

Державна гідрометеорологічна служба України

Гідрометеорологічний центр  
Чорного та Азовського морів

**ВІСНИК**

**ГІДРОМЕТЦЕНТРУ  
ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ**

**№ 1 (25)**

Одеса - 2021 / 2022

**Вісник Гідрометцентру Чорного та Азовського морів.  
Державна гідрометеорологічна служба України.  
— 2021/2022. — № 1(25). — 166 с. — Мови: укр., рос.**

**Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей.  
Государственная гидрометеорологическая служба Украины.  
— 2021/2022. — № 1(25). — 166 с. — Языки: укр., рус.**

***Редакційна колегія***

Головний редактор: Неверовський І. П.  
Члени редакційної колегії: Лаврентьева В. М.  
Драган А. М.  
Комп'ютерна верстка: Щеголева М. А.

**Адреса редакційної колегії:** Україна, 65009, м. Одеса,  
вул. Французький б-р, 89  
ГМЦ ЧАМ  
тел. (048) 795-25-09  
[www.odessabul@ukr.net](mailto:www.odessabul@ukr.net)

*Свідоцтво про держ. реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
серія ОД № 1690-561Р від 12.03.2013 р.*

## РОЗПОДІЛ КІЛЬКОСТІ ДНІВ З ТУМАНАМИ ПО СЕЗОНАХ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

**Вступ.** Вода — це дивовижна речовина. Вона є єдиною сполукою, що існує в природі у трьох агрегатних станах водночас: рідкому (вода), твердому (лід), газоподібному (пара). На поверхні Землі знаходиться  $1,3 \cdot 10^{18}$  тон води, з них 99,2 % припадає на Світовий океан. В атмосфері кількість води у вигляді пари, крапель і кристалів хмар становить  $1,3 \cdot 10^{13}$  тон, з яких 95 % припадає на пару. Вода — важлива складова частина атмосфери, оскільки випаровування і конденсація супроводжуються поглинанням і виділенням великої кількості енергії, від якої залежить багато видів рухів у атмосфері, які впливають на атмосферні процеси, а тому і на погоду. Загальна кількість опадів, які випадають з атмосфери за рік, дорівнює приблизно  $5 \cdot 10^{14}$  тон, що в 40 разів перебільшує загальний вміст води в атмосфері. Ця цифра свідчить про інтенсивність вологообміну між земною поверхнею і атмосферою.

Туман — це атмосферне явище, що полягає у скупченні продуктів конденсації водяної пари (дрібних крапель води, кристалів льоду або їхньої суміші), застиглих у повітрі безпосередньо над землею поверхнею, у приземному шарі атмосфери. Туман зменшує горизонтальну видимість до 1 км і менше, що викликано помутнінням повітря. Безперервна тривалість туманів, зазвичай, становить від кількох годин (іноді півгодини-годину) до декількох діб, особливо в холодний період року.

**Аналіз публікацій.** Тумани випаровування утворюються над поверхнею води або дуже зволоженої суші, коли температура цієї поверхні вища за температуру повітря. Частіш за все вони утворюються над відкритими від льоду ділянками води. Повітря, яке пересувається з льоду на водну поверхню, є значно холоднішим, ніж вода. Під впливом інтенсивного випаровування з водної поверхні, над нею утворюється туман. Швидкість випаровування  $W$  пропорційна різниці  $(E_0 - e)$ . Тобто, для того щоб почалось випаровування, потрібне виконання умови  $E_0 > e$ . Якщо температура поверхні, яка випаровує, вища за температуру повітря, то  $E_0 > E$ , тобто випаровування буде тривати і після того, як водяна пара стане насиченою, коли  $e = E < E_0$  ( $E$  — тиск насичення при температурі повітря).

Повітря над водною поверхнею прогрівається і розвивається інтенсивний турбулентний теплообмін і вологообмін. Але нестійкість розвивається лише в нижньому шарі. Вище цього шару інверсія зберігається. Через інверсію водяна пара затримується під нею і туман утворюється у нижньому шарі, від поверхні землі до інверсії [1-3].

Радіаційні тумани утворюються в результаті охолодження земної поверхні і прилеглих шарів повітря під впливом випромінювання і турбулентного перемішування. Після заходу сонця температура поверхні суші зменшується на  $1^{\circ}\text{C}$  за кожен годину. Зниження температури до  $\leq \tau$  призводить до конденсації водяної пари і утворення туману [1-3].

Сприятливі умови для утворення радіаційних туманів:

- відсутність хмар або наявність хмар лише верхнього ярусу (зростання кількості хмар і зменшення їхньої висоти призводить до зменшення ефективного випромінювання, що не сприяє охолодженню земної поверхні);
- висока відносна вологість у початковий момент; чим більша відносна вологість, тим менше охолодження, яке необхідне для того, щоб стан повітря став насиченим і утворився туман;
- мала швидкість вітру ( $c = 0$  або  $c = 1-2$  м/с).

Радіаційні тумани не бувають високими, максимум — до висоти 200-300 м, а частіше — менше 100 м. Розсіюються через 1,5-2 години після сходу сонця. Радіаційний туман утворюється над сушею при безхмарному небі і слабкому вітрі (або штилі) в результаті охолодження повітря, коли його температура становиться нижче температури туманоутворення. Для утворення туману сприяють слабке збільшення швидкості з висотою. Такі умови сприяють турбулентному переносу продуктів конденсації від земної поверхні вгору і підтримці у зваженому стані в приземному шарі повітря; в процесі перемішування вертикальна потужність туману збільшується [4-6]. Найбільш часто сприятливі умови для виникнення радіаційних туманів утворюються в антициклонах, їх відрогах, баричних утвореннях і сідловинах, рідше (головним чином влітку) — в полі зниженого тиску з невеликими баричними градієнтами.

Таким чином, при прогнозі радіаційних туманів необхідно враховувати тривалість нічного вихолодження, характер хмарного покриття (прогноз), швидкість і напрямок вітру (прогноз), вихідні

значення температури і вологості повітря, характер стратифікації повітряної маси.

Адвективні тумани утворюються в результаті адвекції теплого повітря на холодну поверхню. Відбувається теплообмін між повітряною масою і підстильною поверхнею, температура повітря знижується і пара досягає стану насичення і пересичення, утворюється туман.

Сприятливі умови для утворення адвективних туманів:

- велика різниця температури  $\Delta t$  між повітряною масою і землею поверхнею;
- велика вологість повітряної маси;
- помірні швидкості вітру (2-5 м/с); (якщо швидкість вітру велика, то сильний турбулентний обмін зашкоджує утворенню туману. При малій швидкості вітру повітря повільно переміщується і повільно охолоджується від підстильної поверхні);
- зростання або стале значення масової частки водяної пари з висотою;
- помітно стійка стратифікація і порівняно малий турбулентний обмін. Через це охолодження від земної поверхні розповсюджується дуже повільно, тому туман утворюється в дуже тонкому шарі біля земної поверхні. Потужність цього туману — декілька сотень метрів.

Частим випадком адвективних туманів є берегові тумани. Утворюється на суші взимку при вітрі з моря. Адвективні тумани найбільш інтенсивні і займають великі площі. Вони можуть тривати декілька діб [1-3]. Адвективний туман слід очікувати в тому випадку, коли по прогнозу синоптичного положення існують умови для адвекції теплого і вологого повітря на холодну підстильну поверхню. Адвективні тумани виникають в будь-який час доби, як правило, зимою або в перехідні сезони року при помітному потеплінні. При прогнозі адвективних туманів необхідно враховувати переміщення вже наявних зон туману, адвективні зміни температури і точки роси в приземному шарі, можливість зниження хмар до поверхні землі, а також охолодження повітря в процесі нічного радіаційного охолодження [4-6].

Загальними умовами виникнення адвективних туманів є:

- дефіцит точки роси біля поверхні землі повинен бути незначним (при  $D_0 > 3$  °C тумани не утворюються);

- швидкість вітру біля поверхні землі не повинна перевищувати  $8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  (за винятком Донецької області); при більшій швидкості вітру відбувається руйнування приземної інверсії і туману [4-6].

Тумани сходження (схилів) утворюються, коли повітряна маса піднімаючись по схилу адіабатично охолоджується, і на якійсь висоті  $z$ , де її температура стає рівною або меншою за точку роси, водяна пара конденсується і утворюється туман. При цьому стратифікація має бути стійкою, інакше замість туману будуть утворюватися купчасті хмари [1-3].

Вони утворюються, коли зустрічаються дві повітряні маси з різними властивостями. Для утворення туману змішування необхідно, щоб:

- різниця температури двох повітряних мас  $\geq 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- вологість обох повітряних мас близька до стану насичення;
- абсолютні значення температури обох повітряних мас достатньо великі.

Метою дослідження є аналіз режиму туманів на півдні України за період 2011-2020 рр. В якості вихідної інформації використовувалися дані щоденних спостережень за атмосферними явищами у визначених пунктах дослідження.

**Результати дослідження.** Для режиму туманів характерною особливістю є сезонна мінливість, аналіз якої був наступним кроком у дослідженні. В таблицях 1-4 представлено розподіл туманів по сезонах на станціях за період дослідження.

На станції Одеса взимку максимальна кількість днів спостерігалась в 2014 році та становила 25 днів, а також достатньо велику кількість зафіксовано у 2013 та 2019 роках — по 19 та 21 днів. Найменшу кількість було визначено протягом 2012 та 2016 років — 8 та 10 днів відповідно. Весною максимум днів виявлено в 2014 та 2018 роках — по 13 епізодів, а мінімум зафіксовано в 2012 році, який становить 5 днів. Невелику кількість можна спостерігати в 2020 році — 6 днів з туманами. Влітку максимальна кількість спостерігалась у 2020 році — 4 днів, в 2011 та 2012 роках визначено по 2 дні з туманами. Протягом 20013 та 2019 років влітку туманів не зафіксовано. Восени максимум визначено у 2020 році — 10 днів, а мінімальна кількість спостерігається у 2011 році — 1 день. Достатньо велику кількість зафіксова-

но в 2013 і 2019 роках, яка становить по 9 днів в кожному з наведених років. Протягом 2015-2018 років виявлено невелику кількість — 2-3 дні.

Таблиця 1.

Сезонна мінливість кількості днів з туманами в Одесі  
за період 2011-2020 рр.

Сезон	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всього
Зима	13	8	19	25	18	10	12	18	21	14	158
Весна	11	5	8	13	10	10	8	13	7	6	91
Літо	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	8
Осінь	1	8	9	8	3	2	3	3	9	10	56
Всього	27	23	36	46	31	22	23	34	37	34	313

Сезонний розподіл кількості днів з туманами свідчить, що найбільша за період дослідження кількість спостерігалась взимку — 158 днів, що становить більше 50 % від загальної кількості. Весною було зафіксовано в Одесі за період в 10 років 91 день з туманами. Наступним по кількості туманів є осінній сезон, протягом якого було виявлено 56 випадків. Мінімальну кількість визначено влітку — 8 днів.

Для Херсону характерним є наступний розподіл туманів за сезонами (табл. 2). Взимку максимальна кількість днів спостерігалась в 2015 році і становила 24 дні. Велика кількість днів з туманами зафіксована в 2014, 2016 та 2018 роках — 22, 20 та 21 випадок відповідно. Найменшу кількість було визначено в 2012 та 2017 роках — по 11 днів. Весною максимум днів виявлено в 2014 році 14 днів, а мінімум зафіксовано в 2015 — 2 дні. Протягом 2020 року жодного дня не виявлено. Влітку максимальна кількість спостерігалась у 2017 році та становить 8 днів, по 2 дні з туманами виявлено в 2016 й 2020 роках. Мінімальна кількість в 1 день зафіксована у 2011 році, а з 2012 по 2015 та з 2018 по 2019 роки туманів взагалі не виявлено. Восени максимум визначено в 2013 році — 20 днів, а мінімум у 2011 році — 7 днів.

Дослідження сезонного ходу кількості днів з туманами дає можливість стверджувати, що найбільша кількість туманів формується взимку — 169 днів, що становить більше половини від загального розподілу. Восени цей показник має значення 113 випадків, весною він складає 68 дні. Мінімальне число випадків було виявлено влітку — 13 днів.

Таблиця 2.

Сезонна мінливість кількості днів з туманами в Херсоні  
за період 2011-2020 рр.

Сезон	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всього
Зима	14	11	17	22	24	20	11	21	16	13	169
Весна	5	5	5	14	2	11	7	9	10	0	68
Літо	1	0	0	0	0	2	8	0	0	2	13
Осінь	7	9	20	8	11	9	13	11	12	13	113
Всього	27	25	42	44	37	42	39	41	38	28	363

Взимку в Миколаєві (табл. 3) максимальна кількість спостерігалась в 2014 році і становила 30 днів. Велика кількість днів з туманами зафіксована в 2015 й 2019 роках — 26 і 27 днів відповідно. Найменшу кількість було визначено в 2017 році — 11 днів. Весною максимум днів виявлено в 2018, 2016 і 2014 роках — 15 і по 13 днів відповідно, а мінімум зафіксовано в 2017 році — 4 дні і по 5 днів у 2011 й 2015 роках. Влітку максимальна кількість спостерігалась у 2017 і 2020 роках та становить по 2 дні. Мінімальна кількість в 1 день зафіксована у з 2011 по 2014 та в 2018 році. В 2015, 2016 та в 2019 роках туманів взагалі не зафіксовано. Восени максимум визначено 2013 та 2019 роках по 23 випадки, а мінімум у 2016 році — 2 дні. Дослідження сезонного ходу кількості днів з туманами дає можливість стверджувати, що найбільша кількість за період 2011-2020 рр. спостерігалась взимку — 210 днів, що становить половину від загального розподілу. Восени цей показник має значення 119 випадків, весною він складає 84 дні. Мінімальне число випадків було виявлено влітку — 9 днів.

Таблиця 3.

Сезонна мінливість кількості днів з туманами в Миколаєві  
за період 2011-2020 рр.

Сезон	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всього
Зима	18	16	23	30	26	16	11	21	27	22	210
Весна	5	8	6	13	5	13	4	15	8	7	84
Літо	1	1	1	1	0	0	2	1	0	2	9
Осінь	7	17	23	9	7	2	12	7	23	12	119
Всього	31	42	53	53	38	31	29	44	58	43	422

В табл. 4 наведено інформацію про сезонний розподіл режиму туманів на півдні України. На станції Одеса найбільша

кількість днів спостерігається взимку і становить 160 випадків. Весною та восени зафіксовано 91 і 55 днів з туманами відповідно. Сезон, в якому виявлено мінімум даного показника — літо. Кількість днів з туманами влітку становить 7.

На станції Миколаїв найбільшу кількість днів зафіксовано взимку і становить 212 випадків. Восени та весною визначено 117 і 84 дні з туманами відповідно. Сезон, в якому виявлено мінімум даного показника — літо. Кількість днів з туманами влітку становить 9.

На станції Херсон максимум кількості днів спостерігається взимку і становить 174 випадки. Восени та весною зафіксовано 116 і 68 днів з туманами відповідно. Сезон, в якому виявлено мінімум даного показника — літо. Кількість днів з туманами влітку становить 5.

Таблиця 4.

Сезонна мінливість кількості днів з туманами на півдні України за період 2011-2020 рр.

Станції	Зима	Весна	Літо	Осінь	Всього
Одеса	158	91	8	56	313
Миколаїв	210	84	9	119	422
Херсон	169	68	13	113	363
Всього	537	243	30	288	1098

Цікавим питанням в дослідженні режиму туманів є розподіл даного явища за періодами, що визначається як кліматичний показник. В табл. 5 наведено результати розрахунків кількості днів з туманами за теплий і холодний періоди.

Таблиця 5.

Кількість днів з туманами на півдні України за холодний і теплий періоди

Період	Одеса	Херсон	Миколаїв	Всього
ХП	239	260	307	806
ТП	74	103	115	292
Всього	313	363	422	1098

Кількість днів з туманами за холодний і теплий період суттєво не відрізняються для кожної станції тому, що просторово знаходяться в одному регіоні. Відповідно характеризуються майже схожістю даного показника. В холодний період (ХП — листо-

пад-березень) найбільшу кількість днів з туманами зафіксовано на станції Миколаїв — 307 випадків. На станціях Херсон і Одеса в холодний період явище виявлено протягом 260 і 239 днів відповідно. В теплий період (ТП — квітень-жовтень): максимальне значення є характерним для Миколаєва — 115 днів. На станції Херсон також спостерігається достатньо велика кількість випадків — 103 дні. Мінімум днів в теплий період визначено для Одеси — це 74 епізоди.

**Висновки.** За період з 2011 по 2020 роки на станціях Одеса, Херсон, Миколаїв зафіксовано 1098 днів з туманами. Максимальну кількість випадків по досліджуваних станціях визначено взимку — 537 днів з туманами. Велика кількість випадків притаманна осінньому сезону. В цей період зафіксовано 288 днів з туманами. Весною виявлено 243 дні з туманами. Сезон, в якому визначено мінімум даного показника — літо. Кількість днів з туманами влітку становить 30 епізодів за період дослідження. Протягом 2011-2020 років на досліджуваній території в холодний період виявлено 806 днів з туманами, що становить 73 % від загальної кількості. В теплий період зафіксовано 292 дні з досліджуваним явищем.

