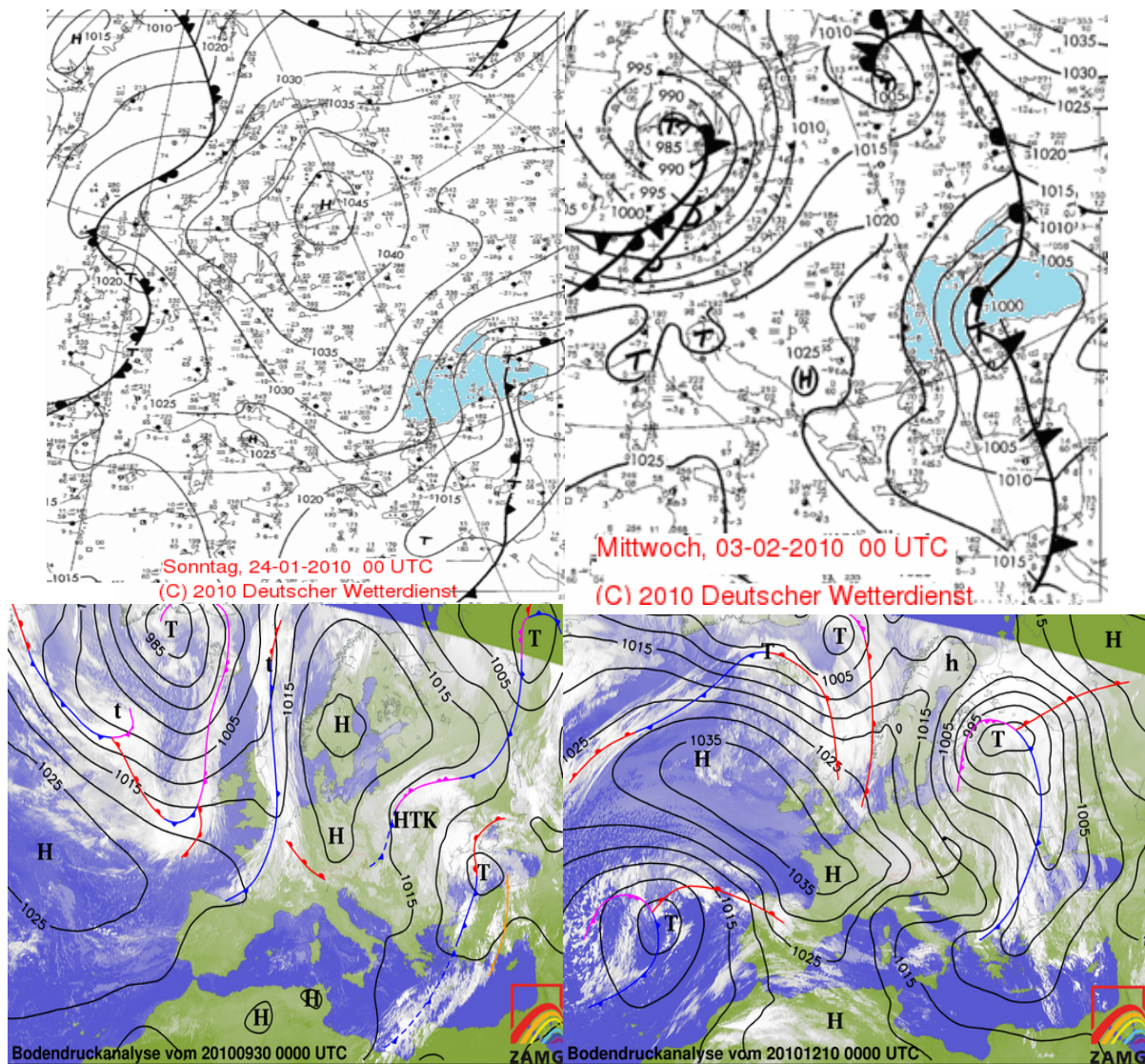


Рис. 2. Синоптичні умови згону води ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2010 р.

