

Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей

Гидрометеорологический центр
Черного и Азовского морей
Государственной гидрометеорологической
службы Украины

2018 г.

№2(22)



65009, г. Одесса, Французский бульвар, 89, тел. 63-64-17, факс 63-16-10
e-mail: odessabul@ukr.net

СОДЕРЖАНИЕ

Чепурна В., Матигін А. Довгостроковий прогноз льодових явищ на акваторіях морів України на підставі прогнозу аномалій температури повітря.....	3
Чепурна В., Гаврилук Р., Матигін А. Короткостроковий фізико-статистичний метод прогнозу рівня моря у портах України (Чорноморськ, Южний).....	20
Гаврилук Р. В. Льодові явища в Чорному і Азовському морях і їх прогнозування в умовах кліматичних змін.....	32
Вовкодав Г. М., Саченко І. С. Загальний стан і проблема групи Тузловських лиманів.....	51
Вовкодав Г. М., Саченко І. С. Проблеми збалансованого природокористування в групі Тузловських лиманів.....	54
Чугай А. В., Джура О. С. Аналіз гідрохімічного режиму поверхневих вод Одеської області.....	57
Чугай А. В., Джура О. С. Антропогенні фактори впливу на поверхневі води Миколаївської області.....	64
Нагаєва С. П., Кот Я. С. Оцінка якості вод малих річок басейну Дністра в Одеській області.....	67
Даус М. Є., Гречка С. В. Гідрохімічні показники та якість води оз. Ялпуг-Кугурлуй.....	70
Ломакін П. Д. Грунтові звалища в Керченській протоці як джерела забруднення водного середовища.....	76
Сукманський О., Ляшенко Г. В. Характеристика ресурсів тепла і вологи на півдні Одеської області.....	85
Нажмудінова О. М. Особливості формування заморозків на території Кропивницької області у 2013-2017 рр.....	91

4. Абузяров З. К., Думанская И. О., Нестеров Е. С. Оперативное океанографическое обслуживание: монография / Под ред. Е. С. Нестерова. — М., Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. — 288 с.
5. Иванов В. А., Миньковская Р. Я. Морские устья рек Украины и устьевые процессы: монография / МГИ НАН Украины. — Севастополь, 2008. — 806 с.
6. Ukraine NMME seasonal forecast products/ National Weather Center. Climate Prediction Center. USA. URL: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/international/nmme/ukraine_seasonal/nmme_ukraine.shtml (дата звернення 15.08.2018)
7. Seasonal Forecast / South East European Climate Change Center (SEEVCCC) URL: www.seevccc.rs (дата звернення 23.09.2018).
8. Настанова по службі морських гідрометеорологічних прогнозів. Видання офіційне. — К., 2018.

Чепурна В., Гаврілюк Р., Матизін А.

КОРОТКОСТРОКОВИЙ ФІЗИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУ РІВНЯ МОРЯ У ПОРТАХ УКРАЇНИ (ЧОРНОМОРСЬК, ЮЖНИЙ)

На сьогоднішній день прогнози рівня моря по портах Одеса, Чорноморськ та Южний регулярно не здійснюються. Тільки в разі штормових ситуацій із завчасністю 06-18 год. споживачам видаються попередження на підставі експертних оцінок синоптичної ситуації та її розвитку фахівцями відділу морських та річкових гідрометеорологічних прогнозів Гідрометцентру Чорного і Азовського морів (ГМЦ ЧАМ), Гідрометбюро (ГМБ) п. Чорноморськ, гідрометеостанції (ГМС) п. Южний.

Методики прогнозу рівня моря в портах, що пропонувалися в 1980-х рр. для використання в оперативній роботі на практиці використовуються тільки як консультативні [1; 2].

Короткострокові прогнози неперіодичних коливань рівня моря можуть даватися по пунктам (в см над рівнем поста), в основному, за запитами морегосподарських організацій на договірній основі.

Ідея методики висвітлена в [1; 2]. Для верифікації та адаптації фізико-статистичного методу прогнозу рівня моря в портах Чорноморськ і Южний були використані дані спостережень над рівнем моря в 2015, 2017 і 2018 рр.