### *Література*

1. Школьний Є. П. Фізика атмосфери. Підручник. — К.: КНТ, 2007. — 486 с.
2. Борисова С. В., Катеруша Г. П. Метеорологія і кліматологія. Конспект лекцій. — Одеса: Екологія, 2008. — 152 с.
3. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. — Л.: Гидрометиздат, 1984. — 751 с.
4. Івус Г. П. Спеціалізовані прогнози погоди. Підручник. — Одеса, 2010. — 407 с.
5. Практикум з синоптичної метеорології / Під ред. Г. П. Івус, С. М. Іванової. — Одеса: ТЕС, 2004. — 419 с.
6. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 302 с.

## ФОРМУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД В ЗОНІ ВПЛИВУ ШЛАМОНАКОПИЧУВАЧА ВІДХОДІВ У БАЛЦІ ЯСИНОВА МІСТА КАМ'ЯНСЬКЕ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Вступ.** При розробці корисних копалин, збагаченні та гідро-металургійній переробці руд і концентратів невід'ємною частиною рудопереробного виробництва промислових підприємств є хвостові та шламові господарства, створені для вирішення питань транспортування і організованого складування мінеральних відходів цих підприємств. Основними спорудами хвостових та шламових господарств є хвостосховища і шламонакопичувачі, споруди гідротранспортування хвостів та шламів і споруди оборотного водопостачання.

Тому оцінка впливу на навколишнє середовище шламонакопичувача відходів та небезпечних хімічних речовин у балці Ясинова міста Кам'янське є актуальною задачею для науковців та працівників промислових підприємств рудопереробного виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У промислових районах Дніпропетровської області накопичилося багато відходів гірничої та металургійної промисловості у вигляді відвалів і шламосховищ. Це підтверджується працями [4], де наведено дані про те, що під їх дією порушилась екологічна рівновага виділених територій: відбувається підняття ґрунтових вод, підвищується їх мінералізація і забруднення токсичними речовинами, що знаходяться в товщі відкладень. Тому стоїть питання про поховання таких територій з найменшою безпекою для навколишнього середовища.

Аналіз публікацій свідчить, що екологічна ситуація в міста протягом тривалого періоду характеризується як "кризова" оскільки промислові об'єкти, що забруднюють атмосферу, розташовані на недостатній відстані від житлових районів міста. Також, протягом останнього десятиріччя продовжує відбиватися прогресуюче накопичення відходів як промислового, так і побутового секторів, що є досить актуальною проблемою для міста [4].

**Результати дослідження.** Балка Ясинова до впадіння в проток Коноплянка, (басейн р. Дніпро), проходить в північно-східному напрямі і розташована на схід від ОАО "ДніпроАЗОТ" на високому крутому правому березі р. Дніпро.

Протяжність балки близько 2,3 км, від верхів'я, приблизно до середини, вона прорізає схил вододільної височини, нижче — високі правобережні тераси і далі відкривається в долину Дніпра.

Інженерно-геологічні і гідрогеологічні дослідження, проведені в 2009 р. з метою уточнення геологічної будови, інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов шламонакопичувача та з подальшою оцінкою фізико-механічних характеристик ґрунтів, що складають тіло греблі, які будуть використовуватися при виконанні розрахунку стійкості укосів дамби.

На досліджуваній території з метою уточнення гідрогеологічних умов та геолого-літологічної будови пробурено 31 розвідувальна свердловина глибиною 5,0-35,0 м. Зі свердловин відібрані моноліти для визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів, а також проби води для виконання хімічних аналізів. Виконані заміри рівнів ґрунтових вод в існуючих свердловинах режимної мережі [1].

Дамба шламонакопичувача у балці Ясинова відсипана лесом лесовидними супіском та суглинком.

На ділянці створу греблі шламонакопичувача наявна фільтрація з нього шламових вод. На період досліджень спостерігається височування води в низовому укосі дамби та біля насосної станції.

З часу експлуатації шламонакопичувача на території ВАТ “ДніпроАЗОТ” і прилеглої до нього території відбувається підняття рівня ґрунтових вод.

На режим ґрунтових вод в лесовидних відкладеннях впливає шламонакопичувач в балці Ясинова, внаслідок чого на схилах і днищі балки в зоні підпору спостерігається підвищення дзеркала ґрунтових вод і, внаслідок інфільтрації високомінералізованих вод шламонакопичувача, підвищення мінералізації в зоні впливу.

На якісний склад підземних вод в районі шламонакопичувача в балці Ясиновій впливають: інфільтрація атмосферних опадів, витоки технічних вод виробництв і побутових вод житлового сектора, фільтраційні втрати води з шламонакопичувача.

Початковий хімічний склад цих джерел дуже різноманітний; локальний характер дії цих джерел на компонентний склад підземних вод на тих або інших ділянках підсилює різноманітність хімічного складу вод регіону.

У районі шламонакопичувача в балці Ясинова ДП “Екоантилід” гідрохімічний режим підземних вод формується під впливом великого числа чинників, основними з яких є [1]:

- загальна характеристика відходів:
  - зола (відходи від процесу згорання в печах енергетичних станцій клас небезпеки — IV), об’єм видалення 168,5 тис. т;

— шлам регенерації миш'яково-содового розчину (відходи виробничо-технологічного виробництва), об'єм видалення 500,0 тис. т.

- сольовий склад водовміщуючих порід;
- початковий хімічний склад джерел, що живлять підземні води;
- глибина залягання підземних вод, режим їх рівня і характер балансу;
- характер рельєфу, що визначає умови живлення і відтоку підземних вод;
- ступінь взаємодії ґрунтових вод, приурочених до товщі лесовидних суглинків, що мають високу мінералізацію, з підземними водами, приуроченими до водоносних горизонтів, що пролягають нижче, у яких мінералізація нижча;
- тіснота гідравлічного зв'язку підземних вод з водами поверхневих водотоків, водоймищ і шламонакопичувачів;
- температурний режим, що обумовлює тепловий режим водовміщуючих ґрунтів, підземних вод, а, отже, розчинність в них солей.

На досліджуваній ділянці широко поширені лесовидні суглинки, що містять велику кількість легко розчинних солей, тому ґрунтові води, що формуються в них, відрізняються підвищеною мінералізацією в порівнянні з підземними водами, що приурочені до неогенових і архей-протерозойським відкладень [1].

Слід мати на увазі, що високомінералізовані води шламонакопичувача, перш ніж досягти безпосередньо водоносних горизонтів, фільтруються через шлами, які, маючи низькі фільтраційні властивості, істотно впливають на характер міграції основних компонентів, сприяючи зменшенню швидкостей розтікання техногенного куполу і швидкостей міграції за рахунок прояву сорбційних властивостей.

В результаті випаровування постійно зростає мінералізація води в шламонакопичувачі.

Створення шламонакопичувача порушило природний режим підземних і поверхневих вод, при якому розвантаження підземних вод відбувається в балки, долини річок, яри. При створенні шламонакопичувача в балці в результаті підпору відбувається зміна гідрогеологічних умов, що приводить до підтоплення території навколо шламонакопичувача і фільтрації води з шламонакопичувача у водоносні горизонти, що залягають нижче [1].

**Висновки.** Екологічна ситуація в м. Кам'янське протягом тривалого періоду характеризується як “кризова” оскільки промислові об’єкти, що забруднюють атмосферу, розташовані на недостатній відстані від житлових районів міста. Також, протягом останнього десятиріччя продовжує відбиватися прогресуюче накопичення відходів як в промисловому, так і побутовому секторах.

Значні обсяги фільтрації води з хвостосховища можуть спричинити підвищення рівнів ґрунтових вод на прилеглих територіях. Це в свою чергу може викликати низькі еколого-гігієнічних проблем, серед яких заолочення місцевості з погіршенням її анофілогенних властивостей та погіршення умов проживання населення внаслідок підтоплення підвальних приміщень житлових будинків, погрубів, сільгоспугідь. В якості заходів по припиненню та попередженню явищ підтоплення пропонуються інженерні заходи, а саме завіси з дренажних свердловин та застосування геомембран у ложе сховищ.

#### *Література*

1. ДБН В.2.4-5:2012 Хвостосховища і шламонакопичувачі. — К.: Мінрегіон України, 2012. — 130 с.
2. Оглобля О. І., Раздайбіда С. Л.. Особливості розрахунку огорожувальних дамб хвостосховищ // Промислове будівництво та інженерні споруди. — 2012, № 4. — С. 29-36.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 28.08.2013 № 808 “Про затвердження переліку видів діяльності та об’єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку”.
4. Березницкий В. С., Зеленский А. М. Проект программы выхода Днепродзержинска из экологического кризиса. — Днепродзержинск: УкрГИАП, 1994. — 50 с.
5. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення.
6. Огурцов А. П., Мамаев Л. М. Проблеми екології промислового регіону. — К., Дніпродзержинськ: ДДТУ, 1994. — 224 с.
7. Шматков Г. Г., Оксамытный А. Ф., Николаева И. А. Экологические проблемы обеспечения безопасной жизнедеятельности техногенно нагруженных регионов (на примере Днепропетровской области) // Екологія і природокористування. — 2009, Вип. 12. — С. 42-47.

## ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ХАДЖИДЕР

**Вступ.** Хаджидер — одна із річок південного заходу України. Довжина її 94 км (в межах України — 69 км), площа басейну — 894 км<sup>2</sup>. За класифікацією Водного Кодексу України відносіться до малих, адже її площа менше 2000 км<sup>2</sup> [1]. Річка бере початок на схід від міста Штефан-Воде (Молдова). Тече переважно на південний схід (частково на південь). Впадає до озера-лиману Хаджидер, який є частиною групи Тузловські лимани. Лимани включені до Національного природного парку, створеного указом Президента України від 1 січня 2010 року [2].

З 1996 року система лиманів Шагани-Алібей-Бурнас є частиною Рамсарських водно-болотних угідь України, а отже має особливий охоронний статус. Територія Національного природного парку “Тузловські лимани” характеризується різноманітними заплавленими ландшафтами. В парку знаходяться понад 40 видів рідкісних видів птахів, які входять як до української, так і до міжнародної Червоної книги, у місцевих водоймах живе близько 60 видів риб [2].

Води річки Хаджидер значно забруднені, басейн засмічений — відмічає постійна комісія Одеської обласної ради з питань екології, природокористування, запобігання надзвичайним ситуаціям [3]. Забруднені води річки шкодять водоймам природного парку “Тузловські лимани”, негативно впливають на рідкісну флору та фауну. Тому оцінювання екологічного ризику у басейні річки Хаджидер можна вважати актуальним.

**Метою дослідження** була оцінка ефективності застосування критерію екологічного ризику R, який розраховувався на основі даних гідрохімічних спостережень. Завданням роботи були розрахунок показників ризиків якості води за методикою інституту проблем ринку та економіко-екологічних досліджень м. Одеса; встановлення зв'язків між показниками якості води та ризику.

**Об'єкт, предмет та методи дослідження.** Об'єктом дослідження є гідрохімічні показники води у пункті р. Хаджидер - с. Сергіївка в порівнянні із гранично-допустимими значеннями для рибогосподарського використання. Розрахунки виконані на основі даних Одеського управління водних ресурсів про хімічний склад води у створі Хаджидер - Сергіївка за 2003-2018 роки.

Предметом дослідження є оцінювання ймовірностей появи ризиків суттєвого забруднення води в річці Хаджидер за 8 км від місця впадіння в озера-лиману Хаджидер.

Ризик екологічний є ймовірністю настання події, яка викликана впливом господарської та іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру та має несприятливі наслідки для природного середовища [4]. Для оцінки ризиків розраховувався показник  $R$ , який базується на визначенні співвідношення концентрацій забруднювальної речовини та її ГДК [4]:

$$R \cong C_i > C_{ГДК} \quad (1)$$

$$R = C_i / C_{ГДК} > 1 \quad (2)$$

$$R = C_{ГДК} / C_i > 1 \quad (3)$$

де  $C_i$  — рівень концентрації  $i$ -ї забруднювальної речовини;  $R$  — кількісний показник ризику;  $C_{ГДК}$  — гранично допустима концентрація для  $i$ -ї забруднювальної речовини.  $C_{ГДК}$  призначалися для рибогосподарського використання [5].

З урахуванням ймовірності настання ризикової події показник ризику набуває вигляду [4]:

$$R' = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{ГДК}} \frac{N_{ai}}{N_i} > 1 \quad (4)$$

де  $C_i$  — концентрація  $i$ -тої забруднювальної речовини;  $C_{ГДК}$  — гранично допустима концентрація;  $N_{ai}$  — кількість проб з показником, які перевищують ГДК у цьому році;  $N_i$  — загальне число відібраних проб за рік.

**Результати роботи.** На першому етапі розрахунків був отриманий для кожного року показник ризику  $R'$  для рибогосподарських потреб (табл. 1).

При підготовці управлінських рішень, пов'язаних з ризиковими подіями, необхідна якісна і кількісна оцінка можливих ризикових ситуацій. Якісна оцінка дозволяє оцінити можливі зони ризику за такими критеріями: прийнятність — виявлення прийнятності ризику; допустимість — виявлення допустимого ризику; критичність — виявлення зони критичного ризику; неприпустимість — виявлення зони катастрофічного ризику [4].

Таблиця 1.

Показник ризику  $R$  у створі Хаджидер - Сергіївка  
за період 2003-2018 рр.

Рік	Показник ризику $R'$	Рік	Показник ризику $R'$
2003	55,7	2011	101,5
2004	44,9	2012	97,2
2005	104,6	2013	92,7
2006	62,4	2014	109,6
2007	87,5	2015	105,8
2008	114,8	2016	77,6
2009	118,4	2017	90,8
2010	94,6	2018	76,0

У методиці [4] аксіоматичним є припущення, що більшість результатів господарської діяльності, в тому числі й ті, які зумовлюють забруднення навколишнього середовища (зокрема, водного середовища), являють собою випадкові величини і підкоряються закону, близькому до нормального (закону Гауса). Нормальний закон розподілу випадкової величини дуже часто використовується при вивченні показників ризику. Перевірка відповідності досліджуваної випадкової величини  $R'$  на підпорядкованість її нормальному закону розподілу виконана на основі критерія Гауса [6]:

$$\frac{\sigma_R}{\rho_R} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 1,25 \quad (5)$$

де  $\sigma_R$  — середнє квадратичне відхилення показника ризику  $R_i$  від його середнього арифметичного значення,  $\rho_R$  — середнє арифметичне відхилення.

Для пункту спостережень р. Хаджидер - с. Сергіївка встановлені величини:  $R'_{сер} = 93,1$ ;  $\sigma_R = 23,1$ . Критерій Гауса склав 1,23.

За результатами розрахунків зроблено висновок, що отримані ряди  $R$  для рибогосподарського призначення підпорядковуються нормальному закону розподілу.

На другому етапі були використані отримані значення показників ризику  $R'$  та ІЗВ модифікованого [7] та побудовані графіки зв'язку і отримані рівняння лінійної регресії для рибогосподарського призначення (рис. 1).

Аналіз показав, що між характеристикою ризику та характеристикою якості води існує лінійний зв'язок, який оцінюється коефіцієнтом кореляції  $r = 0,63$  (рис. 1). Бачимо, що чим більше

значення ІЗВ, тим більше значення  $R'$ , тобто, із зростанням забруднення зростає показник ризику  $R'$ .

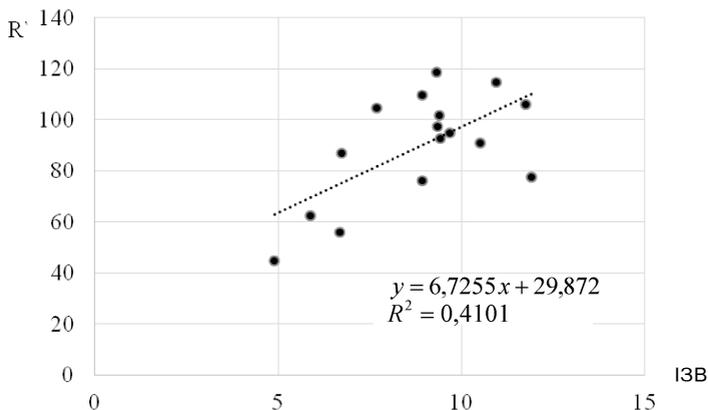


Рис. 1. Графік зв'язку  $R'$  та ІЗВ модифікованого для рибогосподарського призначення у створі р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 рр.

За таблицею класів якості вод в залежності від значення індексу ІЗВ та отриманим графіком зв'язку ІЗВ та  $R'$  (рис. 1) була встановлена відповідність класів якості води та якісних і кількісних характеристик рівня збитку (табл. 2).

Таблиця 2.

