

Монін В. Л., Хлестова О. А., Бурко В. А., Єлістратова Н. Ю.

ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ РІЗЬКИХ АТИПОВИХ КОЛИВАНЬ РІВНЯ ВОДИ В ТАГАНРОЗЬКІЙ ЗАТОЦІ АЗОВСЬКОГО МОРЯ

У статті наведено дослідження впливу різних факторів на явище атипових коливань рівня води на Азовському морі, аналіз причин виникнення таких хвиль, їх вплив на прибережні зони. На підставі даних мореграфів, метеостанцій, даних аеро - та фото фіксажу представлено аналіз події 19 липня 2017 року, коли в Білосарайській затоці спостерігалось аномальне відходження води, що можна кваліфікувати як явище атипових коливань рівня води.

Проведено аналіз геологічної будови дна Азовського моря щодо виявлення природи явища атипових коливань рівня морської води на досліджуваній ділянці. Визначено складність прогнозування явища атипових коливань рівня води через їхню локальність та залежність від багатьох факторів, відсутність чіткої уяви їх походження. Однак, використання сучасних технологій, таких як мореграфи та супутникові знімки, дозволяє підвищити точність прогнозів та оцінити екологічні ризики від явища атипових коливань рівня води.

Ключові слова: *явище атипових коливань рівня води, згінно-нагінні явища, мореграф, фотофіксація, геологічні процеси.*

Постановка проблеми. В результаті різких змін атмосферного тиску і сильних вітрів може утворитися потужний потік атипових хвиль, що обрушуються на берег. При цьому виникають відносно невеликі, але потужні хвилі, які можуть спричинити значні руйнування в прибережних зонах. Виявляються такі небезпечні природні явища у результаті сильних вітрів. На відміну від великих хвиль, викликаних підводними землетрусами, атипові коливання рівня моря можуть бути спровоковані як місцевими течіями в результаті взаємодії припливних і вітрових течій, що посилюють хвилювання мас води, так і при зсуві великих мас ґрунту під водою, підводних зсувів, що викликають локальне хвилювання поширюється як атипові коливання рівня моря.

Основні відмінності атипових коливань рівня моря від звичайних хвиль полягають у тому, що досліджувані коливання мають значно більшу довжину хвилі, ніж звичайні хвилі, що дозволяє їм долати великі відстані. При цьому швидкість розповсюдження атипових коливань рівня моря може досягати десятків кілометрів на годину. Крім того, ці явища мало вивчені та їх поведінка не може бути достатньо передбачуваною через вплив різних факторів, на відміну від звичайних хвиль. Незважаючи на свої відносно невеликі розміри, атипові коливання рівня моря можуть завдати серйозної шкоди прибережним районам.

Вивчення та розуміння механізмів виникнення та поширення атипових коливань рівня води на Азовському морі дозволяє розробляти більш точні системи раннього попередження, ефективні заходи щодо захисту прибережних зон, такі як будівництво хвилерізів, зміцнення берегів та створення систем дренажу та, що важливо, оцінити ризики для населення та інфраструктури ймовірності виникнення атипових коливань рівня води у конкретних регіонах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В історії Азовського моря зафіксовано кілька випадків сильних нагонів води, які за своїми характеристиками можна зарахувати до атипових коливань рівня води. Особливо сильні нагони спостерігалися у 1969, 1978, 1985 та 2017 роках. Останнє природне явище 2017 року опинилося під пильним дослідженням вчених ДВНЗ «ПДТУ».

19 липня 2017 р., у період з 17-30 до 18-15, на березі Азовського моря в Білосарайській затоці спостерігалось рідкісне явище – сгон води та оголення дна на значну відстань. Час початку процесу визначити не вдалося, тому що відхід води був помічений лише при помітному падінні рівня моря о 17-38, досягнувши максимуму о 18-02. Надалі вода прибувала видимими потоками через осушені ділянки дна, досягнувши початкового рівня 18-15. Перший вал здався о 17-49, найбільшого розміру досягнув в 17-52.

Мета дослідження. Вивчення та розуміння механізмів виникнення та поширення атипових коливань рівня води на Азовському морі.