Навесні та влітку 2010 р. не спостерігалось значних змінних явища, та лише 30 вересня 2010 р. рівень води знизився до 456-457 см на ст. Южний та Одеса при сильному північно-західному вітрі (8-9 м/с у Южному і 10-11 м/с в Одесі), що утворився при пересуванні циклону над західною частиною Чорного моря у бік антициклону над Скандинавією.

Останній випадок низького рівня моря 2010 р. (457-460 см) біля Одеси та Чорноморська, а також Южного (468 см) спостерігався 10 грудня 2010 р. під впливом вузької баричної улоговини, яка охоплювала всю територію Європейської частини Росії та простиралася до Балканського півострова. В цьому випадку пункти дослідження опинилися перед холодної ділянкою полярного фронту, що сприяло підвищенню швидкості вітру.

В 2016 р. сильний згін води спостерігався частіше, та можна виділити 10 випадків, коли рівень моря становив від 429 до 455 см (рис. 1) при західному, північному та північно-західному вітрі зі швидкістю від 4 до 18 м/с. Всі ці випадки утворилися у холодне півріччя, а саме з жовтня по січень. Кожного разу над Чорним морем формувалася циклонічний вихор (рис. 3) або витягнута барична улоговина. Одночасно взаємодія циклонічного баричного утворення з областю підвищеного тиску створювала штормову перехідну зону, де й посилювався північно-західний вітер (підтип 6.3 та 6.4) [2-4].