Кількісні характеристики ймовірності збитку

ІЗВ	$R'$	Клас якості вод	Якісна характеристика рівня збитку	Кількісна характеристика ймовірності збитку	Зона ризику
< 0,2	< 31,2	Дуже чисті	Надзвичайно низький	0,0-0,1	Немає ризику
0,2-1,0	31,2-36,6	Чисті	Дуже низький	0,1-0,25	Прийняттого
1,0-2,0	36,7-43,3	Помірно забруднені	Низький	0,25-0,40	Допустимого
2,0-4,0	43,4-56,8	Забруднені	Середній	0,40-0,60	Критичного
4,0-6,0	56,9-70,2	Брудні	Високий	0,60-0,75	
6,0-10,0	70,3-97,1	Дуже брудні	Дуже високий	0,75-0,90	Катастрофічного
>10,0	> 97,1	Надзвичайно брудні	Надзвичайно високий	0,90-1,0	Незворотності втрати якості об'єкта

За даними про  $R'$  була побудована емпірична крива розподілу забезпеченості цієї випадкової величини (рис. 3). Забезпеченість є ймовірністю перевищення заданої величини. Вона розраховується за формулою [6]:

$$P = \frac{m}{(k+1)}, \quad (6)$$

де  $P$  — забезпеченість;  $m$  — значення  $R'$  в убутному ранжованому ряду;  $k$  — кількість значень у ряді.

На емпіричній кривій виділені зони ризику (рис. 2). Таким чином, у повсякденній практиці можна визначати зони ризику залежно від значення, яке прийняла величина  $R$ , визначена за даними гідрохімічних спостережень.

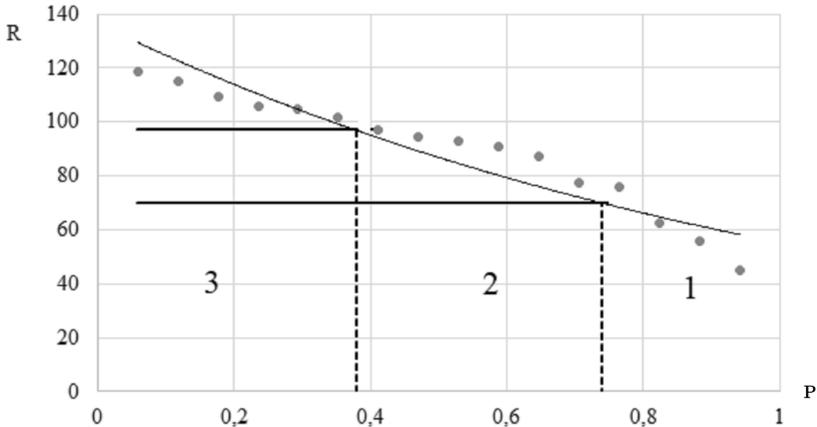


Рис. 2. Емпірична крива розподілу забезпеченості показника ризику  $R$  та виділені зони ризику: 1 — критичного; 2 — катастрофічного; 3 — незворотних втрат якості об'єкта

### *Висновки*

1. Для рибогосподарського використання були визначені показники ризику  $R$  по роках. За допомогою критерію Гауса підтверджено, що розрахований показник ризику  $R$  відповідає нормальному закону розподілу.
2. Установлений лінійний зв'язок між ІЗВм та  $R$  для рибогосподарського водокористування ( $r = 0,63$ ). Показник  $R$  зростає із збільшенням ІЗВм.
3. На основі побудови емпіричної кривої розподілу показників ризику  $R$  установлені зони ризику.

4. Значення  $R$  для рибогосподарських потреб змінювалися у межах від 44,9 до 118,4. Була побудована емпірична крива розподілу забезпеченості показника ризику  $R$  та виділені зони ризику: “зона критичного ризику” ( $IЗВ_m$  змінюється у межах 4,0-6,0), “зона катастрофічного ризику” ( $IЗВ_m$  6,0-10,0), “зона незворотних втрат якості об’єкта” ( $IЗВ_m > 10,0$ ).
5. Оцінювання екологічних ризиків, розрахунки якого базуються на ймовірностях перевищення концентрацій забруднювальних речовин над ГДК, добре відображають екологічний стан води, їх можна використовувати для перевірки безпеки рибогосподарського використання.

### *Література*

1. Водний Кодекс України. Редакція від 27.05.2021 // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Національний природний парк “Тузовські лимани” // [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BA\\_%C2%AB%D0%A2%D1%83%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96\\_%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%C2%BB](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BA_%C2%AB%D0%A2%D1%83%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96_%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%C2%BB).
3. Протокол № 5 від 18 травня 2021 року постійної комісії Одеської обласної ради з питань екології, природокористування, запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків // <http://oblrada.odessa.gov.ua/wp-content/uploads/05-18-05-2021.pdf>.
4. Оцінка ризиків для здоров’я людини та навколишнього середовища від джерел забруднення ґрунту та вод. Звіт інформаційної конференції в рамках проекту “Інвентаризація, оцінка та зменшення впливу антропогенних джерел забруднення в Нижньодунайському регіоні України, Румунії і Республіки Молдова (MIS ETC CODE 995)” Спільної операційної програми “Румунія-Україна-Республіка Молдова. 2007-2013” Європейського інструменту сусідства та партнерства / За ред. Б. В. Буркинського, О. Є. Рубеля // НАН України, Ін-т пробл. ринку та екон.-екол. дослідж. — Одеса, 2016. — 84 с.
5. Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України.

Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. — К.: Ніка-Центр, 2008. — 655 с.

6. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Учеб. для вузов; 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999. — 576 с.
7. Даус М. Є., Манакова Д. С. Антропогенне навантаження у басейні річки Хаджидер та оцінювання якості води // Вісник гідрометцентру Чорного та Азовського морів. — 2021, № 1(25). — С. 30-37.

*Даус М. Є., Стрільбицька В. В.*

### **БАГАТОРІЧНІ ЗМІНИ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ (на прикладі пункту спостережень р. Хаджидер - с. Сергіївка)**

*Вступ.* Річка Хаджидер включена як один із пунктів діагностичного моніторингу по басейну річок Причорномор'я. У протоколі № 3 від 30 липня 2020 року онлайн-засідання басейнової ради річок Причорномор'я [1] зазначено, що річка включена до переліку пунктів моніторингу за критеріями транскордонні води та антропогенний вплив (точкові джерела забруднення, зокрема, скиди стічних вод, або дифузні джерела забруднення). Важливо, що пункт спостереження Хаджидер - с. Сергіївка пов'язаний із попередньою програмою моніторингу якості води та необхідний для відстеження багаторічних змін якості води річки Хаджидер.

Метою роботи є характеристика басейну, дослідження гідрохімічного режиму та оцінювання екологічної обстановки річки Хаджидер. Завдання роботи: дати характеристику басейну р. Хаджидер; описати багаторічні зміни мінералізації води, головних іонів; визначити хімічний склад природних вод річки; описати динаміку біогенних речовин, важких металів, нафтопродуктів та СПАР; оцінити екологічну обстановку. Гідрохімічні дослідження мають виключне значення для розробки заходів з охорони вод від забруднення в результаті господарської діяльності [2]. Тому дана робота є актуальною.

Об'єктом дослідження є гідрохімічні показники річки Хаджидер. Річка протікає територією Білгород-Дністровського, Саратського і Татарбунарського районів Одеської області. Хаджидер належить до басейну Чорного моря, бере початок у Молдові (5 % довжини) та впадає в озеро-лиман Хаджидер, що є частиною Тузловських лиманів.

**Методи дослідження та вхідні матеріали.** Для виконання роботи використовувались дані спостережень за хімічним складом води Відокремленого підрозділу Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю “Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів” за період з 2003 по 2018 роки. Спостереження проводилися один раз на квартал на посту р. Хаджидер - с. Сергіївка.

Оцінка екологічної обстановки дозволяє визначити екологічний стан водних об'єктів та визначити сукупний ефект впливу забруднювальних речовин. Нормування якості головних компонентів природного середовища полягає у встановленні меж допустимих змін їх властивостей. Норми повинні встановлюватися по реакції самого чутливого організму-індикатора, але практично найбільш часто встановлюють санітарно-гігієнічні або економічно доцільні нормативи. Якість природного середовища за рівнем забруднення вважається задовільною за дотримання двох основних умов: концентрації забруднювальних речовин  $C_i$  повинні бути менше їх ГДК ( $C_i \leq \text{ГДК}_i$ ) та при наявності групи речовин односпрямованої дії, одночасно присутніх у водному середовищі, сума відношення їх концентрацій повинна бути менше одиниці ( $\sum_{i=1}^n (C_i / C_{\text{ГДК}_i}) \leq 1$ ). Ці умови для водних об'єктів визначаються виходячи з лімітуючих показників шкідливості. У зіставленні зі значеннями ГДК, екологічну обстановку характеризують за ступенем неблагополуччя відповідно до табл. 1 [3].

Таблиця 1.

Класифікація екологічної обстановки [3]

Обстановка	Критерії оцінки обстановки
Відносно задовільна	$C_i \leq \text{ГДК}_i$ , для всіх речовин
Напружена	$C_i \approx 10 \text{ ГДК}_i$
Критична	$C_i \approx (20-30) \text{ ГДК}_i$
Кризова (надзвичайна екологічна ситуація)	$C_i > 50 \text{ ГДК}_i$ Стійкі негативні зміни в природному середовищі. Зникнення окремих видів тварин і рослин. Загроза здоров'ю людини.
Катастрофічна (екологічне лихо)	Глибокі незворотні зміни в природному середовищі. Порушення рівноваги, деградація флори і фауни, втрата генофонду. Погіршення здоров'я людей.

**Результати дослідження.** Басейн річки розташований в межах Бессарабського плато та Причорноморської рівнини. У верхній частині рельєф водозбору хвилястий, сильно розітнутий глибокими річковими долинами, балками, в середній — слабохвилястий, менш розітнутий, в нижній — рівнинний, слабо розчленований. Середня висота водозбору становить 80 м, середній уклон — 29 ‰. Верхня частина водозбору розташована в зоні ковильно-різнотравних степів, середня і нижня — в зоні ковильно-типчаккових степів. Велика частина водозбору розорана (91 %) і використовується під посіви сільськогосподарських культур і виноградники; місцями уздовж доріг зустрічаються деревні насадження, біля населених пунктів — фруктові сади [4].

Клімат басейну помірно-континентальний, з високими річними температурами і малою кількістю опадів, які випадають переважно влітку.

В основі водозбору залягають неогенові черепашкові вапняки з прошарками глин і пісків, покриті пісками, червонувато-бурими глинами і лесами. Ґрунти слабопроникні, пилувато-важкосуглинисті чорноземи: у верхній частині басейну звичайні малогумусні, в середній — південні, перехідні до звичайних і в нижній — південні, малогумусні [4].

Річка відноситься до типу річок з переважанням снігового живлення (85 % річного стоку проходить навесні); у окремі малосніжні роки у формуванні стоку значна питома вага належить дощовим водам. У деякі роки річка пересихає (ґрунтове живлення дуже незначне). Природний режим річки спотворений регулюючим впливом гребель і забором води на зрошення, а на пригирловій ділянці — згіно-нагіними явищами з боку оз. Хаджидер [4].

Гідрохімічний режим характеризується закономірними змінами хімічного складу води річки або окремих його компонентів у часі, які обумовлені фізико-географічними умовами басейну та антропогенним впливом, а також проявляється у вигляді багаторічних, сезонних і добових коливань концентрації компонентів хімічного складу і показників фізичних властивостей води, рівня забрудненості води, стоку розчинених мінеральних речовин тощо [5].

Особливості режиму концентрацій головних іонів та загальної мінералізації досліджувалися за середніми значеннями за 2003-2018 роки та за багаторічний період спостережень. У табл. 2 наведені середні за кожний рік та весь період, мінімальні та макси-

мальні концентрації головних іонів та величини мінералізації води в пункті гідрохімічного моніторингу р. Хаджидер - с. Сергіївка.

Таблиця 2.

Середні за кожний рік та за період, мінімальні та максимальні за період концентрації головних іонів, величини мінералізації води в пункті р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Рік	$\text{HCO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	Cl, мг/дм <sup>3</sup>	$\text{Ca}^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\text{Mg}^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\text{Na}^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\text{K}^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\Sigma_i$ , мг/дм <sup>3</sup>
2003	323,3	2193,6	1019,1	272,5	306,8	944,6	20,60	5059,9
2004	425,0	1257,6	587,9	191,2	147,8	643,3	21,20	3256,1
2005	346,2	2193,5	855,2	260,0	256,0	830,6	8,76	4320,5
2006	315,7	1600,1	642,5	200,0	246,0	722,4	5,38	4170,3
2007	308,1	1824,6	1103,4	346,3	365,9	634,3	8,28	4575,9
2008	309,6	3315,0	1105,6	332,5	365,3	1353,3	6,00	6787,2
2009	254,7	2542,3	1187,6	365,0	364,5	974,9	7,00	5689,0
2010	297,4	2594,6	1147,7	350,0	331,1	1071,9	10,70	5794,2
2011	251,6	2411,3	1267,3	390,0	404,0	859,3	9,50	5583,7
2012	227,2	2737,7	1214,2	612,5	308,3	905,3	7,75	6015,7
2013	234,8	2992,8	1169,9	402,5	407,0	1055,1	10,50	6271,2
2014	256,2	2709,5	1169,9	376,3	388,8	989,8	8,50	5896,4
2015	466,6	3066,2	1194,2	337,5	358,4	1364,5	14,50	6779,1
2016	460,6	2037,7	1043,6	317,5	296,2	903,7	13,70	5062,2
2017	387,4	2880,0	1338,3	355,0	404,0	1221,3	13,00	6585,9
2018	425,5	2220,2	997,0	306,3	344,8	867,5	12,50	5162,8
Середнє за період	329,3	2437,1	1074,5	343,0	334,7	963,86	10,60	5486,3
Мінімальне за період	140,3	45,6	115,2	48,6	42,5	250,0	0,50	1274,52
Максимальне за період	915,0	6962,9	1843,4	1250,0	534,6	3150,1	50,0	13217,7

За середніми річними величинами мінералізації води річки Хаджидер є слабосолоними (3,0-10,0 г/дм<sup>3</sup>) за класифікацією Комісії ЮНЕСКО з використання солоних вод, в деякі періоди стають мінералізованими (1,0-3,0 г/дм<sup>3</sup>), а іноді середньосолоними з мінералізацією більше 10,00 г/дм<sup>3</sup> [6]. За хімічним складом води є сульфатно-хлоридними натрієво-кальцієвими з мінералізацією 5,49 г/дм<sup>3</sup> відповідно класифікації Алекина [7].

Аналіз змін середніх річних значень мінералізації (рис. 1) показує тенденцію до збільшення мінералізації з роками за досліджуваний період. Для виявлення тренду у хронологічному ході мінералізації був застосований метод регресійного аналізу. Ко-

ефіцієнт кореляції тренду ( $r = 0,60$ ) був перевірений на статистичну значущість за критерієм Стьюдента [8]. Коефіцієнт кореляції є статистично значущим.

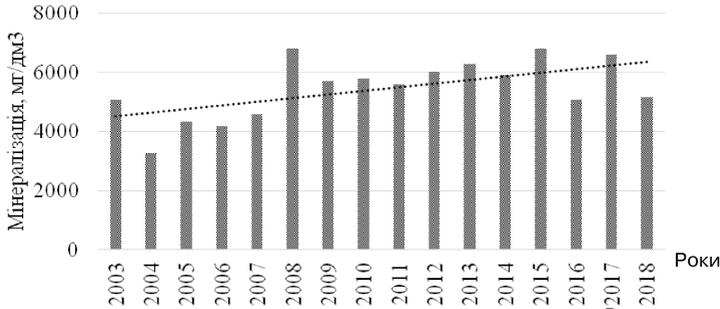


Рис. 1. Зміни середніх річних значень мінералізації води в пункті р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Однією з найважливіших хімічних характеристик водного середовища, яка визначає її якість, є наявність у воді органічних речовин. Фактично, у водному середовищі містяться всі органічні речовини, які входять до складу рослинних і тваринних організмів. Крім того, органічна речовина надходить у поверхневі води з поверхневим стоком, скидами промислових та комунально-побутових підприємств.

Одним з основних показників при оцінці вмісту органічної речовини є наявність або відсутність у воді вільного кисню. Чим більша ступінь забруднення водного середовища органічними речовинами, тим більша кількість кисню витрачається на їх деструкцію і розкладання, і тим менше залишається його у воді. Кисневий режим р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки показано на рис. 2. Бачимо, що у деякі періоди, особливо у II та III кварталах, вміст кисню у воді знижувався нижче  $4 \text{ мг/дм}^3$ , що мало негативний вплив на живі організми.

Для кількісної оцінки вмісту органічної речовини у воді р. Хаджидер використані показники 5-добового біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>). Непрямим показником, який може характеризувати зміну вмісту органічних речовин є вміст завислих речовин (табл. 3). В природних водах азот перебуває у вигляді неорганічних та різноманітних органічних сполук. Неорганічні сполуки представлені амонійними ( $\text{NH}_4^+$ ), нітритними ( $\text{NO}_2^-$ ) та нітратними ( $\text{NO}_3^-$ ) іонами (табл. 3) [5].