Спочатку була зроблена спроба проводити прогноз рівня безперервно в часі, а не тільки для випадків різкої зміни рівня, що

перевищує 15 см за добу [1; 2]. На рис. 1 і 2 показані часові ряди прогностичних значень та похибок для різної завчасності прогнозів (24 і 30 годин — відповідно 5 і 6 прогностичних термінів) для п. Чорноморськ у січні 2015 р. Аналіз результатів показав, що такий “перманентний” варіант не може задовільно давати прогностичні значення рівня для всього діапазону його змін, абсолютні помилки прогнозів мали значення більше 40 см. Тому було вирішено доопрацювати вихідну методику, дещо модифікувавши її застосування.

Чорноморськ. Прогноз рівня. Січень 2015.

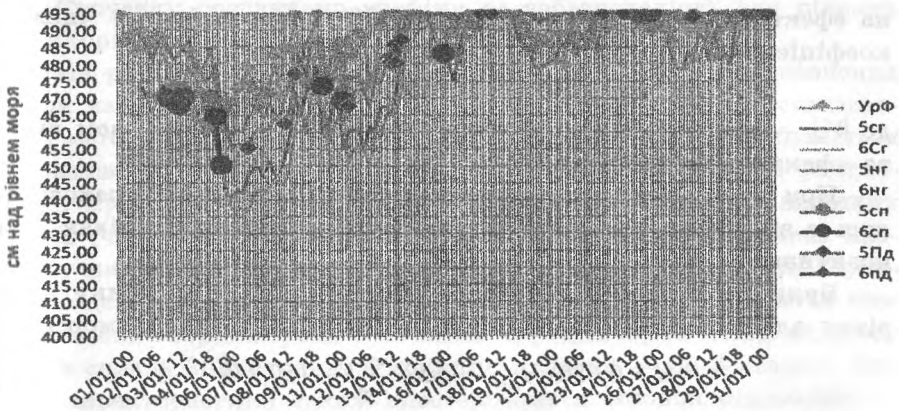


Рис. 1. Фактичні та прогностичні значення рівня моря в п. Чорноморськ при використанні рівнянь (3-6) і прогнозах із завчасністю 24 і 30 годин

Чорноморськ. Похибки. Січень 2015.

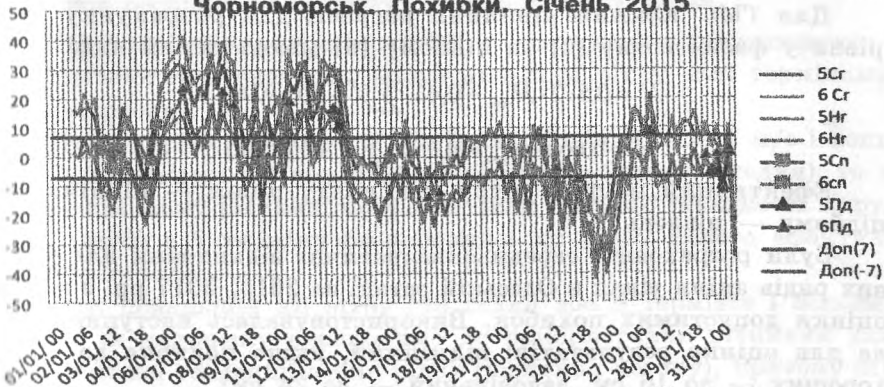


Рис. 2. Похибки при прогнозі рівня в п. Чорноморськ

Для дослідження використовувались дані строкових спостережень (00, 06, 12, 18 год.) за рівнем моря, напрямками та швидкістю вітру за 5 (24 год.) та 6 термінів (30 год.) на станції Чорноморськ за період 2006-2013 рр. та на станції Южний за період 2000-2011 рр.

Рівняння множинної регресії у загальному вигляді:

$$H = aH_{\text{поч}} + b \sum V + c \quad (1)$$

де H — рівень моря під час спаду або підйому; $H_{\text{поч}}$ — початкове значення рівня моря; $\sum V$ — сума проєкцій швидкості вітру на ефективний напрям за попередні 30 годин; a, b, c — числові коефіцієнти.

$$V = |V_n| \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

де $|V_n|$ — модуль швидкості вітру; φ — кут між напрямом вітру та ефективним напрямом.