Основний матеріал дослідження. Треба сказати, що взагалі-то на Азовському морі звичайні місячно-сонячні припливи-відливи не спостерігаються (так зване безприливне море), зате часто бувають згінно-нагінні явища пов'язані з сильними вітрами або перепадами атмосферного тиску, які можуть зганяти або наганяти великі маси води, тимчасово суттєво змінюючи рівень моря. Згінно-нагінні явища досить докладно описані та вивчені. Особливо потужні такі явища спостерігаються в мілководній Таганрозькій затоці і на виході з неї (де і знаходиться Білосарайська коса та затока).

На Рис. 1 зафіксовано досить типовий вітровий згін у Білосарайській затоці в районі с. Юр'ївка при сильному східному вітрі, коли берегова лінія відійшла в середньому на 2-3 м. Буруни вдалині вказують на наявність підводних валів. Зрідка, раз на 20-30 років, у цьому районі трапляються екстремальні згінно-нагінні явища, коли берегова лінія може відходити на десятки або навіть сотні метрів (на мілководді), а рівень моря відчувати коливання більше метра, а в глибині Таганрозької затоки навіть кількох метрів. Але треба ще раз наголосити, що це явище (вітровий згін-нагін) охоплює дуже великі ділянки узбережжя.

У північній частині акваторії Азовського моря катастрофічні нагони води викликаються сильним вітром із півдня, південного заходу чи південного сходу, якщо вітер дме кілька днів поспіль. Відбувається підйом рівня моря на 1,5 - 2,5 м, затоплюються пляжі та низькі береги, руйнуються будови. Розмив берега за таких умов буває в масштабах, що перевищують величину середньорічного розмиву у кілька разів. Катастрофічні нагони води спостерігалися 12 - 15 липня 1969 р., 12 - 15 травня 1978 р. і 5 - 6 липня 1985 р. Найбільш значним був нагін води в 1978 р. Рівень моря в районі м. Маріуполь піднявся на 2 м, в районі м. Таганрог – на 2.5 м. Вимірювання в абразійних створах показали, що за чотири дні було розмито стільки ж матеріалу, скільки за попередні три роки разом узяті.

5 - 6 липня 1985 р. на Білосарайській косі, сила шторму досягала 7 - 8 балів, рівень моря піднявся на 1,6 м. Вода затопила більшу частину коси, присадибні ділянки, пансіонати. Відпочиваючі з багатьох пансіонатів були терміново евакуйовані. Розмив південно-східного берега коси за дві доби повсюдно досяг 1,5 - 2,5 м. У трьох місцях південно-східний піднесений край коси був розмитий і вода бурхливими потоками прямувала на основну низовину коси, покривши її шаром 0,3 - 0,5 м.

Подібні різкі згінно-нагінні коливання рівня раніше були зафіксовані Азовською науково-дослідною станцією (АНДС) у Білосарайській затоці (31.08.97р.). При проходженні атмосферного фронту протягом півгодини значення рівня збільшилися на 60 см, а потім протягом наступної години знизилися на 110 см. У момент згінно-нагінних коливань рівня, швидкості течії досягали, за нашими спостереженнями, досить високих значень (3,5 м/с). При цьому оголилися вершини підводних валів. Коливання рівня моря спостерігалось і в інших місцях узбережжя, наприклад, у м. Маріуполі, що відповідає екстремальному, але типовому згінно-нагінному явищу.

Особливість екстремального явища 19 липня 2017 р. в тому, що воно відбувалося тільки в Білосарайській затоці і не відзначалося ні в м. Маріуполь, ні в м. Бердянськ. Причому, за свідченням співробітників Ялтинської рятувальної станції (яка знаходиться в глибині затоки – найвужчої її частини), коливання рівня моря досягло 1,5 метрів.

Екологічна безпека

На рисунку 1- е та рисунку 2, де наведено профіль підводного схилу, чітко проглядаються п'ять основних підводних валів.