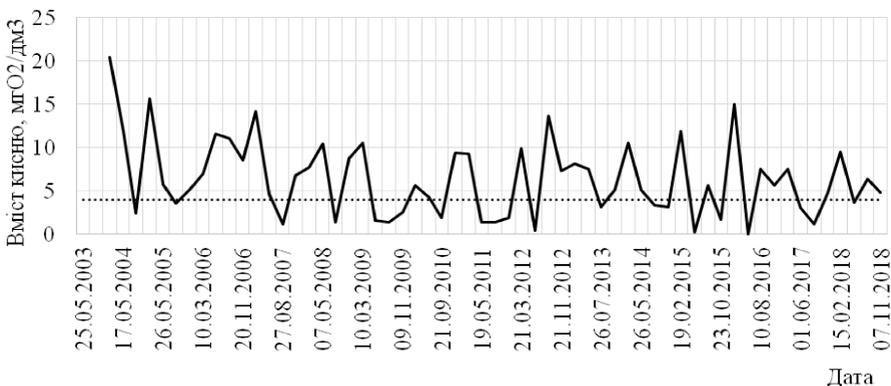


Рис. 2. Кисневий режим р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Таблиця 3.

Середні за кожний рік та за період, мінімальні та максимальні за період концентрації біогенних елементів і органічних речовин в пункті р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Рік	БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>
2003	2,19	30,4	12,2	0,07	0,93	70,0
2004	3,91	87,4	47,5	0,19	0,26	40,8
2005	13,90	311,0	14,3	2,17	0,25	36,0
2006	5,76	249,5	22,4	0,19	0,58	72,5
2007	2,60	325,5	47,8	5,14	0,10	156,2
2008	8,29	196,5	35,6	1,03	0,27	228,2
2009	10,50	205,2	37,7	2,17	0,62	205,4
2010	8,97	98,8	44,8	0,80	0,35	173,5
2011	12,70	92,1	50,5	1,43	0,41	170,7
2012	2,33	82,4	62,9	1,24	0,14	163,7
2013	3,65	85,2	30,3	0,54	0,00	267,5
2014	7,01	123,6	49,8	0,52	0,00	603,5
2015	12,50	367,7	39,2	0,32	3,24	73,75
2016	18,70	186,7	40,6	0,14	2,17	100,0
2017	7,83	95,7	42,9	0,86	0,00	89,7
2018	16,10	97,8	36,3	0,42	0,22	59,7
Середнє за період	8,83	172,5	39,13	1,12	0,59	161,7
Мінімальне за період	0,83	8,00	0,01	0,04	0,01	2,47
Максимальне за період	66,6	784,5	114,4	19,8	12,2	1589,0

Підвищений вміст заліза (понад 1 мг/дм<sup>3</sup>) погіршує якість води та можливості її використання. За досліджуваний період 16 % проб мали перевищення ГДК рибогосподарського використання (0,1 мг/дм<sup>3</sup>) та коливалися у діапазоні 0,11-0,45 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 4). Найвищі значення спостерігалися у I кварталі 2011 року та III кварталі 2016 року.

Таблиця 4.

Середні за період, мінімальні та максимальні за період концентрації заліза загального, міді, нікелю та нафтопродуктів в пункті р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Період 2003-2018 рр.	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	Нікель, мг/дм <sup>3</sup>	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>
Середнє за період	0,058	0,000	0,015	0,067
Мінімальне за період	0,000	0,000	0,000	0,001
Максимальне за період	0,450	0,010	0,380	0,620

Наявність міді у воді р. Хаджидер спостерігалася тільки у двох із 60 проб по 0,01 мг/дм<sup>3</sup> у III та IV кварталах 2017 року. Нікель був спостережений у водах річки у 2016-2018 роках, його концентрації склали 0,01-0,38 мг/дм<sup>3</sup>. Найбільше значення зафіксовано у 4 кварталі 2018 року. Майже у всіх пробах є нафтопродукти у невеликій кількості (табл. 5). Більша частина (65 %) відноситься до I класу якості, 28 % — до II, 7 % — до III класу.

Таблиця 5.

Відносна частка проб води (%) за вмістом нафтопродуктів у виділених інтервалах концентрацій (мг/дм<sup>3</sup>) на посту р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Інтервали, мг/дм <sup>3</sup>	0-0,05	>0,05-0,1	>0,1-0,2	>0,2-0,3	>0,3
Частка концентрацій НП, % в інтервалах	65	28	7	0	0
Клас якості вод	I	II	III	IV	V

На основі гідрохімічних показників і табл. 1 була оцінена екологічна обстановка — встановлювалося відношення ( $C_i/СГДК$ ), визначена кількість випадків перевищення ГДК для кожної гідрохімічної речовини за весь період спостережень, розраховані емпіричні ймовірності перевищення ГДК (табл. 6), як відношення кількості випадків, коли  $C_i > ГДК$ , до загального числа випадків [9]. Величини ГДК застосовувались для рибогосподарського використання [10].

Таблиця 6.

Емпірична ймовірність випадків перевищення ГДК (%)  
для рибогосподарського використання  
у пункті р. Хаджидер - с. Сергіївка за 2003-2018 роки

Речовина	Кількість спостережень	ГДК <sub>РБ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	C <sub>i</sub> ≤ 1 ГДК	C <sub>i</sub> > 1-10 ГДК	C <sub>i</sub> ≈ 10-50 ГДК	C <sub>i</sub> > 50 ГДК
Розчинений кисень, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	60	4,00	65,00	35,00	-	-
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	61	3,00	42,62	52,46	4,92	-
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	60	15,00	1,67	51,67	45,00	1,67
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	61	40,00	52,46	47,54	-	-
Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	61	0,08	11,48	62,30	21,31	4,92
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	61	0,50	78,69	18,03	3,28	-
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	61	20,00	4,92	67,21	26,23	1,64
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	61	100,00	1,64	8,20	88,52	1,64
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	61	300,00	6,56	93,44	-	-
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	61	180,00	8,20	91,80	-	-
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	61	40,00	-	68,85	31,15	-
Натрій, мг/дм <sup>3</sup>	61	120,00	-	88,52	11,48	-
Калій, мг/дм <sup>3</sup>	61	50,00	98,36	1,64	-	-
Мінералізація	61	1000,00	-	98,36	1,64	-
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	61	0,10	62,30	37,70	-	-
Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	60	0,001	97,00	3,00	-	-
Нікель, мг/дм <sup>3</sup>	58	0,01	81,03	15,52	3,45	-
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	61	0,05	63,93	34,43	1,64	-

Для речовин розчинений кисень, нітрати, азот амонійний, калій, залізо загальне, мідь, нікель, нафтопродукти екологічна обстановка вважається “відносно задовільною”, більше 50 % випадків відповідають умові  $C_i \leq \text{ГДК}$ . Для речовин БСК<sub>5</sub>, ХСК, нітрити, завислі речовини, хлориди, кальцій, магній, мінералізація екологічна обстановка визначена як “напружена”, більше 50 % випадків відповідають умові  $C_i > 1-10 \text{ ГДК}$ . Для сульфатів екологічна обстановка — “критична” (88 %). Також по ХСК, нітритах, завислих речовинах та сульфатах екологічна обстановка погіршувалася в окремі періоди до “кризової”.

Найбільшими забруднювачами для рибогосподарського користування є сульфати, хлориди, кальцій, натрій, магній.

**Висновки.** В роботі дана характеристика басейну р. Хаджидер; описані багаторічні зміни мінералізації води, головних іонів;

динаміка біогенних речовин, заліза загального, нафтопродуктів. За хімічним складом за класифікацією Алекіна води є сульфатно-хлоридними натрієво-кальцієвими з мінералізацією 5,49 г/дм<sup>3</sup>. Екологічна обстановка змінюється від “відносно задовільної” для розчиненого кисню, нітратів, азоту амонійного, калію, заліза загального, міді, нікелю, нафтопродуктів до “напруженої” для БСК<sub>5</sub>, ХСК, нітритів, завислих речовин, хлоридів, кальцію, магнію, мінералізації та погіршується до “критичної” для сульфатів, а в окремі періоди до “кризової” (ХСК, нітрити, завислі речовини, сульфати). Гідрохімічні дослідження використовуються для розробки заходів з охорони вод від забруднення в результаті господарської діяльності.

### *Література*

1. Протокол № 3 від 30 липня 2020 року онлайн-засідання басейнової ради річок Причорномор'я // <https://oouvr.gov.ua/diyalnist-buvr/monitoring/>
2. Наука гідрохімія // <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F>.
3. Музалевский А. А., Карлин Л. Н. Экологические риски: теория и практика. — С-Пб.: РГГМУ, ВВМ, 2011.
4. Паспорт річки Хаджидер.
5. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / В. К. Хільчевський, С. М. Курило, С. С. Дубняк та ін.; за ред. В. К. Хільчевського. — К.: Ніка-Центр, 2009. — 116 с.
6. Хільчевський В. К. Регіональна гідрохімія України. Підр. / Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. — К.: Київський університет, 2019. — 343 с.
7. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Монография. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 295 с.
8. Школьный Е. П., Лоева И. Д., Гончарова Л. Д. Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Підр. — К.: Міновіти України, 1999. — 538 с.
9. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Высшая школа, 1999.
10. Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. — К.: Ніка-Центр, 2008. — 655 с.

## АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ХАДЖИДЕР ТА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

*Вступ.* Автори [1] відзначають, що південний регіон, куди відноситься і Одеська область, є найменш забезпеченим ресурсами поверхневих вод в Україні. Отже, кожна річка у цьому регіоні буквально “на вагу золота”. Саме тому постійна комісія Одеської обласної ради з питань екології, природокористування, запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків зазначила, що р. Хаджидер знаходиться у занедбаному стані, підтримала звернення депутатів Одеської облради до Міністра захисту довкілля та природних ресурсів [2] щодо вивчення екологічного стану, вирішення проблем та сприяння ревіталізації річки Хаджидер.

Річка Хаджидер належить до басейну Чорного моря, протікає територією Білгород-Дністровського та Саратського районів Одеської області, впадає в озеро Хаджидер, що є частиною Тузлівських лиманів. За початок водного об'єкта прийнята точка земної поверхні з позначкою 165 м над рівнем моря, яка знаходиться на відстані 0,7 км на північ від с. Слободзія (Республіка Молдова) [3]. Довжина річки 78 км, площа водозбору 894 км<sup>2</sup>, залісеність 4,4 %, заболоченість 15 %, розораність 66,8 %. Норма річкового стоку складає 8,46 млн.м<sup>3</sup>, стік маловодного року забезпеченністю 75 % становить 2,44 млн.м<sup>3</sup>, середньорічна витрата — 0,27 м<sup>3</sup>/с. Річка має одну притоку довжиною більше ніж 10 км (р. Каплян), довжина якої 46 км [4].

*Господарська діяльність та екологічні проблеми.* Природний режим річок спотворений регулюючою дією гребель і забором води на зрошування, а на пригирловій ділянці — явищами згону-нагону з боку оз. Хаджидер. Споруджені водосховища (Крутоярівське, Хаджидерське, Русько-Іванівське) та ставки (Чистоводненський, Крутоярівський) [5].

Чистоводненські ставки № 1, № 2 та № 3 розташовано на землях Володимирівської сільської ради, Білгород-Дністровського району Одеської області, відносяться до категорії об'єктів загальнодержавного значення, мають гідроспороди IV класу. Призначення об'єктів — рибицтво, культурно-побутові цілі. На даний момент ставок № 2 в оренду не надано, ставок без води [6]. Крутоярівські ставки № 1 та № 2 розташовані на території Крутоярівської

сільської ради Білгород-Дністровського району Одеської області, відноситься до категорії об'єктів загальнодержавного значення. Призначення ставків — рибництво, зрошення. Ставок № 2 розташований на р. Язь. Водойма перебуває в незадовільному стані: гідротехнічна споруда (дамба) потребує ремонту (акт обстеження водойми від 09.12.2013 р.) [7].

Освоєність басейну річки висока. У його межах розташовано 21 село. На території басейну проживає приблизно 26,83 тис. осіб. Найбільш великими промисловими підприємствами є Агропромисловий комбінат “Дністровський”. Сільськогосподарська освоєність басейну становить 83,6 %, що на 23,8 % більше освоєності території України в цілому. Сільськогосподарські угіддя басейну становлять 49,08 тис. га або 81,3 % від його загальної площі. Орні землі займають 40,70 тис. га, або 62,27 % від усіх сільськогосподарських угідь.

На території басейну розміщено 18 сільськогосподарських підприємств. За сільськогосподарськими підприємствами закріплено 57,16 тис. га земель або 93,84 % площі басейну. У використанні земельних ресурсів в останні роки спостерігається зміна структури сільгоспугідь за рахунок урбанізації, виділення садовгородніх ділянок, розвитку водно-вітрової ерозії. Стан окремих факторів природного середовища та спрямованість процесів, які в ньому проходять, обумовлюють загальну екологічну обстановку в басейні, яка в даний час оцінюється як несприятлива [4].

Домінуючі умови, що погіршують екологічну обстановку, такі:

- багаторічне, систематичне порушення сільськогосподарськими виробниками агротехнічних і агрохімічних прийомів землеробства;
- розорювання днищ балок і заплавних земель до урізу води, які призвели до зменшення вмісту гумусу, а з іншого боку, до замулення русла;
- змив і знесення ґрунтів, поверхневий стік і інфільтрація атмосферних опадів, забруднених відходами тваринницьких ферм, а також мінеральними добривами, отрутохімікатами і відходами комунального господарства;
- забруднення поверхневих і підземних вод, евтрофікація ставків і водосховищ;
- випрямлення русла річки з досягненням відміток дна нижче природних;

- розорювання земель, знищення та поправка деревно-чагарникової рослинності на схилах, сприяння інтенсифікації ерозійних процесів [4, 5].

Великою проблемою з точки зору погіршення якості води у басейні є скидання забруднених стічних вод. За даними регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017-2020 роках (табл. 1) видно, що з річки та її притоків систематично забирається вода для господарсько-побутових потреб, але повертається у меншій кількості та гіршої якості [8].

Таблиця 1.

Забір, використання та відведення води в річку Хаджидер

Рік	Забрано води із природних водних об'єктів (всього), млн. м <sup>3</sup>	Використано води, млн. м <sup>3</sup>	Водовідведення в річку Хаджидер	
			всього, млн. м <sup>3</sup>	з них забруднених зворотних вод, млн. м <sup>3</sup>
2015	0,600	0,600	0,282	-
2016	-	-	0,003	-
2017	0,406	0,406	0,225	-
2018	0,489	0,489	0,009	-
2019	0,449	0,449	0,002	0,002
2020	*	*	0,002	-

Одним із основних забруднювачів є ТОВ “Інфокс”, КП “Білгород-Дністровськводоканал”. Тільки 60 % підприємств, які здійснюють скидання стічних вод у поверхневі водні об'єкти, мають затверджені проекти норм гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин.

У регіональних доповідях [8] відмічається, що багато очисних споруд та каналізаційних мереж були побудовані у 70-80 роках минулого століття, на сьогодні вони морально застарілі і не відповідають сучасним вимогам, передаються на баланс сільських рад, які не мають коштів на ремонт та належну експлуатацію споруд, не ведуться поточні та капітальні ремонти, аварійні ситуації на лініях каналізаційних мереж своєчасно не ліквідуються, відсутній постійний контроль за їх роботою, що призводить до забруднення земель і підземних водоносних горизонтів.

Однак, очисні споруди, які знаходяться у задовільному стані при порушенні технології очистки стічних вод не досягають проектних показників. У останні роки існує тенденція збільшення

концентрації забруднювальних речовин на вході очисних споруд вище проектних показників, що призводить до перевищення концентрацій нормативних показників на виході з очисних споруд.

**Основною метою** роботи було описати господарську діяльність на басейні та оцінити якість води річки Хаджидер за комплексним показником — індексом забруднення води модифікованим, визначити категорії забруднення цих вод та їх придатність до рибогосподарського використання.

**Актуальність теми** зумовлена високим антропогенним навантаженням на екосистему річки Хаджидер та погіршенням якості її вод, транскордонним розташуванням річки.

**Методи дослідження та вхідні матеріали.** Для оцінки якості поверхневих вод використовувався гідрохімічний індекс забруднення води модифікований (ІЗВм) [9], в якому частина показників є постійною, а в якості інших беруть показники з найбільшим відношенням до гранично-допустимої концентрації (ГДК) так, щоб загальна кількість показників дорівнювала шести. При розрахунках ІЗВм використовувались розчинений кисень, біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>), в якості обов'язкових показників та чотири показники з найбільшим відношенням до ГДК із списку: хімічне споживання кисню (ХСК), азот нітратний, азот нітритний, азот амонійний, сульфати, хлориди, кальцій, магній, натрій, калій, залізо загальне, марганець, мідь, нікель, нафтопродукти, фосфати, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР).

Розрахунок ІЗВ проведений за такими показниками: розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>, сульфати, магній, натрій, СПАР. Значення кожного з показників порівнювалися із відповідними ГДК рибогосподарського призначення, надалі розраховувалися середні за рік значення ІЗВм. ІЗВм розраховувався за формулою [9]:

$$IЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (1)$$

де  $C_i$  — середня концентрація одного з шести показників якості води,  $ГДК_i$  — гранично допустима концентрація кожного з шести показників якості води.