При цьому вітри, що обумовлюють підйом рівня урахувались з від'ємним знаком, а ті, що обумовлюють спади рівня — з позитивним знаком.

Були розраховані рівняння регресії для розрахунку змін рівня для фаз спаду (3) та підйому (4) для ГМБ Чорноморськ:

$$H = 0,686 \cdot H_{\text{поч}} - 0,553 \cdot \sum V + 150,749 \quad (3)$$

$$H = 0,612 \cdot H_{\text{поч}} - 0,489 \cdot \sum V + 199,981 \quad (4)$$

Ефективний напрям вітру для спаду — північний захід, для підйому — південний схід.

Для ГМС Южний рівняння регресії для розрахунку змін рівня у фазах спаду (5) та підйому (6) мають такий вид:

$$H = 0,572 \cdot H_{\text{поч}} - 0,43 \cdot \sum V + 203,924 \quad (5)$$

$$H = 0,663 \cdot H_{\text{поч}} - 0,354 \cdot \sum V + 172,075 \quad (6)$$

Ефективний напрям вітру для спаду рівня — північ, для підйому — південь.

Були розраховані середньоквадратичні відхилення для часових рядів зміни рівня в Одеській затоці за 2015, 2017 рр. з метою оцінки допустимих похибок. Використовувалась наступна шкала для оцінка результатів: відмінний, якщо похибка до 7 см, хороших — до 16 см, задовільний — до 24 см).

Рівняння були перевірені в двох варіантах: а) з використанням максимальних значень швидкості вітру як запропоновано в початковому методі; б) з використанням середніх значень швидкості вітру за часовий період 6 год.

Для верифікації прогнозу та визначення похибок був обраний січень, бо в цей місяць спостерігаються великі спади та підйоми рівня, а також у січні, коли наочно видно як веде себе прогностичний рівень і змінюється прогноз в залежності від змін компонентів методу.

Спочатку розглянемо графіки та забезпеченість для рівнянь в використанні максимальної швидкості вітру.

На рис. 3-8 показані графіки, на яких на фактичні значення рівня накладені прогностичні значення, які отримані за стандартною методикою. Добре помітно, що з певного моменту відбувається запізнювання змін прогностичного рівня по відношенню до фактичного. Було помічено, що після тривалих відгінних або нагінних вітрів (через добу і більше) відбувається відставання значень прогнозу на деякий проміжок часу від фактичного рівня. Не характерно це тільки для літа. Як зазначалося в [1, 2], на пунктах спостережень Чорноморськ і Южний середня тривалість підйому рівня склала 30-35 годин, а тривалість спадів — 36-38 годин. Для цієї характеристики також спостерігається сезонна мінливість — найбільші значення припадають на зимовий період та досягають 39-40 годин, найменші — у літні місяці, 22-36 годин. Нижче описані "правила", за допомогою яких в певній мірі можуть враховуватися особливості фізичних процесів зміни рівня.

Відгінний вітер тривалої дії (в рівняннях використовуються прогностичні значення максимального вітру між термінами спостережень).

Якщо середні швидкості відгінних вітрів більше 7 м/с і вони мають тривалість дії понад шість термінів (понад 30 годин), то в прогностичному рівнянні змінюємо знак проекції швидкості вітру, починаючи з 7 терміну безперервної дії вітру даного ефективного напрямку.

При подальшій дії вітру (48 годин або 9 термінів і більше) такого ж напрямку переходимо до використання рівняння для протилежної тенденції зміни рівня (рівняння нагону), причому під знаком суми відбувається алгебраїчне підсумовування проекцій

швидкості вітру (тобто як би змінюємо ефективний відгінний напрямок на нагін). Таким чином, відбувається “управління” прогностичним рівнем за допомогою одного рівняння: спочатку описується процес відгону, потім уповільнюється швидкість зміни рівня. І тільки після цього використовуємо рівняння для нагону навіть при відгінних вітрах. При продовженні дії відгінного вітру ще більше ніж протягом доби — знову повертаємося до вищеприписаної схеми в зворотному порядку. Це пояснюється інерційністю водної маси Одеської затоки, яке описується хвильовими рухами в прибережній частині і має період близько 30-40 годин.