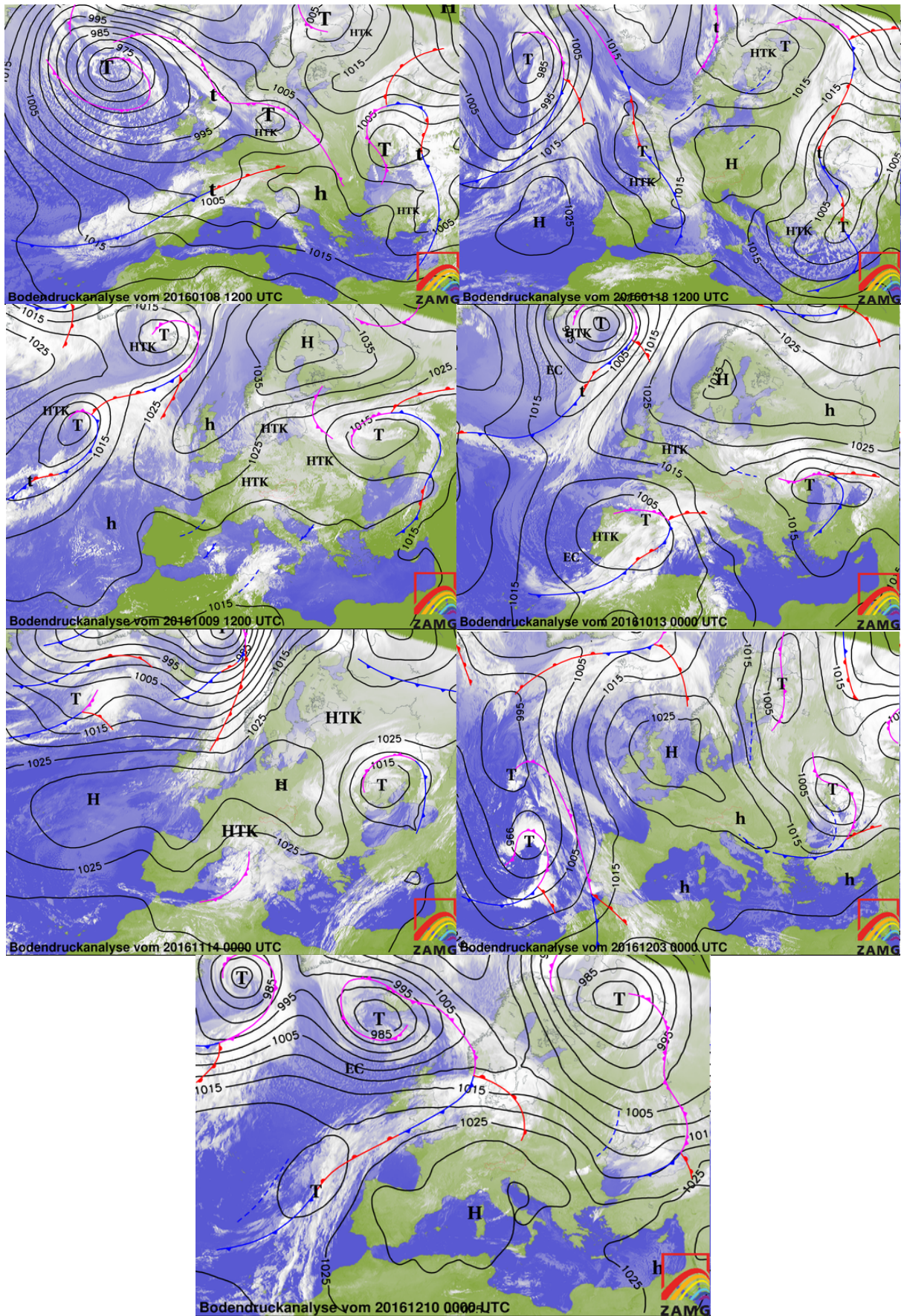


Рис. 3. Синоптичні умови згону води ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2016 р.

Щодо нагінних явищ, то вони утворювалися при південному та південно-східному вітрі зі швидкістю від 8 до 18 м/с. В 2010 р. 6 разів рівень моря в портах в районі Одеси піднімався вище 540 см у холодне півріччя за винятком 16 травня 2010 р, коли рівень моря у Южному досягнув 541 см, а у двох інших портах – 530 см під впливом перехідної зони великих градієнтів атмосферного тиску між улоговиною над Східною та Центральною Європою і гребнем підвищеного тиску на схід від неї (рис. 4).