В залежності від обчисленого значення ІЗВм виділено сім класів забрудненості вод:

- I — дуже чиста (ІЗВм  $\leq 0,2$ );
- II — чиста (ІЗВм  $0,2-1,0$ );

- III — помірно забруднена (ІЗВм 1,0-2,0);
- IV — забруднена (ІЗВм 2,0-4,0);
- V — брудна (ІЗВм 4-6);
- VI — дуже брудна (ІЗВм 6-10);
- VII — надзвичайно брудна (ІЗВм >10).

Методика обчислення ІЗВм бере за основу хімічні речовини — показники антропогенного забруднення води. Ця оцінка дозволяє прослідкувати динаміку якості води в часі та рівень антропогенного навантаження на водну екосистему річки.

Для виконання роботи використовувались дані спостережень за хімічним складом води Відокремленого підрозділу Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю “Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів” за період з 2003 по 2018 роки. Спостереження проводилися один раз на квартал, на посту р. Хаджидер - с. Сергіївка.

**Результати дослідження та обговорення.** Результати досліджень якості води річки Хаджидер за ІЗВм представлені у табл. 2.

Таблиця 2.

Зміни якості води річки Хаджидер за ІЗВм, 2003-2018 рр.

Рік	Середнє значення ІЗВм	Клас якості води за середнім значенням ІЗВм	Максимальне значення ІЗВм	Мінімальне значення ІЗВм
2003	6,7	VI (дуже брудна)	7,3	6,0
2004	4,9	V (брудна)	6,5	1,8
2005	7,7	VI (дуже брудна)	8,4	7,3
2006	5,9	V (брудна)	8,2	4,0
2007	6,7	VI (дуже брудна)	9,8	4,8
2008	11,0	VII (надзвичайно брудна)	15,3	9,1
2009	9,3	VI (дуже брудна)	9,8	8,6
2010	9,7	VI (дуже брудна)	11,0	8,9
2011	9,4	VI (дуже брудна)	9,7	8,9
2012	9,3	VI (дуже брудна)	10,1	8,4
2013	9,4	VI (дуже брудна)	10,7	7,1
2014	8,9	VI (дуже брудна)	10,3	7,7
2015	11,8	VII (надзвичайно брудна)	20,9	6,3
2016	11,9	VII (надзвичайно брудна)	19,6	8,9
2017	10,5	VII (надзвичайно брудна)	11,3	9,2
2018	8,9	VI (дуже брудна)	11,4	5,7

Аналіз табл. 2 показує що, за 2004, 2006 роки вода відносилася до V класу якості; за 2003, 2005, 2007, 2009-2014, та 2018 роки відносилася до VI класу якості; за 2008, 2015, 2016 та 2017 — відносилася до VII класу якості води.

На рис. 1 показані зміни якості води за кожну із спостережених дат. Можна зробити висновок, що за багаторічний період є тенденція до погіршення якості води.

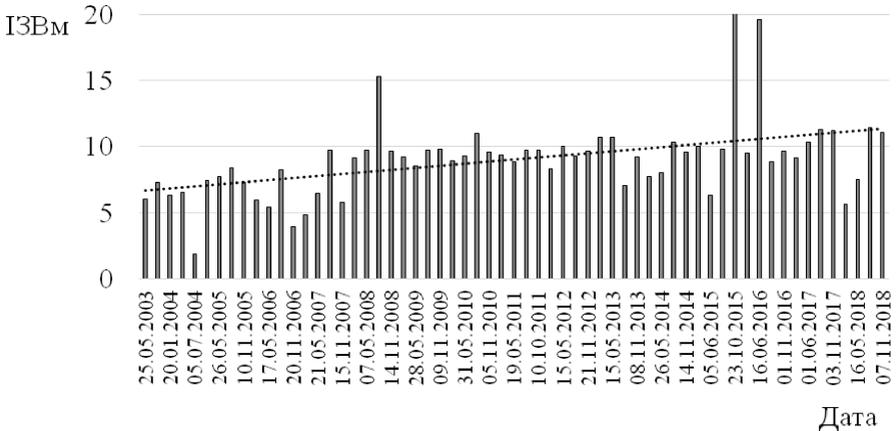


Рис. 1. Зміна значень ІЗВм на посту р. Хаджидер - с. Сергіївка

Отримані результати повністю корелюються із дослідженнями інших авторів. Так, у роботах [3, 10] показано, що поверхневі води р. Хаджидер за екологічною класифікацією оцінюються від “задовільних” до “брудних” за якістю, від “помірно забруднених” до “брудних” — за ступенем чистоти, непридатні для господарсько-побутового, рибогосподарського водокористування без попереднього покращення їхнього стану. Незадовільний стан водних ресурсів обумовлений недотриманням водокористувачами технологічного процесу, екологічних і санітарних норм, низькими темпами впровадження сучасних очисних технологій, відсутністю ефективних очисних споруд.

**Висновки.** За період спостережень розрахунки та аналіз дозволяють зробити висновок що, у 12 % випадків вода у річці Хаджидер була брудною, у 63 % — дуже брудною, у 25 % — надзвичайно брудною. Відповідно до [9] “Води вищих класів” — це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан

оцінюється як екологічний регрес. Така вода не придатна для використання її для рибогосподарських потреб.

Незадовільний екологічний стан поверхневих вод басейну р. Хаджидер обумовлює необхідність посилення уваги з боку природоохоронних органів на районному та обласному рівні щодо нормалізації якості водних ресурсів. Необхідно розробити комплекс заходів щодо відновлення екологічної рівноваги у водному басейні.

### *Література*

1. Аналітичний звіт “Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля” (період: 2018 - січень 2019). — К., 2019. — 117 с. // [https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research\\_report\\_publishing-dec-2019.pdf](https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf)
2. Протокол № 5 від 18 травня 2021 року постійної комісії Одеської обласної ради з питань екології, природокористування, запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків // <http://oblrada.odessa.gov.ua/wp-content/uploads/05-18-05-2021.pdf>
3. Блажко А. П. Еколого-іригаційне оцінювання якості поверхневих вод в басейні річки Хаджидер Одеської області // Таврійський науковий вісник. — № 99. — С. 210-219.
4. Паспорт річки Хаджидер.
5. Водні ресурси Білгород-Дністровського району. Білгород-Дністровське управління водного господарства [Електронний ресурс] // Режим доступу : <https://tiraag.jimdo.com/>
6. Акти обстеження водного об’єкту та земель водного фонду на території Володимирівської сільської ради. Чистоводненський ставок № 1 від 05.11.2014; Чистоводненський ставок № 2 від 05.11.2014; Чистоводненський ставок № 3 від 05.11.2014.
7. Акти обстеження водного об’єкту та земель водного фонду на території Крутоярівської сільської ради. Крутоярівський ставок № 1 від 04.11.2014; Крутоярівський ставок № 2 від 09.12.2013.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017-2020 рр. // [www.menr.gov.ua](http://www.menr.gov.ua)
9. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: НІКА-центр, 2001. — 264 с.

10. Даус М. Є. Оцінка придатності води річки Хаджидер до використання у зрошенні (у межах Одеської області) // Тези V Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, 23-26 вересня 2015 р. — С. 75.

*Романчук М. Є, Усачов О. Д.*

### **АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ РЕЧОВИН ТОКСИЧНОЇ ДІЇ ПО ФАЗАХ ВОДНОГО РЕЖИМУ В МЕЖАХ БАСЕЙНУ Р. ТЕТЕРІВ - М. ЖИТОМИР**

**Вступ.** Річка Тетерів являється важливим водогосподарським об'єктом, впливає на якість води р. Дніпро. Основними видами водокористування являються: гідроенергетика, водний туризм, рекреація, засоби питної і поливної води, заготівля сіна, пасіння худоби та домашньої птиці. Риболовля не має промислового значення, в основному, це любительський вилов риби. На водні ресурси в межах області найбільш негативно впливають: комунально-побутові підприємства; відсутність водовідведення в малих населених пунктах, селах; сільськогосподарські угіддя. До основних екологічно небезпечних об'єктів відносяться: ТОВ “Бердичівськийхлібозавод”, КП “Житомирводоканал”, які скидають у Тетерів неочищені стічні води; ДП “Коростишівський спиртовийкомбінат” (дільниця № 2 м. Андрушівка), Коростишівське МКП “Водоканал” (м. Коростишів) та ін.

**Матеріали та методи дослідження.** Оцінка якості води проводилась в пункті спостереження р. Тетерів - м. Житомир за період 2005-2015 рр. В роботі використані дані спостережень за гідрохімічними показниками на стаціонарному гідрохімічному посту м. Житомир у системі Держгідрометслужби України.

Аналіз змін компонентів якості води проводився за фазами водного режиму: зимової межені, весняної повені та літньо-осінньої межені. Згідно з [1], “для співставлення результатів та з огляду на вихідні дані (щомісячні), літньо-осіння та зимова межені прийняті за календарними датами — відповідно з червня по листопад і з грудня по лютий місяці”. Весняна повинь відповідає строкам березень-травень. В роботі розглядається якість води за вмістом речовин токсичної дії (цинк, мідь, шестивалентний хром, марганець та нафтопродукти).

**Результати дослідження та їх аналіз.** Фізіологічне значення важких металів, їх незаперечний вплив на екологічний стан водного середовища, полягає в тому, що вони входять до складу сполук зі специфічними біологічними функціями: ферментів, вітамінів, гормонів. Ці сполуки активно впливають на інтенсивність процесів обміну речовин у живих організмах. Саме через це вміст важких металів у воді нормується, адже збільшення їх концентрацій може викликати порушення різних біохімічних та біологічних процесів у живих організмів та призвести до її захворювання, часто хронічних, а той і до загибелі [2].

В роботі розглядалися зміни у часі та по фазах водного режиму наступних речовин: заліза загального, міді, цинку, шестивалентного хрому, мангану, нафтопродуктів.

Найбільший вміст заліза загального спостерігався у 2006 році під час літньо-осінньої межені (рис. 1). Цей показник перевищував рибогосподарські нормативи (0,1 мг/дм<sup>3</sup>) у 6,5 разів. Після різкого спаду вміст заліза на протязі меженого періоду був нижчим за ГДКрг, за виключенням 2014 року. Спостерігалось зменшення концентрації у часі під час весняної повені і значення коливались від найбільшого у 2006 р. (0,345 мг/дм<sup>3</sup>) до найменшого (0,04 мг/дм<sup>3</sup>) показника у 2015 р. Середні річні концентрації загально заліза під час зимової повені перевищували ГДКрг у 2005-2006 та 2013 роках, а у 2015 р. — дорівнювали йому. В цілому, можна відзначити деяку синхронність у ході змін речовини в басейні річки.

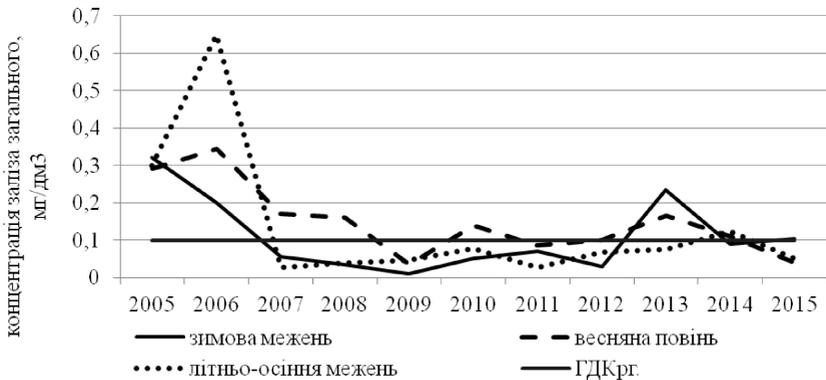


Рис. 1. Розподіл концентрацій заліза загального за фазами водного в межах р. Тетерів - м. Житомир

Зміна концентрацій міді за фазами водного режиму наведена на рис. 2.

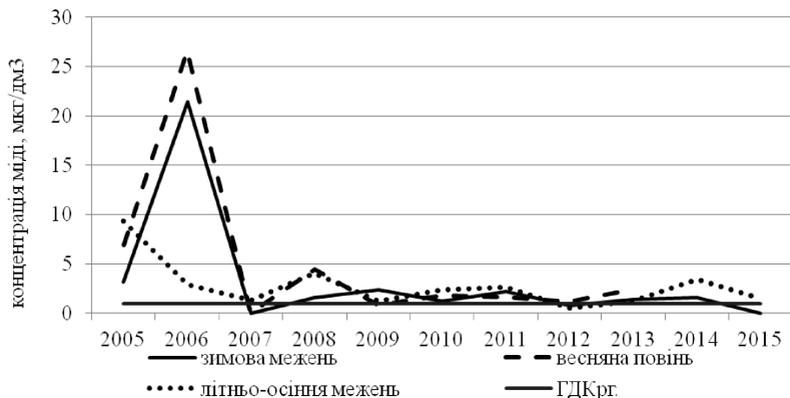


Рис. 2. Розподіл концентрацій міді за фазами водності в межах р. Тетерів - м. Житомир

Майже на протязі всього періоду дослідження відзначалось незначне перевищення ГДКрг (1 мкг/дм<sup>3</sup>), за виключенням 2005-2006 років.

Це стосується всіх фаз водності. Максимальні значення спостерігались: під час весняної повені у 2006 р. (26,6 ГДКрг); під час зимової межені у 2006 р. (21,4 ГДКрг) та у 2005 р. під час літньо-осінньої межені (9,33 ГДКрг).

Розподіл середніх річних концентрацій цинку наведений на рис. 3.

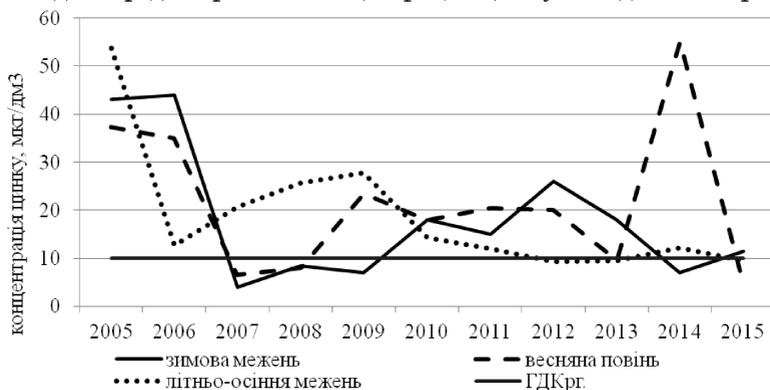


Рис. 3. Розподіл концентрацій цинку за фазами водності в межах р. Тетерів - м. Житомир

Майже на протязі всього періоду 2005-2015 рр. вміст елементу перевищує гранично-допустимі концентрації для об'єктів рибогосподарського використання. Простежити закономірності змін концентрацій цинку в залежності від фаз водного режиму не вдалося. Максимальний вміст під час зимової межени спостерігався у 2005-2006 роках і перевищував ГДКрг (10 мкг/дм<sup>3</sup>) у 4,3 та 4,4 разів відповідно. Найменші середньорічні концентрації відзначались у 2007-2009 рр. та 2014 році і були нижчими за норматив.

Найбільші значення цинку за період весняної повені спостерігались у 2005-2006 роках (3,73 та 3,5 ГДКрг) та у 2014 році (5,5 ГДКрг). Зміни вмісту цинку під час літньо-осінньої межени мають тенденцію до зменшення у часі. Концентрації коливались від 53,7 мкг/дм<sup>3</sup> (2005 р.) до 9,5 мкг/дм<sup>3</sup> (2015 р.).

Середні багаторічні значення свідчать про те, вміст цинку був найбільшим під час весняної повені (21,7 мкг/дм<sup>3</sup>) і майже однаковим під час зимової та літньо-осінньої межени (18,8 та 18,8 мкг/дм<sup>3</sup> відповідно).

Зміна у часі та внутрішньорічний розподіл шестивалентного хрому наведені на рис. 4. Слід зазначити, що не вважаючи на період року, концентрації хрому значно вище за рибогосподарські нормативи (1 мкг/дм<sup>3</sup>). Вміст хрому у воді р. Тетерів - м. Житомир під час зимової межени зменшується на протязі періоду дослідження і, навпаки, зростає під час весняної повені. Незначне зменшення концентрації хрому можна спостерігати і під час літньо-осінньої межени.

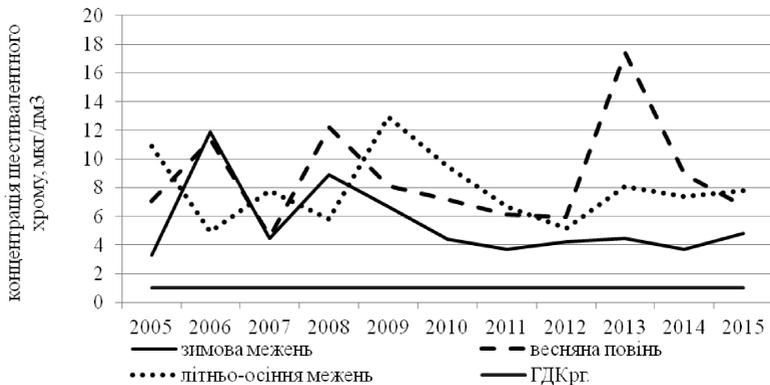


Рис. 4. Розподіл концентрацій шестивалентного хрому за фазами водного режиму в межах р. Тетерів - м. Житомир

Нами були досліджені не тільки зміни концентрації хрому у часі у різні фазові режими водності, а й закономірності їх змін в залежності від витрат води. Графіки зв'язку вмісту хрому та витрат води під час зимової межени (а) та весняної повені (б) в межах пункту р. Тетерів - м. Житомир представлені на рис. 5. Характерних синхронних змін під час зимової межени не спостерігалось. При максимальних витратах води за період дослідження у 2011 році концентрації хрому були нижчими навіть за середнє багаторічне (3,7 та 5,5 мкг/дм<sup>3</sup> відповідно).