а)



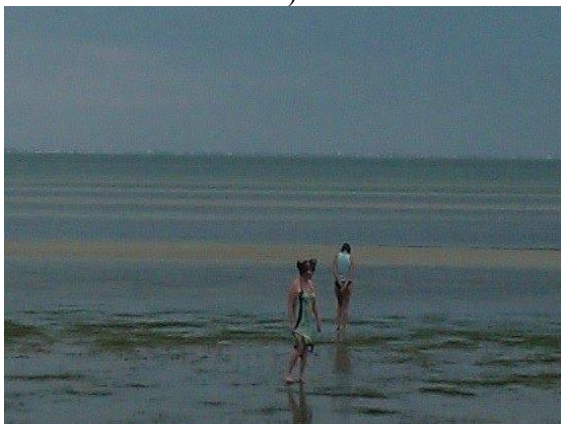
б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 1 – Спостереження ділянки від станції АНДС “ПДТУ”: а - під час звичайного вітрового згону; б) - під час розвитку нетипичного згону води; в) - дослідження дна затоки, при нетипичному згону води; в) - перший підводний вал з пляжу, що проглядається при вітровому згоні (вигляд у бік Білосарайської коси); г) - підводні вали, що проглядаються з висоти корінного берега незалежно від згону-нагону; д) під час явища з берега у бік Білосарайської коси проглядалися всі п'ять підводних валів; е) початок оголення першого підводного валу.

Екологічна безпека

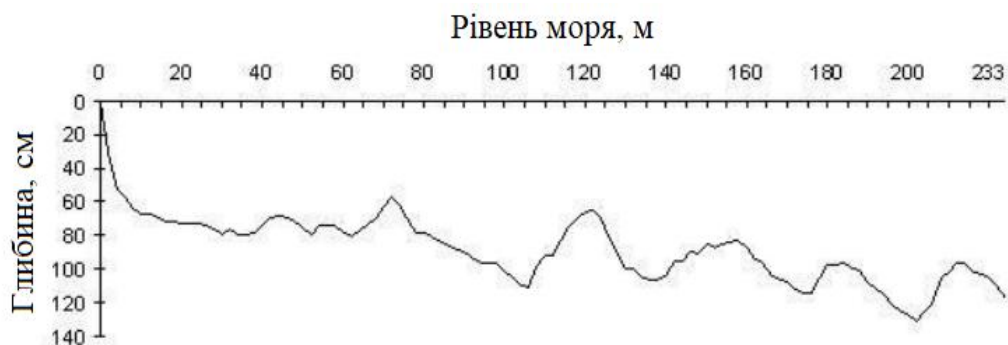


Рисунок 2 – Усереднений профіль підводного схилу на ділянці Азовської науково-дослідної станції (АНДС)

При аерофотозйомці підводні вали спостерігаються за будь-якої погоди незалежно від згінно-нагінних явищ.

Потім море повернулося до своїх берегів з характерним гуркотом бурунів на мілинах – все це відбувалося протягом 30-40 хвилин за свідченням очевидців.



Рисунок 3 – Аерофотозйомка ділянки узбережжя, що спостерігається в Білосарайській затоці

Ще раз наголосимо, особливість екстремального явища 19 липня 2017 р. у тому, що воно відбувалося лише у Білосарайській затоці та не відзначалося ні в м. Маріуполь (свідчення маріупольської гідрометеостанції), ні у м. Бердянськ (свідчення співробітників місцевої рятувальної станції).

Це дозволяє стверджувати, що це явище не відноситься до типових згінно-нагінних процесів Азовського моря, а швидше має тектонічне походження.

Геологічна будова дна та тектонічне походження Азовського моря відіграють важливу роль в утворенні та поширенні атипових коливань рівня морської води. Оскільки Азовське море є відносно мілководним і має складну геологічну історію, ці фактори значно впливають на його гідродинаміку та реакцію на зовнішні впливи. Рельєф дна може створювати умови для резонансу хвиль, що може збільшувати їхню амплітуду в певних точках. Підводні банки і пагорби можуть фокусувати хвильову енергію, збільшуючи її вплив на берегову лінію. Взаємодія хвиль з різними елементами рельєфу дна може спонукає до виникнення вторинних хвиль, які можуть бути більш руйнівними, ніж первинні, а рельєф дна може змінювати напрямок руху хвиль, що може викликати несподіване затоплення певних ділянок узбережжя. Так геоморфологічний аналіз берега і підводного берегового схилу дослідної ділянки