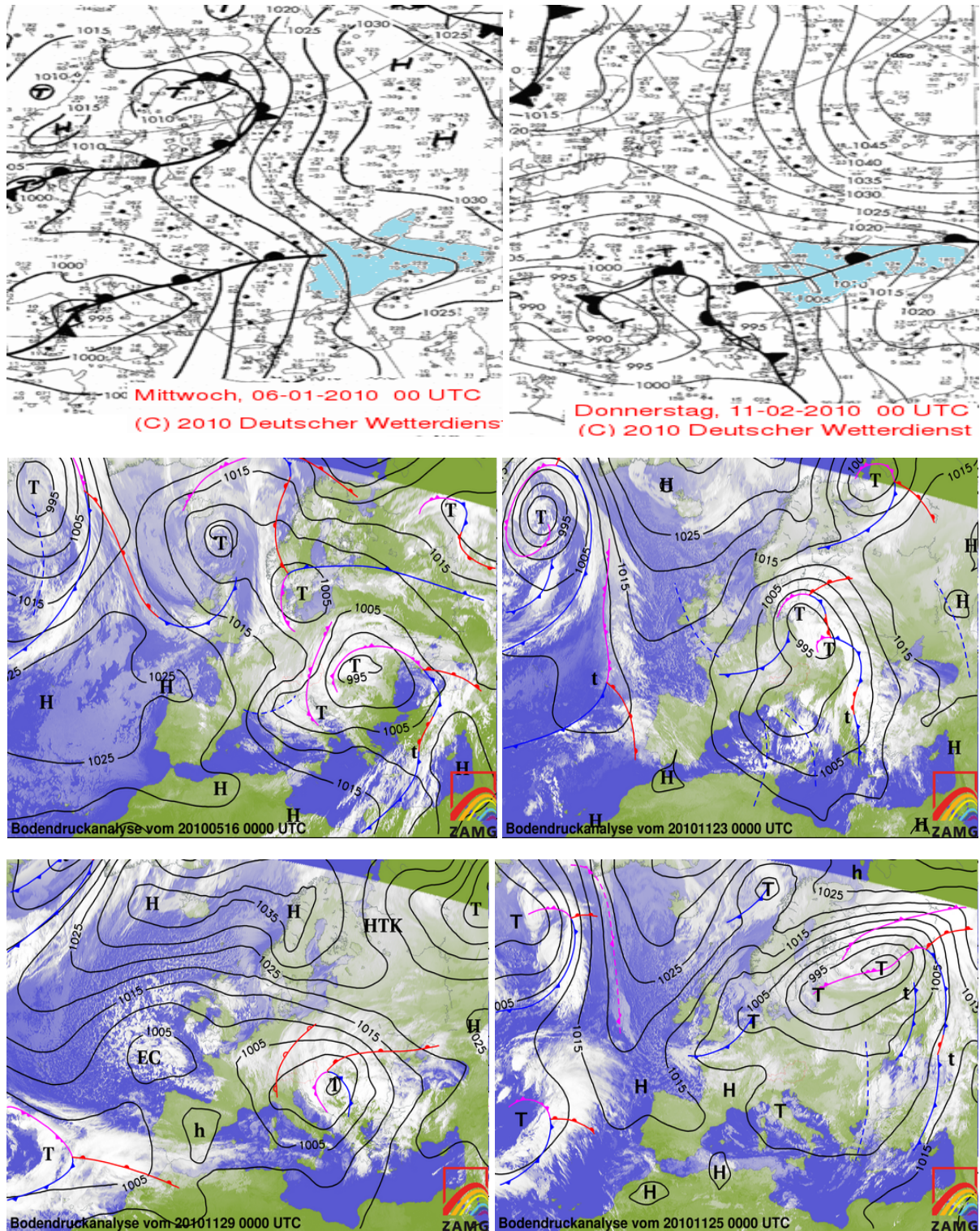


Рис. 4. Синоптичні умови нагону води ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2010 р.

Приземне баричне поле під час високих значень рівня моря характеризується формуванням меридіонально орієнтованої штормової зони від Чорного моря і далі на північ. На захід від цієї зони підвищених баричних градієнтів розташовується активний циклон з трьохчотирма замкненими ізобарами або глибока улоговина (рис. 4 і рис. 5), що відповідає підтипу 5.2, отже південно-східний перенос відбувається південній-південно-західною периферією антициклону при проходженні фронтів [2].