Процеси нагону для Одеської затоки мають меншу інерційність, тому, якщо нагінний вітер із середньою швидкістю понад 7 м/с діє понад 18 годин, то також двічі міняємо знаки в проєкціях, а потім починаємо використовувати рівняння для відгону.

Нейтральні вітри. Якщо при великих середніх швидкостях вітру переважають вітри нейтрального напрямку, то значні відгінно-нагінні коливання рівня моря малоймовірні.

В результаті застосування “правил” достовірність методу підвищилася на 15-30 % (табл. 1 — праворуч). На графіках 9-14 абсолютні значення похибок різко зменшилися: з 40-70 до 17-27 см, причому перевищення значень їх допустимого рівня 2 (16 см) відбувається тільки в одиничних випадках.

Таблиця 1.

Забезпеченість для прогнозу рівня за рівняннями без (ліворуч) та зі зміною знаку за встановленими правилами (праворуч) для станцій Южний (2017 р.) і Чорноморськ (2015, 2017, 2018) рр., з різними допустимими похибками

Пункт	За рівнянням без зміни знаку				За рівнянням зі зміною знаку за правилами			
	Чорноморськ		Южний		Чорноморськ		Южний	
Допустима похибка	7	16	7	16	7	16	7	16
Для спаду рівня 5 значень	39	73	34	74	64	86	60	88
Для спаду рівня 6 значень	34	69	32	70	67	86	62	82
Для підйому рівня 5 значень	32	68	37	72	73	90	62	90
Для підйому рівня 6 значень	30	63	42	68	61	88	59	89

Позначення на рис. 3-18: РівеньФакт — фактичний рівень моря; Спад (5 значень) — значення прогностичного рівня, розраховані за рівнянням для відгону для суми п'яти проєкцій вітру; Спад (6 значень) — те ж саме для шести проєкцій швидкості вітру; Підйом (5 значень) значення прогностичного рівня, розраховані за рівнянням для нагону для суми п'яти проєкцій вітру; Підйом (6 значень) — те ж саме для шести проєкцій швидкості вітру.



Рис. 3. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року

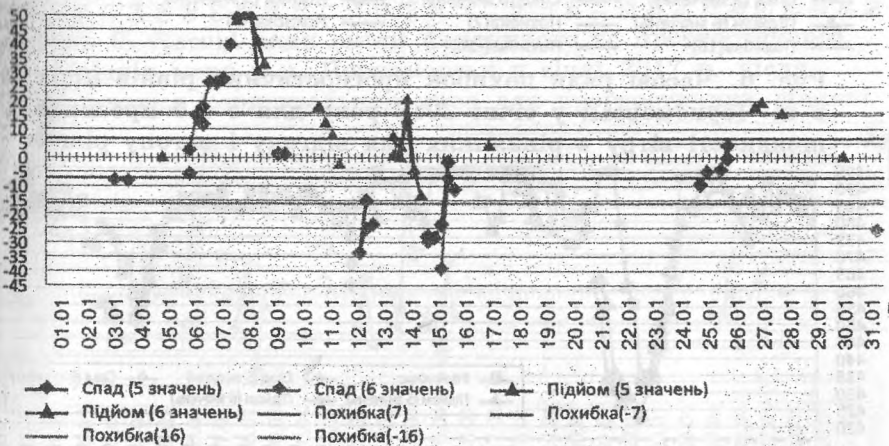


Рис. 4. Часові ряди розподілу похибок прогнозів рівня моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для згону і нагону рівня.

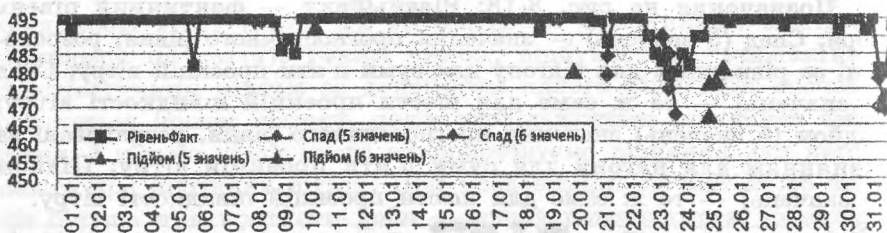


Рис. 5. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 року.