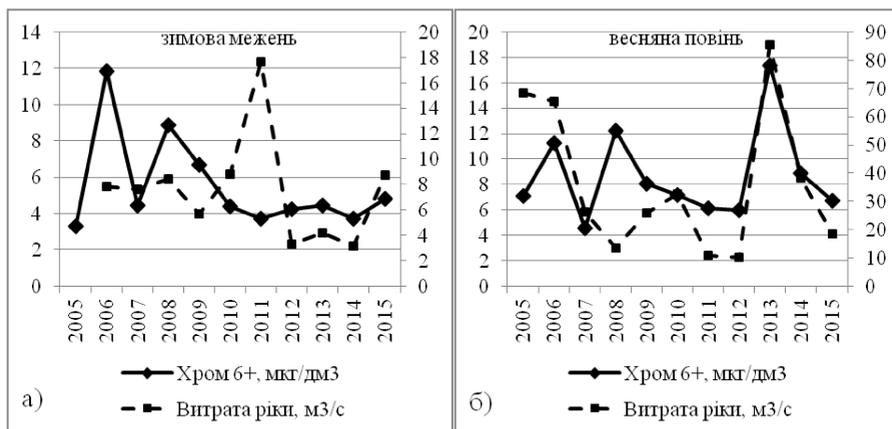


Рис. 5. Графіки зв'язку вмісту хрому та витрат води під час зимової межени (а) та весняної повені (б), р. Тетерів - м. Житомир

Під час весняної повені спостерігається більш близький зв'язок між витратами та вмістом хрому: в основному, при збільшенні водності річки відзначався і зріст концентрацій елементу та навпаки: при зменшенні водності — зменшення хрому в воді.

За виключенням 2005-2007 рр. можна простежити деяку синхронність у ході зміни концентрації хрому та витрат води у період літньо-осінньої межени (рис. 6).

Марганець являється важливим елементом, який бере участь в процесах фотосинтезу, реакціях фотолізу води та виділення кисню [2]. Він потрапляє у водне середовище як антропогенним, так і природним шляхом. Його зміни в залежності від періодів водності представлені на рис. 7. В окремі роки можна спостерігати деяку синхронність в змінах вмісту марганцю в усі фази водного

режиму, наприклад період 2005-2009 роки. Також в усі фази водності концентрації елементу вище за ГДКрг (10 мкг/дм<sup>3</sup>), окрім 2009 та 2012 років під час зимової межені (9 мкг/дм<sup>3</sup>) та у 2012 р. під час літньо-осінньої межені (7 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальні перевищення рибогосподарського нормативу були у 10,6 разів під час зимової межені (2010 р.); у 8 разів під час весняної повені (2006 р.) та у 12,8 разів під час літньо-осінньої межені (2005 р.).

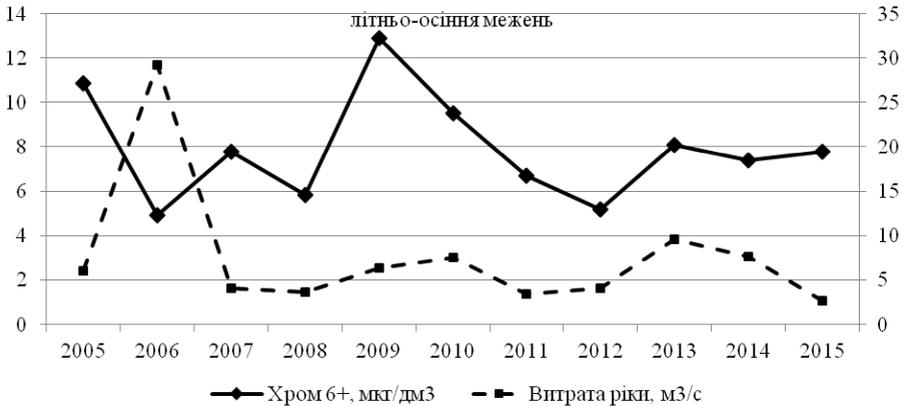


Рис. 6. Графік зв'язку вмісту хрому та витрат води під час літньо-осінньої межені, р. Тетерів - м. Житомир

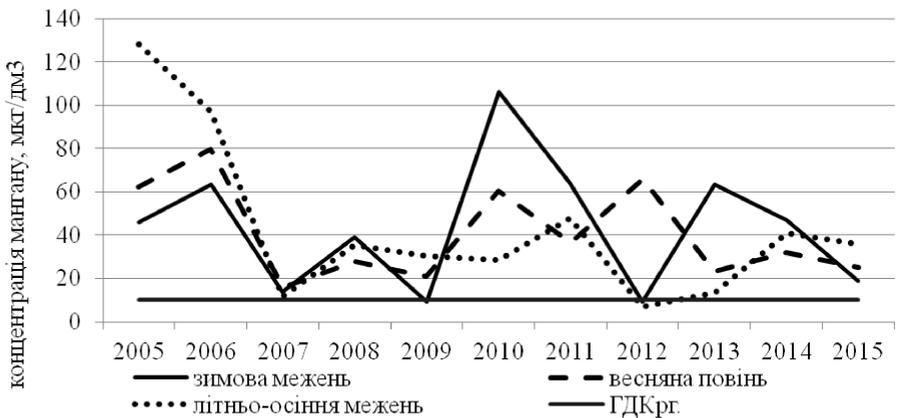


Рис. 7. Розподіл концентрацій мангану в межах р. Тетерів - м. Житомир

Із всіх речовин токсичної дії, що розглядаються в роботі, тільки за вмістом нафтопродуктів не було перевищення ГДК<sub>рг</sub> (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 8). Найбільший вміст речовини спостерігався у періоди весняної повені у 2008 та 2013 роках (0,04 та 0,035 мг/дм<sup>3</sup> відповідно). Це може бути пов'язано зі стоком поверхневих вод, що надходять у річкову мережу. Залежності вмісту нафтопродуктів від сезонів року не спостерігається: значення коливаються під час зимової межені від 0 мг/дм<sup>3</sup> (2005 та 2015 рр.) до 0,03 мг/дм<sup>3</sup> (2006 та 2010 рр.); під час весняної повені від 0 мг/дм<sup>3</sup> (2005 р.) до 0,04 мг/дм<sup>3</sup> (2008 р.) та під час літньо-осінньої межені від 0,01 мг/дм<sup>3</sup> (2006, 2013-2014 рр.) до 0,03 (2007 та 2011 рр.). В кожний період водності було по декілька піків підйому та спадів концентрацій нафтопродуктів.

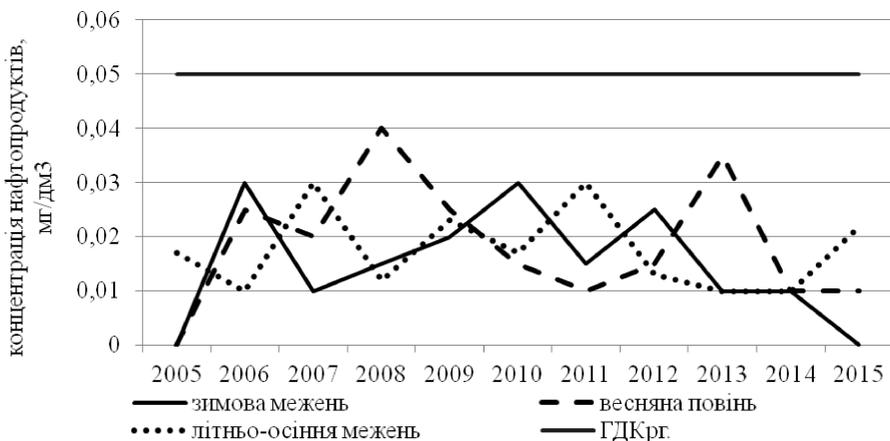


Рис. 8. Розподіл концентрацій нафтопродуктів за фазами водного режиму в межах р. Тетерів - м. Житомир

**Висновки.** Серед важких металів та речовин токсичної дії найбільші показники в основному припадають на період весняної повені (нафтопродукти, хром, цинк, залізо загальне та мідь). За вмістом мангану максимальне середньо багаторічне значення спостерігалось під час зимової межені (43,64 мкг/дм<sup>3</sup>), а навесні цей показник був найнижчим (40,86 мкг/дм<sup>3</sup>).

За виключенням нафтопродуктів, концентрації перелічених компонентів водного середовища, значно перевищували рибогосподарські нормативи. Максимальні перевищення ГДК<sub>рг</sub> за вмістом

марганцю були у 10,6 разів під час зимової межені (2010 р.); у 8 разів під час весняної повені (2006 р.) та у 12,8 разів під час літньо-осінньої межені (2005 р).

Максимальний вміст цинку під час зимової межені спостерігався у 2005-2006 роках і перевищував ГДКрг у 4,3 та 4,4 разів відповідно. Найбільші значення цинку за період весняної повені спостерігались у 2005-2006 роках (3,73 та 3,5 ГДКрг) та у 2014 році (5,5 ГДКрг). Зміни вмісту цинку під час літньо-осінньої межені мають тенденцію до зменшення у часі.

Найбільший вміст заліза загального спостерігався у 2006 році під час літньо-осінньої межені. Цей показник перевищував рибогосподарський норматив у 6,5 разів. Середні річні концентрації загального заліза під час зимової повені перевищували ГДКрг у 2005-2006 та 2013 роках, а у 2015 р. — дорівнювали йому. В цілому, можна відзначити деяку синхронність у ході змін речовини.

Майже на протязі всього періоду дослідження відзначалося незначне перевищення ГДКрг за вмістом міді (за виключенням 2005-2006 років). Це стосується всіх фаз водності. Максимальні значення спостерігались: під час весняної повені у 2006 р. (26,6 ГДКрг); під час зимової межені у 2006 р. (21,4 ГДКрг) та у 2005 р. під час літньо-осінньої межені (9,33 ГДКрг).

Не вважаючи на період року, концентрації хрому були значно вище за рибогосподарські нормативи на протязі періоду дослідження. Вміст хрому у воді р. Тетерів - м. Житомир під час зимової межені зменшується на протязі 2005-2015 рр. і, навпаки, зростає під час весняної повені. Незначне зменшення концентрації хрому можна спостерігати і під час літньо-осінньої межені. Найбільший вміст хрому спостерігався під час весняної повені у 2013 р. і перевищив ГДКрг у 17 разів.

### *Література*

1. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / В. К. Хільчевський, І. М. Ромась, М. І. Ромась та ін.; за ред. В. К. Хільчевського. — К.: Ніка-Центр, 2007. — С. 48-49.
2. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / В. К. Хільчевський, С. М. Курило, С. С. Дубнік та ін.; за ред. В. К. Хільчевського. — К.: Ніка-Центр, 2009. — С. 53-65.

**УЗАГАЛЬНЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ  
ПРОМИСЛОВИХ ХВОСТОСХОВИЩ НА НАВКОЛИШНЄ  
ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

*Вступ.* Промислові хвостосховища, які є об'єктом екологічного аудиту, це штучна гідротехнічна споруда у природному ландшафті, що може бути замкненою або напівзамкненою (напівзамкненість виникає при створенні ґрунтової чи подібної до неї греблі, крізь яку частково фільтрується рідина), для зберігання рідких хвостів (золи, шламу, шлаку та інших видів відходів виробництва), що можуть бути токсичними та екологічно небезпечними, які переміщуються з місць їх утворення гідравлічним способом. Промислові хвостосховища спричиняють негативний вплив на НПС, яке складається з компонентів біотопу, біоценозу та природного ландшафту.

При такому підході зрозуміло, що рівні техногенного навантаження промислового хвостосховища на складові ГТС, які безпосередньо пов'язані з впливом чинників ТН в результаті його експлуатації на території промислово-міської агломерації, підлягають оцінці і прогнозуванню наслідків в першу чергу під час екологічного аудиту.

*Аналіз публікацій.* Основним джерелом ТН є рідкі відходи (хвости).

Геологічний моніторинг включає елементи спостереження, оцінки, прогнозування стану і змін геофізичного середовища (скупності фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесів та властивостей визначених ділянок ГТС), тобто змін абіотичної (геологічної) складової як у мікро-, так і в макромасштабі, включаючи забруднення навколишнього середовища різними інгредієнтами техногенного походження.

Основною задачею біологічного моніторингу є визначення вектору екологічного стану біотичної складової, функції його відгуку (реакції) на техногенний вплив, визначення відхилення його від гомеостазу на різних рівнях організації біосфери (рівні організмів, популяційному, співтовариства, екосистеми та ландшафту). При організації і здійсненні біологічного моніторингу передбачається також спостереження, оцінка і прогноз стану здоров'я людини та найважливіших популяцій природних видів як з погляду стійкого існування ГТС, так і їх господарської цінності (наприклад,

мисливських тварин та цінних видів промислових риб). Крім того, ведеться спостереження й оцінюється стан найбільш чутливих до того чи іншого рівня ТН популяцій рослин і тварин.

До функціональних задач екологічного аудиту повинен входити також аналіз даних моніторингу і комплексна оцінка джерел і чинників ТН промислових хвостосховищ. Ця оцінка повинна включати виявлення пошкоджень рослинного та ґрунтового покриття й ураження складових ГТС факторами ТН та контроль за їх поширенням.

**Результати дослідження.** Основним довготривалим впливом хвостосховищ на навколишнє середовище є забруднення ґрунтів та підземних вод. Серед забруднювачів виділяється група важких металів, вплив яких на біоту є вкрай негативним і масштабним. При цьому, навіть невелике перманентне перевищення фонових концентрації може привести до катастрофічного впливу на біоту.

Ще у 1930-х рр. відомий токсиколог В. О. Таусон стверджував, що слабка але постійна дія токсичної речовини, до яких і відносяться важкі метали, набагато небезпечніше для людини і біоти, ніж сильний, але короточасний вплив [1]. Тому навіть невеликі концентрації важких металів, які перевищують їх природний вміст в ґрунтах даної місцевості, навіть якщо вони нижче ГДК, небезпечні для людини. У трофічних ланцюгах, в яких людина є верхнім елементом, їх концентрації відповідно до закону екологічної піраміди збільшуються багаторазово, причому їх дія триває десятки років, що відповідає часовому масштабу експлуатації хвостосховищ до їх закриття і рекультиватії. Токсична дія важких металів та інших мікроелементів варіює залежно від типу ґрунтів та місцевих умов.

З гігієнічних позицій небезпека забруднення ґрунту хімічними речовинами визначається рівнем її можливого негативного впливу на середовище, що контактує (вода, повітря), харчові продукти і опосередковано на людину, а також на біологічну активність ґрунту і процеси його самоочищення. Основним критерієм гігієнічної оцінки небезпеки забруднення ґрунту шкідливими речовинами вважається гранично допустима концентрація хімічних речовин в ґрунті.

ГДК є комплексним показником нешкідливого для людини вмісту хімічних речовин у ґрунті. При оцінці небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами слід враховувати наступне.

Небезпека забруднення тим більше, чим більше фактичні рівні вмісту речовин у ґрунті перевищують ГДК (або коефіцієнт небезпеки  $K_n$  перевищує 1,0).

Небезпека забруднення тим вище, чим вище клас небезпеки речовин. Для ґрунтів, що використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, оцінка небезпеки забруднення будь-яким токсикантом повинна проводитися з урахуванням буферних властивостей ґрунту, які впливають на рухливість хімічних елементів, що визначає їх вплив на оточуюче середовище і доступність для рослин. Чим менші буферні властивості має ґрунт, тим більшу небезпеку становить їх забруднення хімічними речовинами. Отже, при тій самій величині  $K_n$  небезпека забруднення буде більше для ґрунтів з кислим значенням рН, меншим вмістом гумусу і більш легким механічним складом.

При загальній санітарно-гігієнічній оцінці забруднення території важкими металами слід користуватися сумарним коефіцієнтом небезпеки [2].

Для вибору ГДК при визначенні  $Z_c$  приймаються відповідні значення для ґрунтів сільгоспугідь [3]. На основі сумарного коефіцієнту небезпеки може бути запропонована орієнтовна шкала для оцінювання небезпеки забруднення ґрунтів у зоні впливу хвостосховищ.

Сумарний показник забруднення ґрунтів  $K_{к,х}$  також може бути використаний для оцінки забруднення ґрунтів під впливом хвостосховищ.

Тому більш коректним слід вважати застосування фонових концентрацій важких металів для окремих географічних зон України, наведених в роботах вчених Інституту фізіології рослин НАН України, виконаних під керівництвом академіка П. А. Власюка [5].