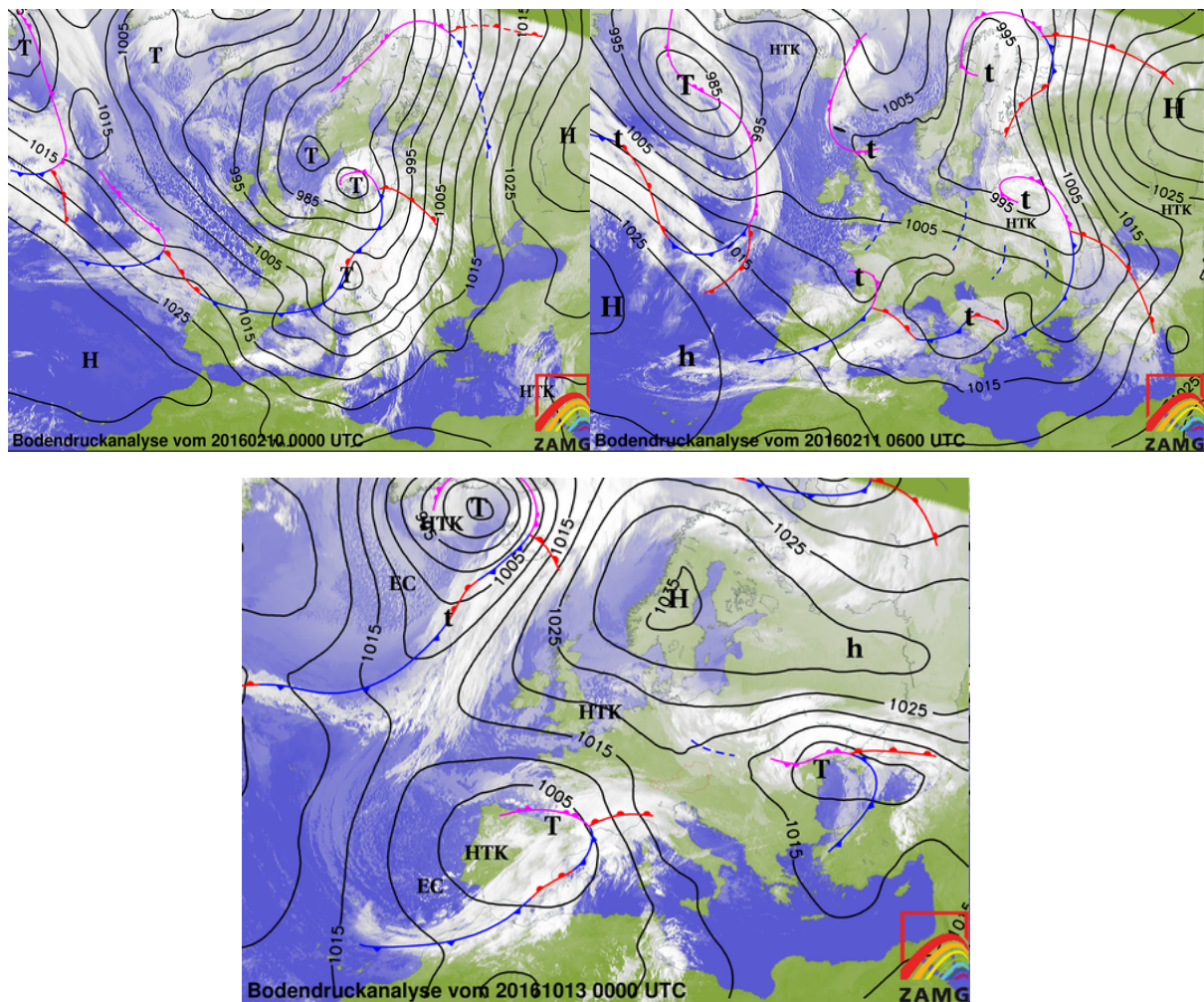


Рис. 5. Синоптичні умови нагону води ст. Одеса, Чорноморськ та Южний в 2016 р.

При проходженні активного південного циклону над районом дослідження можуть спостерігатися різкі коливання рівню моря, тобто протягом доби може відбуватися згін та нагін води, як наприклад 12-13 жовтня 2016 р., коли в Одесі спостерігався сильний вітер та тривалий дощ, коли за добу випало 106 мм опадів, що перевищує норму в 4 рази. Швидкість вітру складала 15-18 м/с, пориви до 30 м/с. Внаслідок чого впав будівельний кран, тополя впала на двох літніх людей та вбила жінку, в Одеському морському порту біля причалу приватної компанії затонула яхта Artemida.

Штормовий вітер повалив дерева (близько 800) та обірвав лінії електропередач, в результаті чого понад 100 населених пунктів Одеської області залишилися без світла, а в обласному центрі було паралізовано рух громадського транспорту. Не обійшлося і без смертельних випадків, в результаті негоди померло 3 людини, серед яких і 11-річна дівчинка.

Визначимо розвиток синоптичної ситуації з 10 по 12 жовтня 2016 р.: на приземній карті 10 жовтня. (рис. 6а) простежувався потужний антициклон, що охоплює всю північну частину материка з центром над Скандинавією окреслений п'ятьма ізобарами з максимальним тиском в

центрі 1040 гПа. Цей антициклон є високим баричним утворенням, оскільки простежується і на карті АТ-500 (рис. 6б). Над Києвом спостерігається центр циклону з мінімальним тиском 1015 гПа. Поле низького тиску на приземній карті має дещо розмиту структуру, проте на карті АТ-500 маємо чітко виражений циклон з двома центрами: один над Києвом, а інший над Мюнхеном. Також маємо осередок низького тиску над Адріатичним морем, проте на висотних картах дане утворення не простежується.