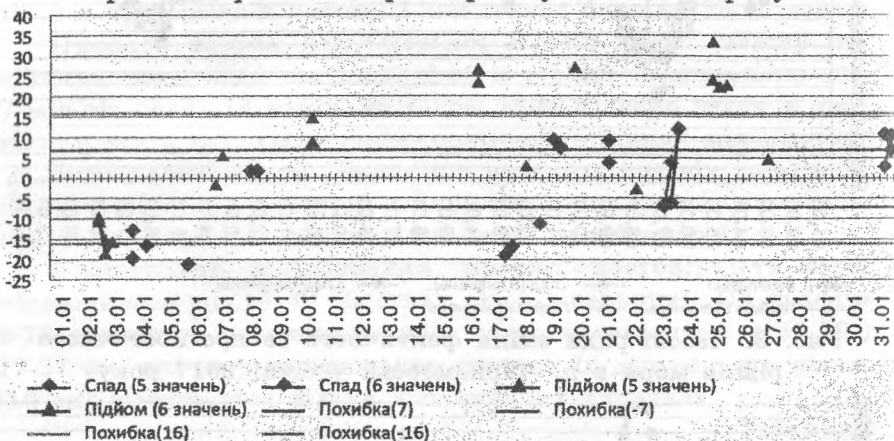


Рис. 6. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

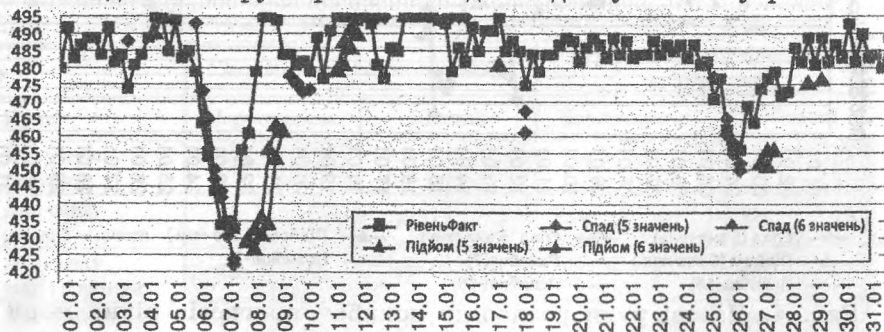


Рис. 7. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Южний у січні 2017 року

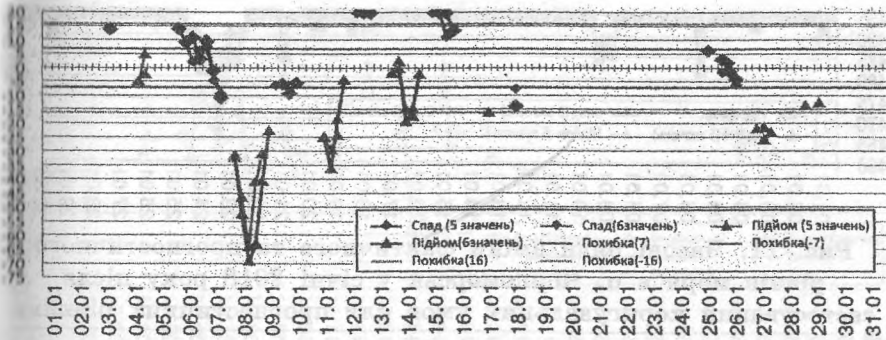


Рис. 8. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Южний у січні 2017 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

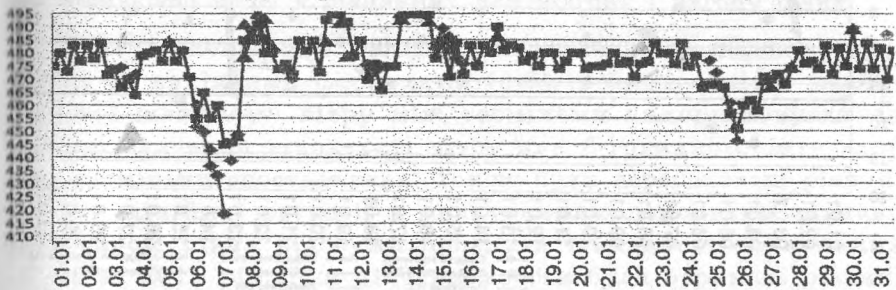


Рис. 9. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 р. після застосування коригувальних умов для прогностичних рівнянь