показує, що на заході місцевості у напрямку штучно створеного мису пляж звужується і в місці зчленування мису з берегом вклинюється. Штучний виступ берега має відносну висоту 2,5 – 3 м і є відсипанням, укріпленим з морського боку бетонними плитами та начерком гранітних брил в основі. Максимальна кількість брил зосереджена в прикореневій частині берегового виступу, там, де хвильове навантаження на берег при пануючому східному вітрі буде найбільшим. Поверхня морської акумулятивної тераси, складеної піщаними відкладеннями, зайнята сосновими посадками. Ширина її коливається від 150 до 200 м. Поверхня нерівна і має сліди еолової переробки. Ще ближче до моря смуга закріплених дюн змінюється субгоризонтальною поверхнею шириною 40-50 м, складеною світло-сірими дрібнозернистими пісками, місцями заросла трав'янистою рослинністю. Так як поверхня тераси постійно піддається антропогенній переробці в рельєфі, її неявно простежуються 2–3 стародавніх берегових валів. У східній частині експериментальної ділянки тераса обривається у морі уступом сучасного розмиву. Висота його не стала і коливається від 0,8 до 1,1 м. Розглянута ділянка розташовується на узбережжі Білосарайської затоки між селищами Ялта на сході та Юрїївка на заході. Безпосередньо в районі дослідження створу висота берегового уступу досягає 20-25 м. Зсувні процеси, характерні для стрімких берегів північного берега Азовського моря, на даній ділянці не виявляються. Дві стародавні зсувні тераси, добре виражені в рельєфі, задерновані і густо поросли чагарником та окремими деревами. Нижче зсувних терас розташовується слабо нахилена поверхня у бік моря. На рисунку 4, наведено карти дослідної ділянки, що вказують на особливості геологічної будови дна та тектонічного походження Азовського моря.



Рисунок 4 – Картографічні дані досліджуваної ділянки: а) Азовського моря; б) Білосарайської затоки; в) Середземноморського басейну

Геологічна будова дна Азовського моря та прилеглої суші визначається насамперед наявністю двох великих структурних елементів (Рис.5). У північній частині розглянутої площі розташована окраїнова зона Російської платформи (Східно-Європейська платформа СЕП) з допалеозойською складчастою основою. Кордон між Російською та Передкавказькою епігерцинською платформами проходить північним берегом Азовського моря від Сивашів до Таганрозької затоки, огинає Єйський півострів і простежується у напрямку Сальська.

У межах окраїнної частини СЕП біля Азовського моря, як структурний елемент першого порядку виділяється південний схил Українського щита. Він входить у межі моря лише у його крайній північній частині. У структурному відношенні цей елемент є, монокліналь, що занурюється в південному напрямку. Глибина занурення докембрійського фундаменту досягає 1000-1200 м. Схили щита ускладнені значними амплітудою (до сотень метрів) диз'юнктивними порушеннями субширотного і субмеридіонального напрямів.



Рисунок 5 - Глибинні розломи Азовського моря.

Важлива тектонічна одиниця регіону, що розглядається, — Скіфська плита-СП (або Скіфська епіорогена зона, яка в межах України включає Передпідруджинський прогин, північно-західний шельф моря, Кримський півострів, обмежений на південному сході Кримськими горами, і більшість Азовського моря. На півночі СП межує з СЕП, відбувається субдукція СЕП під СП у південному напрямку та їх колізії. На південь від СП глибоководна частина Чорного моря складається з двох суббасейнів із тонкою високошвидкісною субокеанічною корою та глибиною до кордону Мохо (М) 20-30 км.

Азовське, також як і Чорне, відноситься до Середземноморського басейну, в якому в період, що спостерігається, відбувалися значні тектонічні явища (землетруси в Туреччині та Греції). Субмеридіональний глибинний активний розлом уздовж Білосарайської коси, що проходить через все море до Керченської протоки і далі колінеарний подіям на Азовському морі в Білосарайській затоці і є відлунням раннього (15 липня) та попереднього руйнівного землетрусу в Егейському морі в ніч на 21 липня [1,2] Згідно з повідомленням сейсмологів, в результаті землетрусу утворилося невелике цунамі в Егейському морі. Внаслідок землетрусу є постраждалі.

Згідно з повідомленням Геологічної служби США 15 липня о 20:30 за Грінвічем на острові Крит, Греція, стався землетрус. Таким чином, між 15 та 21 липнем у Середземномор'ї сталася серія сильних землетрусів.