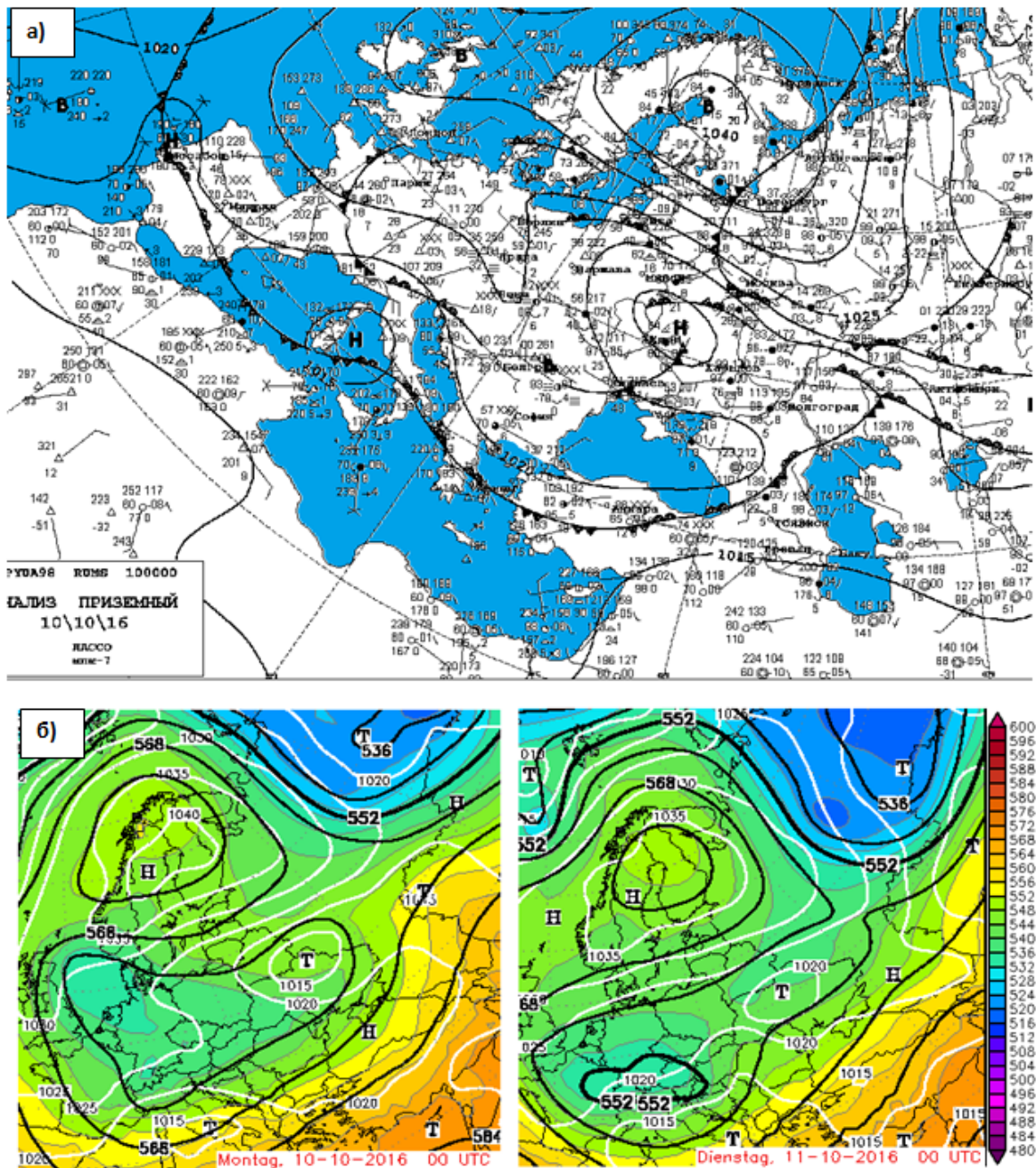


Рис. 6. Приземний аналіз АРМСин (а) за 10.10.2016 р. та приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000 (б) за 10 та 11.10.2016 р., 00 UTC.