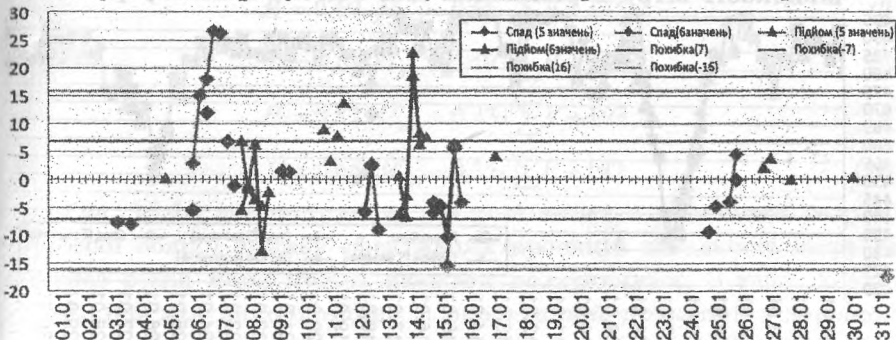


Рис. 10. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

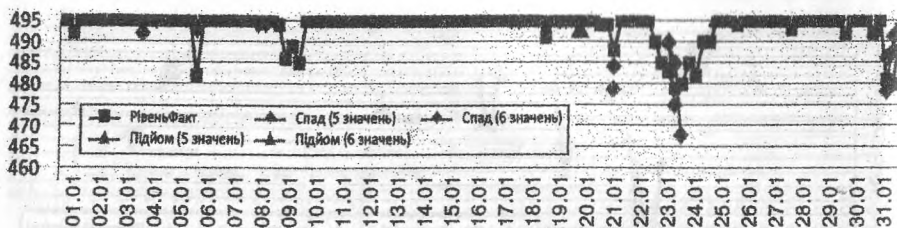


Рис. 11. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 року після застосування коригувальних умов для прогностичних рівнянь



Рис. 12. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

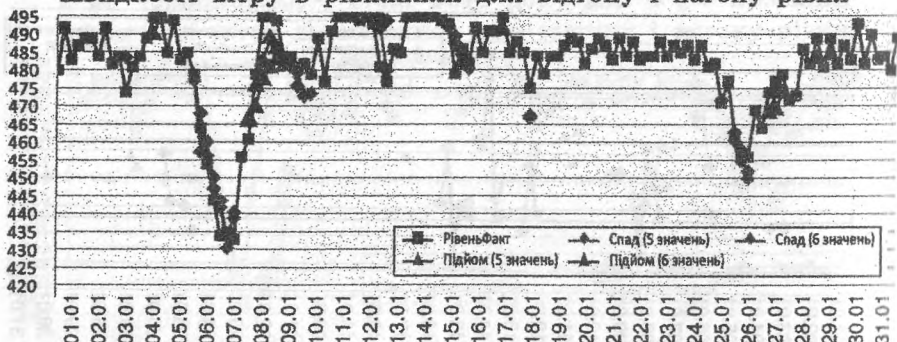


Рис. 13. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Южний у січні 2017 р. після застосування коригувальних умов для прогностичних рівнянь