Найближчі землетруси 19 липня 2017 р. за часом та місцем (повний список) [3,4].

<http://zempl.info/online/>

#	Час	МАГНІТУДА	МІСТО	ГЛИБИНА	ШИРОТА	ДОВГОТА
1547	18:21:22 UTC	2.5ML 2.5	WESTERN TURKEY	5 км	38.69	27.61
1548	18:11:20 UTC	2.2ML 2.2	WESTERN TURKEY	3 км	38.92	26.33
1554	16:53:24 UTC	3.8ML 3.8	WESTERN IRAN	10 км	31.54	49.69
1557	15:29:37 UTC	2.1ML 2.1	SOUTHERN GREECE	11 км	37.88	23.16
1558	15:17:58 UTC	2.9ML 2.9	EASTERN TURKEY	10 км	37.54	38.50
1559	15:16:12 UTC	2.9ML 2.9	WESTERN TURKEY	2 км	38.78	27.81
1561	14:51:46 UTC	2.ML 2.7	ROMANIA	118 км	45.35	26.39
1564	14:00:22 UTC	2.3ML 2.3	GREECE	13 км	39.25	21.03
1570	13:19:29 UTC	3.6ML 3.6	CAUCASUS REGION	10 км	43.57	44.43
1571	12:47:24 UTC	2.5ML 2.5	CRETE, GREECE	1 км	34.81	25.35
1573	12:42:41 UTC	2.9ML 2.9	WESTERN TURKEY	10 км	38.83	27.79

Для виявлення та дослідження таких явищ, як припливи, відпливи, шторми та, зокрема, атипові коливання рівня морської води використовується мореограф (або мареограф), який

безперервно фіксує зміни тиску, які виникають при коливаннях рівня води в морі та записує їх. Сучасні мореографи часто оснащені датчиками, які вимірюють не тільки висоту хвилі, але й температуру води, солоність та інші параметри [5]. Мореограф дозволяє зафіксувати навіть незначні, але аномальні коливання рівня води. Дані, зібрані мережею мореографів, використовуються для створення баз даних, які дозволяють проводити статистичний аналіз і розробляти моделі прогнозування атипових коливань.

Данні маріографа на станції в порту м. Маріуполя зафіксували короткочасне коливання рівня моря (Рис. 6), нетипове для звичайних вітрових процесів (Рис. 7, 8).