Погодні умови над Україною, визначалися областю зниженого тиску з центром над Києвом. По всій території спостерігалася тенденція підвищення тиску в середньому на 0,2 гПа за 3 години.

11 жовтня 2016 відбулися незначні зміни, спостерігається загострення антициклону над Скандинавією, проте його центр дещо змістився на схід, тиск в центрі складає

1039,0 гПа. Цей антициклон є високим баричним утворенням з квазівертикальною віссю, оскільки простежується на карті АТ-500 (рис. 7). Область низького тиску на приземних картах спостерігається над Атлантикою на Середземним морем з центром в районі Італії, тиск становить 1012 гПа. Територія України знаходиться під впливом антициклону з центром над Скандинавією та спостерігаються вітри південно-східного та східного напрямку зі швидкістю 5-7 м/с.

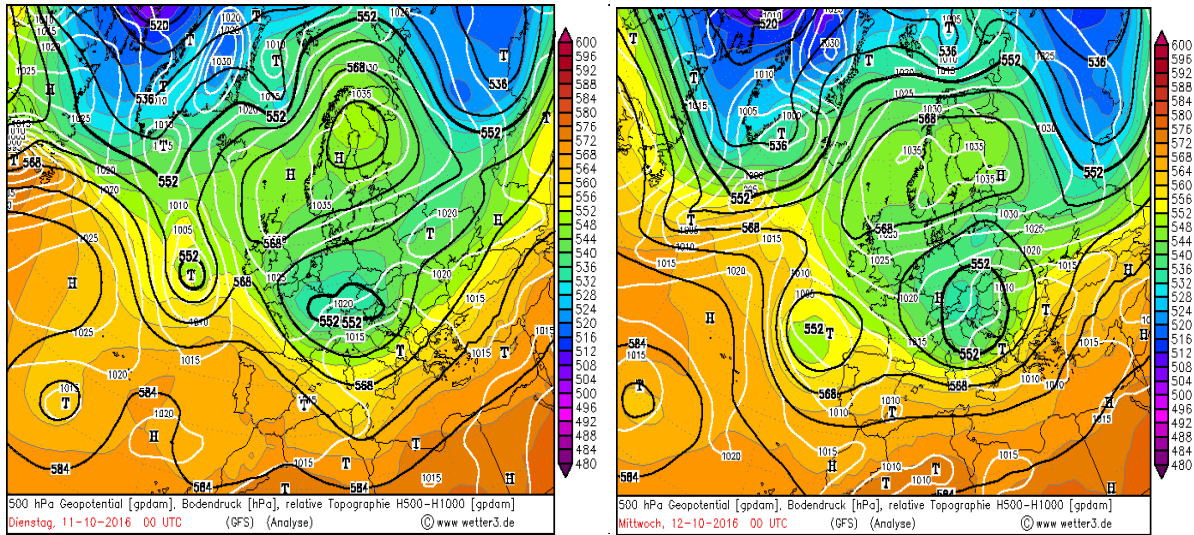


Рис. 7. Приземний аналіз, АТ-500, ВТ-500/1000 за 11 та 12.10.2016 р., 00 UTC.

У наступну добу, 12 жовтня 2016 р. погода над Атлантико-Європейським сектором визначалася потужним антициклоном над північною частиною материка та ЄТР (рис. 7), з центром над Скандинавією та не менш потужним циклоном над Чорним морем центр якого знаходився над півднем України та окремий центр над Португалією. Тиск в центрі антициклону складає 1035 гПа.

Область низького тиску на приземних картах спостерігається над Атлантикою на Середземним морем з центром в районі Італії, тиск становить 1012 гПа. Територія України знаходилася під впливом антициклону з центром над Скандинавією. Спостерігаються вітри південно-східного та східного напрямку зі швидкістю 5-7 м/с.