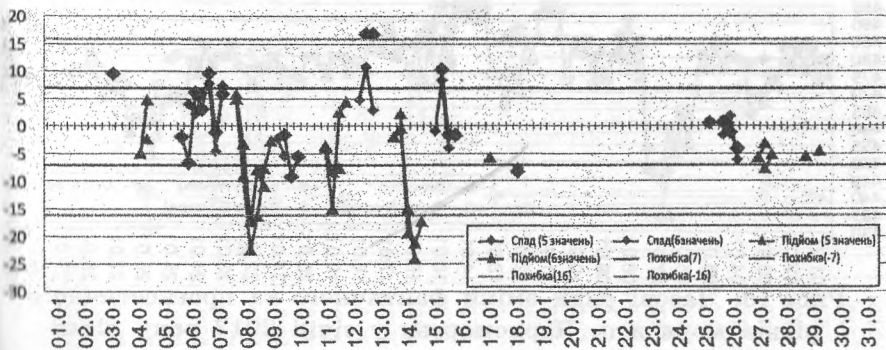


Рис. 14. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

Для удосконалення методики також були проведені розрахунки за вихідними формулами (3-6), в яких замість максимальної швидкості вітру між термінами використовувалися середні значення швидкості вітру для 6-годинного інтервалу між термінами спостережень. Також були перераховані рівняння для лінійної регресії з урахуванням доповнень значень залежності рівня від суми проєкцій швидкості ефективних вітрів за 2015 рік. Для п. Чорноморськ були отримані рівняння (7) і (8), для спаду і підйому рівня, відповідно, а для п. Южний — рівняння (9) і (10):

$$H = 0,69 \cdot H_{\text{поч}} - 0,55 \cdot \sum V + 145 \quad (7)$$

$$H = 0,61 \cdot H_{\text{поч}} - 0,49 \cdot \sum V + 209 \quad (8)$$

$$H = 0,57 \cdot H_{\text{поч}} - 0,43 \cdot \sum V + 193 \quad (9)$$

$$H = 0,66 \cdot H_{\text{поч}} - 0,35 \cdot \sum V + 182 \quad (10)$$

Рис. 15-18 демонструють, що такі зміни в рівняннях регресії і способі обліку впливу ефективних проєкцій швидкості вітру на прогноз рівня моря можна вважати позитивними. З табл. 2 випливає, що для використання в оперативній практиці з хорошою забезпеченістю можна застосовувати рівняння регресії (7-9). При тривалих згонах і нагонах також необхідно використовувати додаткові умови, які були описані вище.

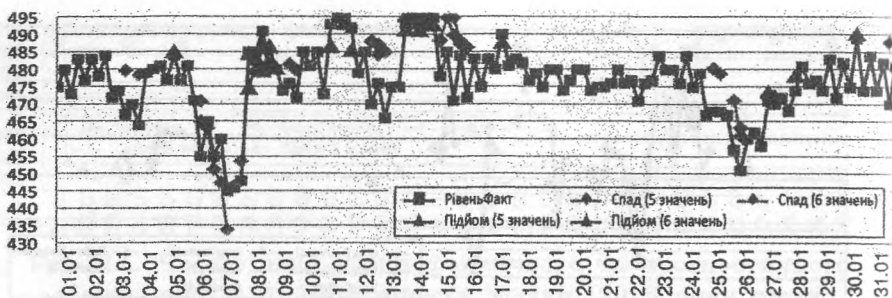


Рис. 15. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року після застосування скоригованих прогностичних рівнянь

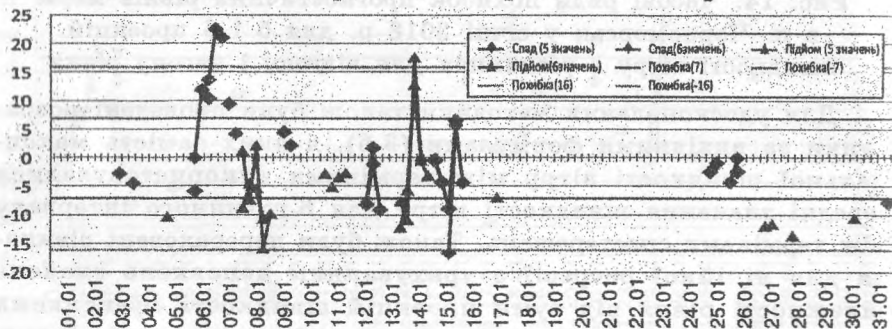


Рис. 16. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня



Рис. 17. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Южний у січні 2017 року після застосування скоригованих прогностичних рівнянь