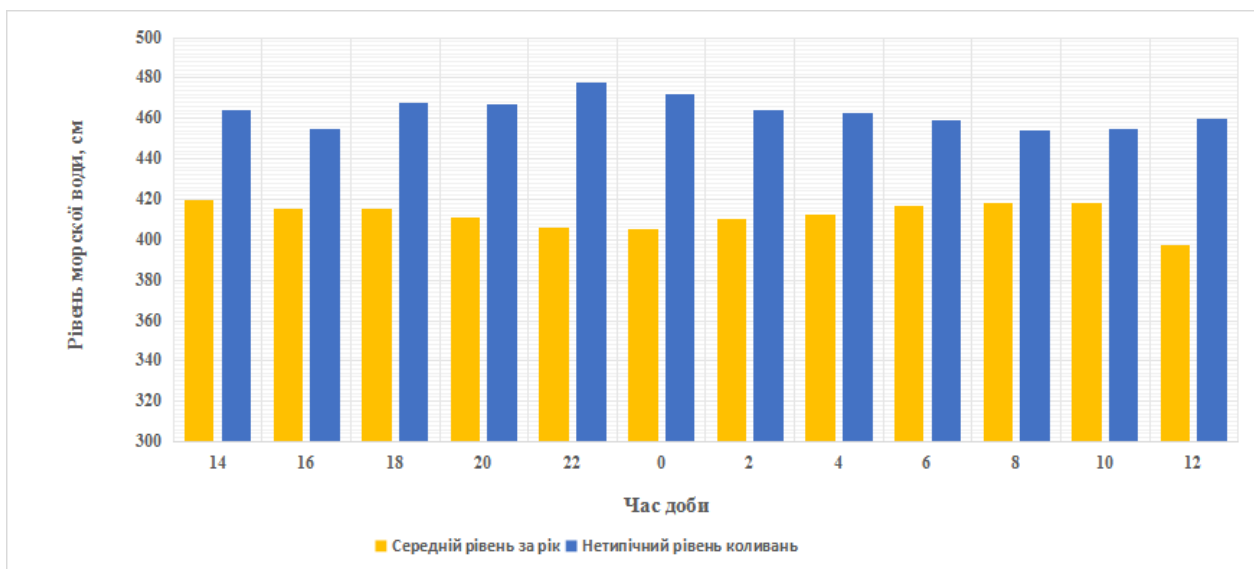


Рисунок 6 – Покази маріографа на станції у порту м. Маріуполя 19 липня 2017р.

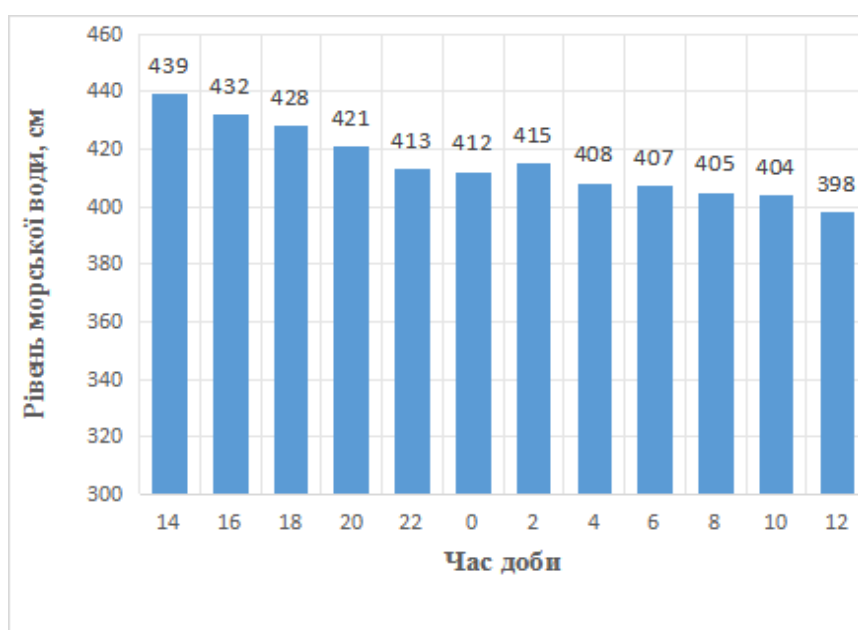


Рисунок 7 – Показання маріографа на станції порту м. Маріуполя при типово вітровому згоні.

Екологічна безпека

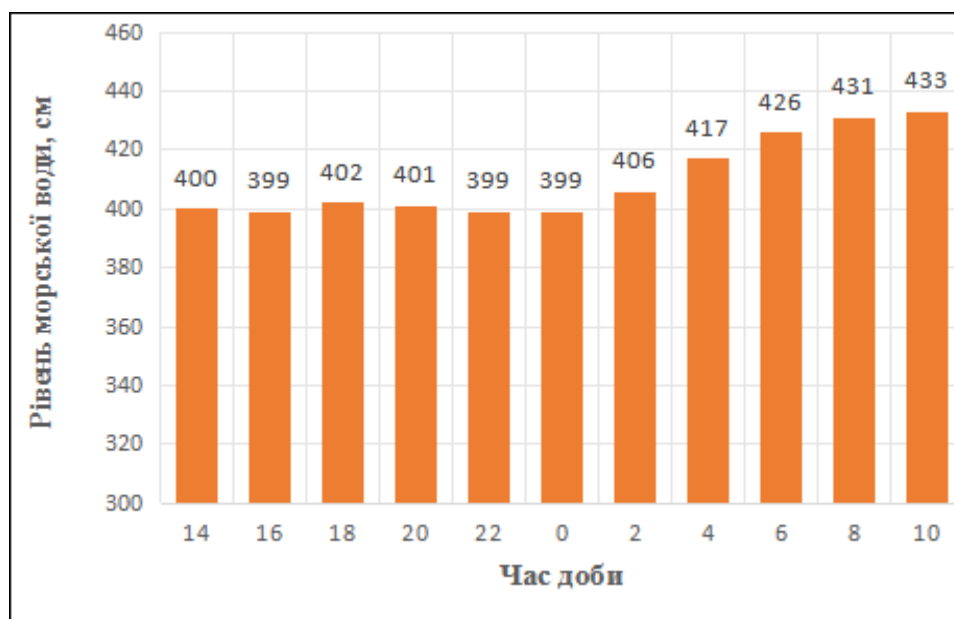


Рисунок 8 – Показання маріографа на станції порту м. Маріуполя при типово вітровому нагоні.