Циклон над Чорним морем з мінімальним тиском 1005,9 гПа за добу пересунувся з Адріатичного моря до Чорного (на відстань 1500 км), що свідчить про дуже велику швидкість руху, що не характерно для циклону. В середньому швидкість руху становила 62,5 км/год. Але подальше його переміщення заблокував потужний антициклон над північчю Євразії.

Висновки.

1. Спади рівня Чорного моря в районі Одеси виникають переважно при північно-західному та західному напрямку вітру інтенсивністю від 4 до 18 м/с у холодне півріччя коли над Чорним морем формувалася циклонічний вихор або витягнута барична улоговина. Одночасно взаємодія циклонічного баричного утворення з областю підвищеного тиску створювала штормову перехідну зону, де й посилювався північно-західний вітер.

2. Нагінні явища утворювалися при південному та південно-східному напрямку вітру зі швидкістю від 8 до 18 м/с під впливом перехідної зони великих градієнтів атмосферного тиску між улоговиною над Східною та Центральною Європою і гребнем підвищеного тиску на сході України.

Виникнення сильного вітру в Одесі 12 жовтня 2016 р. спричинило формування циклона над Адріатикою та його подальший вихід на узбережжя Чорного моря при наявності гребня антициклону над Україною.

REFERENCES

1. Goryachkin YU. N., Ivanov V. A. (2006), *Uroven' Chernogo morya: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye (Black Sea level: past, present and future)*. Sevastopol: MGI NAN Ukrainy, 210 p. (in Russian).
2. Ivus, HP, Semerhei-Chumachenko, AB, Agayar, EV (2009) *Do problemy typizatsiyi synoptichnykh protsesiv nad pivdnem Ukrayiny u suchasnykh umovakh (To the problem of typification of synoptic processes over the south of Ukraine in modern conditions)*. Prychornomors'kyi ekolohichnyy zhurnal (Black Sea Ecological Journal), 2 (24), 142-145. (in Ukrainian).
3. Ivus, HP, Agayar, EV, Hurska, LM, Semerhei-Chumachenko, AB (2016), *Tsyrukulyatsiyini umovy vynyknennya syl'noho ta stykhiynoho vitru nad Pivdennym Zakhodom Ukrayiny (Circulation conditions of strong and elemental wind over southwestern Ukraine)* Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal (Ukrainian Hydrometeorological Journal), 17, p. 38-48. (in Ukrainian).
4. Ivus G P, Ahayar E V, Hurska L M, Semerhey-Chumachenko A B, Zubkovych S O. (2017), *Komparativne karakteristike mikrocirkulacijskih procesa sjeverozapadne oblasti Crnomorske regije koje doprinose pojačanju prizemnog vjetra (The comparative characteristic of macrocirculation processes of the Northwest Black Sea region, which contribute to surface wind strengthening)*. Hrvatski meteorološki časopis (Croatian Meteorological Journal), 52, p. 3-11. <https://hrcak.srce.hr/en/clanak/296779>.
5. Tuchkovenko YU.S, Matyhin OS, Chepurna, V.YU, (2020), *Prohnozuvannya shtormovykh vidhinno-nahinnykh kolyvan' rivnya morya v portakh Odes'koho rayonu pivnichno-zakhidnoyi chastyny Chornoho morya (Forecasting of storm-driven sea level fluctuations in the ports of the Odesa region of the northwestern part of the Black Sea)* Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal (Ukrainian Hydrometeorological Journal), 25, p. 105-114. (in Ukrainian) <https://doi:10.31481/uhmj.25.2020.10>.
6. Archive of synoptic charts (2024), Retrieved from: https://wetter3.de/archiv_gfs_dt.html.
7. Varbanets T., Shepel V. (2019), *Ship Navigation in the Northern part of the Black Sea. Gales*. Association agreement: driving integrational changes. Collective monograph. Chicago: Accent Graphics Communications, p. 606-616. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3346533.
8. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2024) Retrieved from: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetterkarte>.