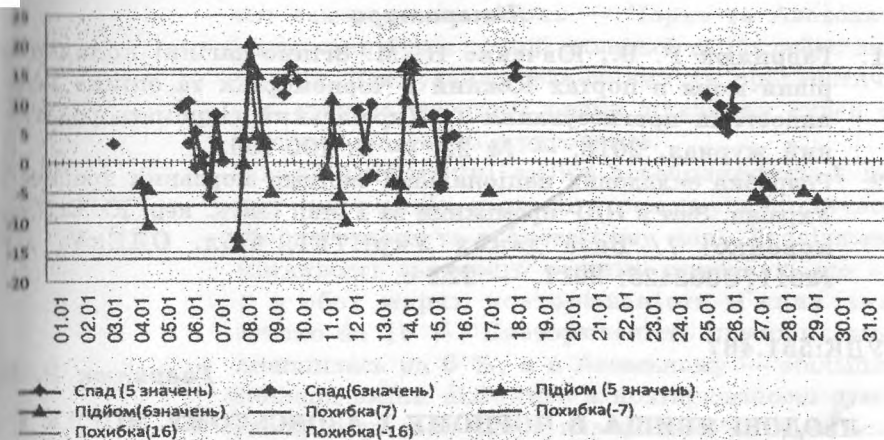


Рис. 18. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Южний у січні 2018 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

Таблиця 2.

Забезпеченість для прогнозу рівня зі зміною знаку за правилами та рівнянь для станцій Южний (2017 р.) та Чорноморськ (2015, 2017 рр. та 2018 — до жовтня включно), з різними допустимими похибками

Пункт	За рівнянням без зміни знаку				За рівняннями (3-6) зі зміною знаку за правилами				За рівняннями (7-10) зі зміною знаку за правилами			
	Чорноморськ		Южний		Чорноморськ		Южний		Чорноморськ		Южний	
Допустима похибка, см	7	16	7	16	7	16	7	16	7	16	7	16
Для спаду рівня 5 значень, %	25	66	45	84	31	79	64	82	65	89	74	90
Для спаду рівня 6 значень, %	23	73	43	83	33	82	62	78	65	92	73	89
Для підйому рівня 5 значень, %	66	89	28	75	60	85	49	85	80	95	65	91
Для підйому рівня 6 значень, %	57	88	34	75	58	87	48	80	78	93	63	93

Висновки: рекомендувати вищеописану методику для використання в ГМЦ ЧАМ для ГМБ Чорноморськ і ГМ Южний.

Література

1. Гаврилук Р. В., Ювченко Н. М. Згінно-нагінні коливання рівня моря в портах Южний і Чорноморськ та оцінка можливості їх прогнозування // Український гідрометеорологічний журнал, 2018. — № 22. — С. 100-106.
2. Розробка складових національної системи морських прогнозів України. Звіт з НДР проміжний за 1 етап (наук. кер. Ю. С. Тучковенко) // База даних УкрНТЕІ, бібл. ОДЕкУ. ДР №0117U002425, 2017. — 222 с.

УДК:551.467

Гаврилук Р. В.

ЛЬОДОВІ ЯВИЩА В ЧОРНОМУ І АЗОВЬСЬКОМУ МОРЯХ І ЇХ ПРОГНОЗУВАННЯ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

В північно-західній частині Чорного моря і в Азовському морі спостерігається щорічне формування льодового покриву. Льодові явища впливають на господарську діяльність в морських портах і прилеглих акваторіях, що обмежує судноплавство і вилов риби, а в суворі зими потребує використання криголазів. На теперішній час в прогностичній практиці рекомендовано використовувати методи прогнозу льодових умов, які розроблено в 80-х роках ХХ століття і не урахують кліматичні зміни, які відбулись в останні роки. Основним недоліком емпірико-статистичних методів є той факт, що статистичні залежності мають обмеження по "строку придатності", тобто прогностичні рівняння потребують оновлення та перерахунку з певною періодичністю. При цьому можлива заміна не тільки коефіцієнтів в прогностичних рівняннях, але ж й самих провісників. На основі спостережень за льодовими явищами в Чорному і Азовському морях виконано перевірка методу прогнозу дат появи льоду і дат очищення від льоду, яка показала незадовільні результати. Представлено нові модифіковані прогностичні рівняння, розрахунки за якими забезпечують більшу високу виправданість прогнозів в порівнянні з розробленими в минулому, а також відповідають умовам використання їх в практиці.

Ключові слова: Чорне море; Азовське море; льодові умови; кліматичні зміни; статистичні методи прогнозу льодових явищ.

1. Вступ

Льодовий покрив є одним з найбільш важливих факторів, який визначає стан поверхні моря. Дослідження та прогнозування його параметрів представляє не тільки науковий, але ж й великий практичний інтерес для морських галузей господарства.