Метеодані та синоптичні дані відіграють ключову роль у дослідженні атипових коливань рівня морської води. Вони допомагають виявити причинно-наслідкові зв'язки між атмосферними процесами та утворенням небезпечних явищ, а також прогнозувати їх появу. Для цього визначаються умови, що сприяють утворенню атипових коливань рівня морської води, а саме: метеодані дозволяють виявити райони з сильними і постійними вітрами, які можуть викликати значні хвилювання на поверхні води. Метеорологічні супутники та радары дозволяють відстежувати розвиток штормів і ураганів, які часто супроводжуються утворенням атипових коливань рівня морської води. Досліджене природне явище супроводжувалося метеоумовами що наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Метеорологічні умови (19 липня 2017 р. Донецька область)

Параметр	Значення параметру
Вітер північної чверті (ПЗ-ПС), м/с	до 11,0
Температура повітря, °С	max 29,6; min 19,2 сер. 24,4;
Температура води по часах, °С	06 ⁰⁰ - 23,44 ; 12 ⁰⁰ -24,6 ; 18 ⁰⁰ - 23,5 ; (середня 23,5)
Солоність, ‰	11,82
Щільність, г/см ³	1,0050

Аналіз синоптичних карт допомагає ідентифікувати атмосферні фронти, які можуть спричинити різкі зміни атмосферного тиску та, як наслідок, утворення атипових коливань рівня морської води. Для цього використовуються синоптичні карти атмосферного тиску, ізобари, фронти, ізотерми, дані про хмарність, що впливає на теплообмін між атмосферою і

океаном, та дані про опади, що можуть змінювати щільність води і впливати на утворення атипових коливань (Рис. 10).

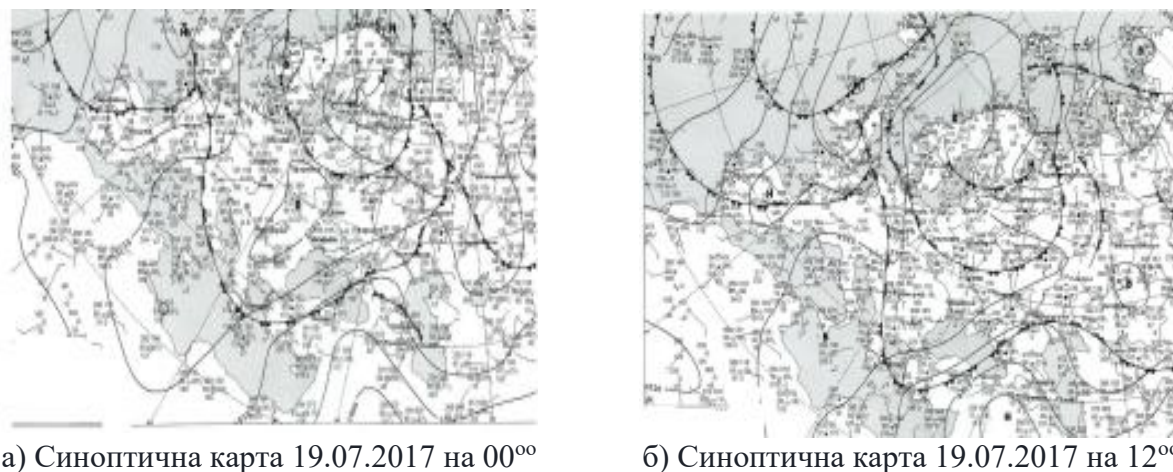


Рисунок 10 – Синоптичні карти 19.07.2017

Таким чином, встановлені фактори впливу на утворення атипових коливань рівня морської води показують, що прогнозування атипових коливань - це завдання, яке значно складніше, ніж прогнозування великих хвиль, тому що атипові коливання мають відносно невелику висоту хвилі, що ускладнює їх виявлення та точний вимір. Крім того виникнення атипових коливань часто пов'язане з локальними геологічними особливостями та метеорологічними умовами, що робить їхню поведінку менш передбачуваною. А існуючі глобальні системи спостереження, для атипових коливань морської поверхні розвинені набагато слабше. Однак, незважаючи на складності можливо прогнозування атипових коливань за допомогою комп'ютерних моделей, що симулюють їх виникнення та розповсюдження, враховуючи різні фактори, такі як рельєф дна, форма берегової лінії та метеорологічні умови з використанням аналізу сейсмічних даних та супутникових даних. Прогнозування атипових коливань морської поверхні є складним завданням, що потребує подальших досліджень та розвитку технологій. Однак, існуючі методи дозволяють підвищити точність прогнозів та знизити ризик, пов'язаний із цими природними явищами.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження закономірностей виникнення атипових коливань рівня моря та факторів, що впливають на їх утворення може бути використано для зниження наслідків атипових коливань рівня моря таких як: затоплення особливо вразливих низовинних ділянок узбережжя, загибелі людей та плавзасобів навіть на мілководді, порушення донної екосистеми.

2. Визначення екологічних ризиків як результату дії атипових коливань рівня моря, може бути використано при будівництві в небезпечних зонах й навіть сприяти забороні на будівництво в зонах, схильних до максимального ризику коливань.

3. Однозначно встановити, які з перелічених факторів, що впливають на атипових коливання рівня моря на даний час встановити неможливо. Це потребує подальших науково-експериментальних досліджень.

Список використаних джерел

1. П. В. Анахов. Збудження землетрусів у літосфері азово-чорноморського басейну сейшовим деформації дна/Геодинаміка 1(20)/2016 https://www.researchgate.net/publication/321248321_GEODYNAMICS
2. Matishov G. G., Inzhebeikin Y. I. Numerical Study of Azov Sea Level Seiche Oscillations. *Oceanology*, 2009, Vol. 49, iss. 4, pp. 445–452. doi: 10.1134/S0001437009040018.
3. Konikov E. Fluctuations of the Black Sea level in Neoeuxine-Holocene versus catastrophic flood hypothesis / E. Konikov, S. Fashevsky, G. Pedan // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. – № 3. – С. 55–69.
4. Gupta H. K. Artificial Water Reservoir Triggered Earthquakes / *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*. Editor: Gupta H. K. – Springer, 2011. – P. 15–24.
5. King, M. A., Padman, L., Nicholls, K., Clarke, P. J., & Gudmundsson, G. H. "Ocean tides in the Weddell Sea: New observations on the Filchner-Ronne and Larsen C ice shelves" \Journal of Geophysical Research: Oceans, 2011 \DOI: 10.1029/2011JC006949.

Monin V.L., Khlietova O.A., Burko V.A., Yelistratova N.Yu.

CAUSES AND CONSEQUENCES OF SHARP ATYPICAL WATER LEVEL FLUCTUATIONS IN THE TAGANROZ BAY OF THE SEA OF AZOV

The influence of various factors on the phenomenon of atypical water level fluctuations in the Sea of Azov, the analysis of the causes of such waves, and their impact on coastal zones are investigated. An analysis of the event on July 19, 2017, when anomalous discharge of water was observed in the Bilosaray Bay, which can be qualified as a phenomenon of atypical fluctuations in the water level, was conducted on the basis of data from tide gauges, weather stations, data from aerial and photo capture.

An analysis of the geological structure of the bottom of the Sea of Azov was carried out in order to identify the nature of the phenomenon of atypical fluctuations of the sea water level in the studied area. The difficulty of forecasting the phenomenon of atypical fluctuations of the water level due to their locality and dependence on many factors, the lack of a clear idea of their origin was determined. However, the use of modern technologies, such as sea charts and satellite images, makes it possible to increase the accuracy of forecasts and assess environmental risks from the phenomenon of atypical water level fluctuations.

Keywords: *Phenomenon of atypical water level fluctuations, contraction-expansion phenomena, marigraph, photographic fixation, geological processes.*

Стаття надійшла 24.10.2024 р.