**Висновки.** Екологічна ситуація в м. Кам'янське протягом тривалого періоду характеризується як "кризова" оскільки промислові об'єкти, що забруднюють атмосферу, розташовані на недостатній відстані від житлових районів міста. Також, протягом останнього десятиріччя продовжує відбиватися прогресуюче накопичення відходів як в промисловому, так і побутовому секторах.

Розподіл мікроелементів у ґрунтах Кам'янського промислового вузла визначається комплексним впливом хвостосховищ та промислових об'єктів різного типу виробництва. Зафіксовано

значне перевищення геохімічних показників деяких елементів у ґрунтах. Особливу увагу треба звернути на вміст Се та РЗЕ в полімінеральній речовині хвостосховищ.

### *Література*

1. Таусон В. О. Наследство микробов. — М.: Изд-во Академии наук СССР, 1947. — 145 с.
2. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами: Утверждено Заместителем Главного Государственного санитарного врача СССР от 13 марта 1987 г. № 4266-87 / Минздрав СССР, Главное санитарно-эпидемиологическое управление. — М.: Минздрав СССР, 1987. — 25 с.
3. Медведев В. В. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур. — К.: Аграрная наука, 1997. — 162 с.
4. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. — М.: Стандартиформ, 2005. — 311 с.
5. Власюк П. А. Биологические элементы жизнедеятельности растений. — К.: Наукова думка, 1969. — 516 с.

*Польовий А. М.*

## **НАУКОВА ШКОЛА “МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ РОСЛИН: ПІДСУМКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ”**

“Сонце — батько урожаю, вода — мати урожаю”  
(індійське прислів'я)

Наукова школа “**Моделювання продукційного процесу рослин**” створена на основі фундаментальних досліджень фотосинтетичної продуктивності посівів А. А. Ничипоровича та сформульованій на цій основі Ю. І. Чирковим концепції створення принципово нових підходів до оцінки агрометеорологічних умов формування урожаю сільськогосподарських культур, розвиток самих методів прогнозів, фундаментальні дослідження в області агрокліматології.

За час свого існування (з 1981 року) в рамках наукової школи на основі теорії енерго-масообміну в рослинному покриві та кількісної теорії фотосинтезу створені математичні моделі продуктивності сільськогосподарських культур, які описують формуван-

ня в системі “ґрунт-рослина-атмосфера” режиму сонячної радіації, волого-температурного, турбулентного режиму та режиму CO<sub>2</sub> та вплив гідрометеорологічного режиму рослинного покриву на процеси життєдіяльності рослин (фотосинтез, дихання, мінеральне живлення, ріст, розвиток), на формування кількості, якості та екологічної чистоти урожаю. Особлива увага приділяється моделюванню впливу екстремальних погодних умов (суховії, посухи, перезволоження, приморозки) на продуктивність сільськогосподарських культур. Розглядається виникнення та шкідливий вплив таких явищ як полягання посівів та стікання, захвату і запалу зерна колосових культур. Моделюється також розвиток популяцій шкідників та поширення інфекцій, їхній шкідливий вплив на продуктивність сільськогосподарських культур.

Структура моделей визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі “ґрунт-рослина-атмосфера” і біологічних уявлень про ріст і розвиток с.-г. культур під впливом чинників навколишнього середовища. У основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси (вуглеводів та азоту) у рослинному покриві.

Основні концептуальні положення такі: ріст і розвиток рослин визначається генотипом та чинниками навколишнього середовища; моделюється ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу і поглинутих елементів мінерального живлення з урахуванням потреб для росту в асимілятах надземної і підземної частин рослин; моделюються радіаційний, тепловий і водний режими системи “ґрунт-рослина-атмосфера”; моделюється трансформація форм азоту в ґрунті та азотне живлення рослин; моделюється гідроліз рослинної тканини при старінні рослин і в стресових умовах, а також перетік продуктів гідролізу з листя, стебел, коренів у репродуктивні органи; моделюється вплив агрометеорологічних умов в основні міжфазні періоди сільськогосподарських культур на формування урожаю, втрати урожаю за рахунок посухи, а для зернових колосових культур — полягання посівів і “стікання” зерна.

***Найбільш вагомі результати за час існування школи:***

- розробка теорії прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур та математичних моделей гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроecosystem та методів

ідентифікації параметрів моделей на основі стандартної агрометеорологічної інформації; розробка та впровадження в практику методів прогнозування урожаю сільськогосподарських культур, в тому числі, з використанням дистанційної інформації про стан посівів сільськогосподарських культур та зволоження ґрунту;

- розробка математичних методів оцінки агрокліматичних ресурсів територій та впровадження їх в практику районування й розміщення сільськогосподарських культур;
- моделювання вегетативного та репродуктивного розвитку рослин — настання етапів органогенезу та формування конусу наростання, фаз розвитку рослин на основі теорії катастроф, процесу проростання насіння та формування сходів, моделювання просторового розподілу росту фітомерів та на цій основі моделювання в комплексних моделях розподілу продуктів фотосинтезу та елементів мінерального живлення, моделювання водного, вуглеводного та азотного балансу рослин, моделювання процесу утворення зерна;
- створення моделі впливу агрометеорологічних умов на просторове формування вегетативної і репродуктивної сфери злаків на основі польових експериментальних матеріалів (моделі типу 3D);
- моделювання найбільш загального біологічного процесу, який характеризує старіння живих організмів, розпад життєдіяльних структур рослинних тканин, що відбувається при старінні рослин і в стресових умовах;
- моделювання впливу посушливих умов періоду вегетації на продукційний процес рослин, впливу перезволоження на полягання посівів і “стікання” зерна, впливу ранніх весняних заморозків на фотосинтез та дихання рослин, формування морозостійкості рослин озимих культур в різноманітних умовах припинення вегетації осінню;
- моделювання розвитку шкідників та хвороб стосовно таких сільськогосподарських культур як картопля, зернові колосові та виноград і їхній шкодочинний вплив на процеси фотосинтезу, дихання, формування асиміляційного апарату та господарсько-корисної частини урожаю;
- розробка та впровадження в практику роботи Українського ГМЦ та Обласних центрів з гідрометеорології методів агрометеороло-

гічних прогнозів кількості та якості урожаю сільськогосподарських культур та зернового балансу України, включення їх в автоматизовану систему АРМ “Агromетeоролога-прогнозиста”;

- створення математичних моделей міграції радіонуклідів у ґрунті, поглинання радіонуклідів кореневою системою та накопичення радіонуклідів в органах рослин та їх урожаї, моделей водно-сольового режиму та антропогенного забруднення важкими металами урожаю зрошуваних сільськогосподарських культур на Півдні України, моделей формування урожаю на осушених органічних ґрунтах;
- моделювання тепло- та вологозабезпеченості вегетаційного періоду в умовах зміни клімату в Україні. Виконання моделювання впливу збільшення концентрації  $\text{CO}_2$  на характеристики фотосинтезу. Розробка базової моделі формування урожайності для великого набору сільськогосподарських культур, що дозволило оцінити агрокліматичні ресурси вирощування цих культур, їх фотосинтетичну продуктивність та урожайність, а також оцінити кліматичні ризики вирощування сільськогосподарських культур в умовах зміни клімату;
- моделювання викидів парникових газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ) із органічних ґрунтів та накопичення вуглецю у торф’яних ґрунтах (PEAT-GHG-MODEL), а також моделювання викидів парникових газів ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ) із мінеральних ґрунтів агроєкосистем (plant-agrosoil-GHG-model);
- моделювання динаміки органічного вуглецю чорнозему в польовій сівозміні в умовах кліматичних змін;
- сформульовано основні положення регіональної системи моніторингу посух з використанням супутникової інформації;
- моделювання системи “пасовище-довкілля-тварина” стосовно формування продуктивності кормової бази і життєдіяльності північного оленя та вівці.

Підготовка 12 монографій за результатами досліджень, фундаментальних підручників (Ґрунтознавство, Сільськогосподарська метеорологія, Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем, Агromетeорологічні прогнози) та циклу навчальних посібників (14 дисциплін).

Підготовка трьох докторів наук та 45 кандидатів наук.

Представники утвореної наукової школи із країн СНД, Монголії, В'єтнаму, Сирії, Буркіно-Фасо успішно захищали дисертації в спеціалізованих радах Гідрометцентру СРСР, Ленінградському гідрометеорологічному інституті, Ленінградському державному університеті, Всесоюзному інституті рослинництва (м. Ленінград), Агрофізичному інституті (м. Ленінград), Білоруському державному університеті, Київському національному університеті імені Тараса Шевченка; Одеському гідрометеорологічному інституті, Одеському державному екологічному університеті.

Представники наукової школи успішно продовжують дослідження в системах Гідрометслужб своїх держав, науково-дослідних та учбових закладах: Вітченко О. М. — завідувач кафедри екології Білоруського державного університету; Антоненко В. С. — завідувач кафедри міжнародного туризму Київського національного університету культури та мистецтв; Семенова І. Г. — провідний професор кафедри військової підготовки Одеського державного університету; Ву Хонг Хоа — начальник відділу В'єтнамської ради продуктивних сил; Догвадорж Б. — вчений секретар Монгольської Академії Наук; займають провідні посади в Гідрометеорологічній службі України та своїх держав (Кульбіда М. І. — директор Українського гідрометеорологічного центру; Ситов В. М. — начальник Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів; Адаменко Т. І. — начальник відділу агрометеорології Українського гідрометеорологічного центру; Шехадедж Бахідж — начальник Гідрометеорологічного центру Дамаського аеропорту; Нген Ван Вьет — начальник відділу агрометеорології В'єтнамської гідрометеорологічної служби).

#### **Найбільш вагомі результати за останні 5 років:**

- оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси України (монографія Степаненко С. М., Польовий А. М. та інші. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. — Одеса: ТЕС, 2015. — 518 с. (розділи 6-7, с. 257-451);
- характеристика радіаційно-теплових ресурсів в Україні на період до 2050 р. в умовах зміни клімату;
- оцінка кліматичних умов формування посушливих явищ в Україні;
- оцінка кліматичних ризиків вирощування сільськогосподарських культур;

- оцінка впливу кліматичних змін на їх урожайність (монографія Степаненко С. М., Польовий А. М. та інші. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату. — Одеса: ТЕС, 2018. — 546 с. (розділи 6-7, с. 259-498);
- розробка моделей емісії парникових газів (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO, N<sub>2</sub>O) із органічних та мінеральних ґрунтів;
- фундаментальний підручник Польовий А. М., Божко Л. Ю., Адаменко Т. І. Агrometeorологічні прогнози (затверджено вченою радою Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України як підручник для здобувачів вищої освіти за спеціальністю “Науки про Землю”, Протокол № 7 від 04.07.2016 р.). — Харків, 2017. — 503 с. (25,4 др. арк.)

Виконання міжнародних проєктів та тематики МОН України:

- 561975-EPP-1-2015-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP(2015-3320) Adaptive learning environment for competence in economic and societal impacts of local weather, air quality and climate / Адаптивне навчальне середовище для компетентності в економічних та соціальних впливах місцевої погоди, якості повітря та клімату (Erasmus + ECOIMPACT) 15/10/2015-14/10/2018, продовжено до 15/10/2019;
- 586471-EPP-1-2017-1-EE-EPPKA2-SVNE-JP Integrated Doctoral Program for Environmental Policy, Management and Technology / Комплексна докторська програма з екологічної політики, менеджменту природокористування та техноекології” (Erasmus + INTENSE) 15/10/2017-15/10/2020, продовжено до 15/10/2021;
- 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP Multilevel Local, Nation- and Regionwide Education and Training in Climate Services, Climate Change Adaptation and Mitigation / Многоуровневое местное, общенациональное и региональное образование и обучение по климатическому обслуживанию, адаптации к изменению климата и смягчению его последствий (Erasmus + ClimEd) 15/11/2020-15/11/2023.
- Оцінка кліматичних ризиків для галузей економіки України в умовах глобальних змін клімату; початок — 01.01.2015, закінчення — 31.12.2016;

- Оцінка ефективності використання поновлювальних та невичерпних природних ресурсів України в умовах зміни клімату. 01.01.2017-31.12.2019; Номер державної реєстрації НДР: 0117U002423.

Зменшення впливу несприятливих погодних умов та зменшення збитків урожайності сільськогосподарських культур, більш ефективне використання природних ресурсів, пов'язане з раціональним урахуванням ґрунтово-кліматичних умов розміщенням сільськогосподарства, оперативним маневруванням агротехнічними прийомами вирощування сільськогосподарських культур до відповідності з поточними й очікуваними агрометеорологічними умовами в кожному конкретному році в умовах зміни клімату.

Розвиток теорії та практики агрометеорології та агроекології створює нову науково-методичну основу агрометеорологічного забезпечення сільського господарства України.

В наступному тематика наукових досліджень в рамках школи буде розвиватися в наступних основних перспективних напрямках:

1. Оцінка впливу змін клімату на процеси опустелювання, агро-кліматичні ресурси України;
2. Наукове обґрунтування адаптації сільського господарства до фактору зміни клімату та розробки нових технологій вирощування сільськогосподарських культур у зв'язку з можливими змінами ґрунтово-кліматичних зон, принципів випереджаючої адаптації рослинництва до кліматичних змін;
3. Математичне моделювання продуктивності рослин та розробка методів агрометеорологічних прогнозів врожайності сільськогосподарських культур.
4. Подовження математичного моделювання та експериментальних досліджень продукційного процесу рослин.

*Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.*

## **ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЛОДОВИХ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ**

Серед великої кількості вирощуваних в Україні овочевих культур особливе місце належить плодовим овочевим культурам: баклажанам, солодкому перцю та томатам. Основні посівні площі цих культур через їх підвищену вимогливість до тепло та волого забезпечення зосереджені в Степовій зоні України.

Ріст та розвиток рослин відображають взаємодію живого організму з факторами навколишнього середовища. На розвиток рослин впливають світло, тепло, волога, ґрунти, наявність питомих речовин і ін. Всі ці фактори для розвитку рослин рівноцінні і незамінні, діють не ізольовано, а у тісній взаємодії один з одним та в найбільш значній мірі проявляються під час сумісної дії. В Степовій зоні України для одержання високих врожаїв необхідна наявність усіх життєво необхідних факторів у оптимальному співвідношенні. Вирощуванню овочів в цій зоні сприяють теплий клімат, родючі ґрунти та забезпеченість рослин світлом. Тут оптимальне співвідношення життєво необхідних факторів порушується посушливими умовами впродовж вегетаційного періоду, тому в цій зоні овочеві культури вирощуються на зрошуваних полях [1].

Овочеві культури відіграють особливу роль у харчуванні людини через те, що вміщують велику кількість вітамінів та органічних сполук, які нейтралізують неорганічні кислі сполуки, що вводяться в організм з такими продуктами харчування як м'ясо, жири, яйця, вироби з муки, крупи. Така нейтралізація необхідна для більш повного засвоєння білків та підтримки лужної реакції крові і нормального функціонування всього організму людини.

Тривалість вегетаційного періоду культур залежить від скоростиглості сорту, біологічного мінімуму, забезпеченості рослин теплом. Нижня межа розвитку овочевих культур становить відповідно 10-13 °С. За вегетаційний період ці культури вимагають суми температур в залежності від скоростиглості сортів від 2800 до 3800 °С.

Сумарне споживання води овочевими культурами залежить від густоти рослин, суми опадів, кількості та норм поливів, механічного складу ґрунтів. Вирощуються культури розсадним способом і тільки іноді насіння томатів висівається в ґрунт в крайніх південних районах [1].

Продуктивність усіх сільськогосподарських культур, в тому числі і овочевих, обумовлюється сукупністю агрокліматичних показників, які характеризують агрокліматичні ресурси території. Показники агрокліматичних ресурсів повинні всебічно відображати: 1 — наскільки сільськогосподарські культури забезпечені цими ресурсами; 2 — співвідношення ресурсів потребам рослин; 3 — ступінь використання цих ресурсів. В умовах змін клімату значення агрокліматичних показників буде змінюватись і вони будуть не повністю відображати основні агрокліматичні ресурси території [1].

Наприкінці XIX - початку XX століття відбуваються суттєві зміни клімату, що характеризуються різними проявами, серед яких провідними є зміна частоти та інтенсивності кліматичних аномалій та потепління клімату. Сучасне потепління зумовлює значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часовим зрушенням розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням безморозного періоду та тривалості вегетаційного періоду культур. Зміни клімату спричиняють і спричинятимуть у подальшому зміни радіаційного та волого-температурного режиму сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду, збільшенням кількості опадів взимку зменшенні їх влітку та загальним зниженням вологості ґрунтів і зменшення їхньої родючості, виснаженням ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградацією ґрунтів [2].

В умовах зміни клімату через зростання потепління важливим чинником підвищення ефективності вирощування овочевих культур є науково обґрунтоване розміщення їх посівних площ з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослин до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добиватися стійкого зростання величини і якості врожаю, підвищувати віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Метою дослідження є виявлення впливу змін клімату на основні агрокліматичні показники розвитку баклажанів, солодкого перцю та томатів, вегетаційний період яких проходить за середніх температур повітря вище 10 °С.

Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів.

В цьому дослідженні для кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways — RCP), що уявляють собою чотири сценарії, які включають часові ряди викидів і

концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [1, с. 355]. Найбільш дослідженими сценаріями клімату майбутнього вважаються два з них: *RCP4,5* та *RCP8,5*. Найпесимістичнішим є сценарій — *RCP8,5*, який передбачає експоненціальне збільшення кількості вуглецю в атмосфері до кінця XXI ст. приблизно в 2,5 рази відносно сучасного [2].

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А. М. Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур: модель формування продуктивності агроєкосистеми [4]; модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері [5].

Розрахунки виконувались за багаторічними спостереженнями за період з 1986 по 2010 рр. (базовий період) по Степовій зоні України. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату були використані сценарії змін клімату в *RCP4.5* та *RCP8.5* на період з 2021 по 2050 рр.

Досліджувались такі агрокліматичні показники: сумарна радіація, інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР), середня декадна температура повітря за вегетаційний період ( $T_c$ ), сума температур ( $\Sigma T$ ), сума опадів за цей же період ( $\Sigma P$ ), дефіцит насичення повітря (Дмб), сумарне випаровування (Еф), випаровуваність (Ео), дефіцит випаровування (Ео-Еф), гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова (ГТК).

За даними Тоомінга Х. Г. роль сонячної радіації в житті рослин багатостороння і визначається вона не тільки закономірностями зміни елементів фотосинтетичної діяльності рослин в залежності один від одного, але і під впливом змін агротехнічних заходів, густоти рослин, норм і термінів зрошення та норм і термінів живлення, кліматичних змін [6].

Розрахунки надходження сумарної сонячної радіації представлені в (табл. 1).

Як видно із табл. 1 надходження сумарної радіації в базовий період поступово збільшувалось з січня до серпня місяця включно, далі поступово зменшувалось до грудня місяця. Сценарні розрахунки показують, що в період 2021-2050 рр. за обома сценаріями в останній місяць осені і в зимові місяці надходження сумарної радіації за сценарними даними будуть нижче середніх багаторічних базового періоду. Починаючи з березня впродовж всього періоду до листопада розрахункові величини сумарної радіації за

сценарними даними очікуватимуться вищими, ніж в базовий період. Причому більша різниця між середніми величинами базового періоду і розрахованими буде спостерігатись в разі реалізації сценарію *RCP8.5*.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика надходження сумарної сонячної радіації ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) в базовий період з розрахованими величинами за сценаріями на період 2021-2050 рр. за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

Період	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1980-2010	62,3	115,1	127,5	167,8	234,7	248,6	263,5	231,9	167,1	97,2	70,3	67,5
<i>RCP4.5</i>	52,6	88,6	145,3	200,9	242,9	272,3	275,6	241,5	177,8	111,2	62,2	43,4
<i>Різниця</i>	-9,7	-26,5	17,8	33,1	8,2	23,7	12,1	9,6	10,7	14,0	-8,0	-24,1
<i>RCP8.5</i>	58,5	106,7	162,2	228,4	254,6	275,5	292,1	257,5	184,2	121,3	67,3	46,1
<i>Різниця</i>	-3,8	-8,9	34,7	60,6	19,9	26,9	71,4	25,6	17,1	24,1	-3,0	-21,3

Фотосинтетично-активна радіація (ФАР) — найважливіший фактор продуктивності рослин. Інтенсивність ФАР розраховувалась за період з температурами повітря вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  за даними про надходження прямої, розсіяної чи сумарної радіації [6, 7].

Розрахунки показали, що різниця між середньою багаторічною сумою ФАР, яка становить  $175\text{ кДж}/(\text{см}^2\text{-період})$  і розрахованими за сценаріями зміни клімату, які очікуватимуться відповідно на рівні 195 та  $212\text{ кДж}/(\text{см}^2\text{-період})$ , буде коливатись від 20 до  $28\text{ кДж}/(\text{см}^2\text{-період})$ . Аналіз надходження ФАР по декадах вегетаційного періоду овочевих культур показав нерівномірність надходження ФАР за різними сценаріями по декадах.

Динаміка ФАР впродовж вегетаційного періоду овочевих культур представлена на (рис. 1).

Аналіз надходження ФАР по декадах вегетаційного періоду показав нерівномірність надходження ФАР за різними сценаріями по декадах. Чітку закономірність в тенденції зміни сум ФАР по декадах вегетаційного періоду встановити досить складно. Є тільки одна закономірність за обома сценаріями в продовж вегетаційного періоду суми ФАР спостерігатимуться вищими, ніж в базовий період.

В разі реалізації сценарію *RCP4,5* декадні значення сум ФАР очікуються значно нижчі за базові. Але слід відзначити, що на

початку вегетаційного періоду суми ФАР будуть нижчими за середні величини базового періоду. Але вже починаючи з четвертої декади вегетаційного періоду відзначається підвищенням значень сум ФАР, але все ж таки нижчими ніж середні багаторічні. З другої половини останнього десятиріччя відзначатиметься зростання сум ФАР.

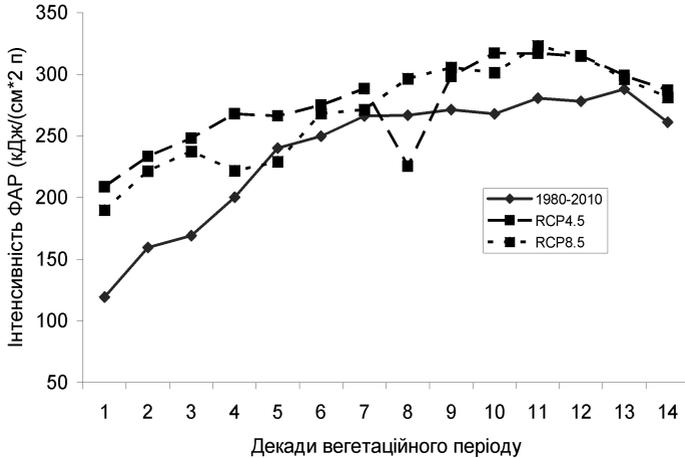


Рис. 1. Порівняння середніх багаторічних величин інтенсивності ФАР на верхній межі рослинного покриву з розрахованими за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

В разі реалізації сценарію *RCP8,5* тенденція зменшення сум ФАР в порівнянні із базовим періодом залишиться. Середні багаторічні значення зростали з 201 до 280 кал/(см<sup>2</sup>·дек) в десятю декаду вегетаційного періоду, далі до кінця періоду спостерігалось поступове зменшення сум ФАР. Що стосується декадних сум ФАР, то найвищими вони будуть в друге десятиріччя, тобто в період з 2031 по 2040 рр. Слід відзначити, що в період з 2041 по 2050 роки починаючи з другої половини спостерігатиметься збільшення сум ФАР до кінця вегетаційного періоду.

Чітку закономірність в тенденції зміни сум ФАР по декадах вегетаційного періоду встановити досить складно. Справа в тому, що суми ФАР в природно-кліматичній зоні за вегетаційний період по окремих десятиріччях відрізняються не значно. Є тільки одна закономірність за обома сценаріями — в усі розрахункові десятиріччя суми ФАР спостерігатимуться значно вищими, ніж в базовий період.

Забезпечення рослин теплом впродовж вегетаційного періоду визначає ареал їх розповсюдження. Для оцінки впливу змін клімату на термічні ресурси овочевих культур розраховувались такі показники:

- середні місячні температури повітря;
- дати переходу температури повітря через 10 °С, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °С, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 10 °С, 15 °С.

Розрахунки середніх за місяць температур за обома сценаріями в Степовій зоні показали, що в зимовий період спостерігатиметься підвищення середньомісячної температури в порівнянні з базовим періодом і тільки в грудні і березні, за сценарієм *RCP8.5* очікуватимуться від’ємні температури. Впродовж вегетаційного періоду за обома сценаріями середньомісячні температури очікуватимуться або близькими до середніх багаторічних за базовий період, або вищими, особливо за умов реалізації сценарію *RCP8.5*.

В таблиці 2, представлені розрахунки дат переходу температури повітря через 10 і 15 °С, тривалість періодів з цими температурами та суми температур.

Таблиця 2.

Порівняльна характеристика середніх багаторічних дат переходу температури повітря через 10 та 15 °С, тривалості періодів і сум температур з розрахованими на період 2021-2050 рр. за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

Період	Дата переходу температури повітря через 10°С		Дата переходу температури повітря через 15°С		Тривалість періоду з температурою вище		Суми температур за період з температурами вище	
	весна	осінь	весна	осінь	10 °С	15 °С	10 °С	15 °С
1980-2010 рр.	14.04	18.10	9.05	25.09	187	137	3488	2896
<i>RCP4.5</i>	14.04	18.10	7.05	24.09	183	139	3528	2786
Різниця	-	-	-2	-1	-4	2	40	-110
<i>RCP8.5</i>	10.04	18.10	18.05	26.09	183	131	3663	2912
Різниця	-4	-	9	2	-	-6	175	16

Дати переходу температури повітря через 10 та 15 °С за сценарієм *RCP4.5* навесні і восени майже співпадатимуть із серед-

німи багаторічними датами базового періоду. За сценарієм *RCP8.5* навесні дати переходу температури повітря через 10 °C і 15 °C навесні наставатимуть раніше середньої багаторічної на 14 та 9 днів, восени вони співпадатимуть із середньою датою базового періоду. Зміщення дат переходу температури повітря через різні межі спричинить зміну тривалості періодів з температурами вище 10 та 15 °C. Вони будуть відповідно на 4-6 днів коротшими середньої багаторічної.

За сценарієм *RCP4.5* суми температур за вегетаційний період вище 10 °C очікуватимуться майже на рівні сум температур базового періоду. Суми температур вище 15 °C будуть нижчими майже на 100 °C.

В разі реалізації сценарію зміни клімату *RCP8.5* суми температур вище 10 °C очікуватимуться вищими майже на 200 °C, а суми температур вище 15 °C очікуватимуться майже на рівні базового періоду. Це свідчить про те, що забезпеченість теплом вегетаційного періоду овочевих культур за сценарієм *RCP4.5* залишиться на рівні базового періоду, а за сценарієм *RCP8.5* буде вищою. Це дасть змогу поширити ареал вирощування середньостиглих і пізньостиглих більш врожайних сортів овочевих культур.

Зволоження території визначається співвідношенням дохідної та витратної частин водного балансу.

Для характеристики зволоження території використовується безліч показників у вигляді тих чи інших функцій від кількості опадів та максимально можливого випаровування. В агрометеорологічній практиці для характеристики вологозабезпеченості території використовується також кількість опадів, що випадають за певний проміжок часу (рік, сезон, вегетаційний період, міжфазний період і ін.), відношення фактичного водоспоживання (сумарного випаровування) до вологопотреби рослин (випаровуваності), коефіцієнти зволоження та ін. [7].

В нашому дослідженні для характеристики умов зволоження розглядалися такі показники: сума опадів за рік; сума опадів за періоди з температурами повітря вище 10, 15 °C; сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування; коефіцієнт зволоження — гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянинова (ГТК) за період з температурами повітря вище 10 °C.

Аналіз розрахунків очікуваних річних сум опадів за сценаріями показав, що в Степовій зоні України за сценарієм *RCP4.5*

суми опади становитимуть 89-90 % від базової суми 93-95 % від базової суми за період за сценарієм *RCP8.5* (табл. 3).

Таблиця 3.

Порівняння середніх багаторічних сум опадів з сумами опадів розрахованими за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

Період	Сума опадів, мм				
	за рік	весна	літо	осінь	зима
1980-2010 рр.	493 (мм / %)	119 (мм / %)	147 (мм / %)	122 (мм / %)	105 (мм / %)
<i>RCP4.5</i>	428 / 87	108 / 91	91 / 62	107 / 88	122 / 116
Різниця	-65	-11	-56	-15	17
<i>RCP8.5</i>	436 / 88	126 / 106	90 / 61	99 / 81	121 / 115
Різниця	-57	7	-57	-23	16

Були також досліджені середні багаторічні і розраховані за сценаріями суми опадів по сезонах року. По сезонах року за розрахунками за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5* спостерігатимуться значні коливання очікуваної кількості опадів і нерівномірність їх розподілу за сезонами. Так, за розрахунками за сценарієм *RCP4.5* весна буде сухішою, ніж в базовий період. Сума опадів становитиме 91 % від середньої багаторічної суми.

Розрахунки за сценарієм *RCP8.5* показують, що весна буде очікуватись з сумою опадів 126 мм що становитиме 107 % сум опадів базового періоду.

Літо буде сухим з сумами опадів біля 56 % від базових сум, як за сценарієм *RCP4.5*, так і за сценарієм *RCP8.5*.

В розрахунковий період 2021-2050 рр. сухою очікуватиметься і осінь, коли суми опадів за обома сценаріями очікуватимуться 107-99 мм, що становитиме 88-81 % від сум опадів базового періоду.

Таким чином можна зробити висновок, що не зважаючи на те, що в деякі періоди очікувані суми опадів будуть вищими за середні суми базового періоду в цілому за обома сценаріями очікувані суми опадів за рік будуть меншими ніж середні багаторічні, отже зросте посушливість весняно-літнього періоду.

Були також проаналізовані інші показники зволоження за період з температурою повітря вище 10 °С, сумарне випаровування, випаровуваність, відношення сумарного випаровування до випаровуваності, дефіцит випаровування та коефіцієнт зволоження ГТК Г. Т. Селянинова (табл. 4).

Таблиця 4.

Порівняння середніх багаторічних показників зволоження за вегетаційний період овочевих культур з розрахованими за сценаріями змін клімату

Період	Сума опадів (мм)	Сумарне випаровування ( $E_{\phi}$ , мм)	Випаровуваність ( $E_0$ , мм)	Відношення $E_{\phi} / E_0$ , відн.од.	Дефіцит випаровування, мм	ГТК, відн. од.
1980-2010 рр.	377	420,2	556,2	0,76	136,0	0,86
<i>RCP 4.5</i>	293	365	516	0,71	151,3	0,80
Різниця	-84	-55,2	-40,2	-0,05	15,3	-0,06
<i>RCP 8.5</i>	290	367,1	543	0,68	173,0	0,79
Різниця	-87,0	-53,1	-13,2	-0,08	37,0	-0,07

Як видно із табл. 4 сума опадів за вегетаційний період овочевих культур за обома сценаріями очікуватиметься майже однаковою і набагато нижчою суми базового періоду на 84-87 мм. Зменшення сум опадів призведе до зменшення сумарного випаровування, випаровуваності і збільшення дефіциту випаровування. Сумарне випаровування зменшиться у майбутньому за обома сценаріями відповідно на 55 та 53 мм, випаровуваність зменшиться відповідно на 40 та 13 мм, дефіцит випаровування збільшиться на 15 та 37 мм.

Буде нижчим і показник зволоження Г. Т. Селянинова ГТК, він становитиме відповідно 0,80-0,76 відн. од. Що свідчить про зростання сухості території Степової зони у розрахунковий період 2021-2050 рр. Зменшення кількості опадів і збільшення дефіциту випаровування вимагатимуть збільшення кількості поливів впродовж вегетаційного періоду овочевих культур для отримання високих врожаїв і, відповідно, збільшення поливної норми. Це, в свою чергу, збільшить собівартість вирощування овочевих культур.

#### Література

1. Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні. — Одеса: Екологія, 2010. — 368 с.
2. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса: Екологія, 2011. — 694 с.
3. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса: ТЕС, 2015. — 520 с.

4. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. — К.: КНТ, 2007. — 344 с.
5. Польовий А. М. Моделювання впливу підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері на фотосинтез зеленого листка // Український гідрометеорологічний журнал. — 2009, № 4. — С. 46-56.
6. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 200 с.
7. Ефимова Н. А. Радиационные факторы продуктивности растительного покрова. — Л.: Гидрометеиздат. 1977. — 201 с.
8. Corobov R. Estimations of climate change impakts on crop production in the Republie of Moldova / Corobov R. // Geojournal. Vol 57(3), 2002. — P. 195-202.
9. Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China. H. Han<sup>1</sup>, Z. Lil<sup>1</sup>, T. Ning<sup>1</sup>, X. Zhang<sup>2</sup>, Y. Shan<sup>3</sup>, M. Bail // Plant Soil Environ. — 54, 2008(7). — P. 313-319.

*Феоктістов П. О., Ярмольська О. Є.,  
Гаврилов С. В., Помонд С. А.*

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ  
СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ТИПОВО ОЗИМИХ ТА ДВОРУЧОК  
ПРИ ПРОХОДЖЕННІ І ФАЗИ ЗАГАРТУВАННЯ  
НА РІЗНИХ ФОТОПЕРІОДАХ**

*Вступ*

Проблема постійного нарощування валових зборів зерна на Україні безпосередньо пов'язана зі створенням та впровадженням у сільськогосподарське виробництво сортів сільськогосподарських культур, які мінімально знижують урожай за дії екстремальних факторів середовища [1]. Для цілеспрямованого створення сортів такого типу необхідно знати генетичні і фізіолого-біохімічні основи стійкості рослин до негативного впливу температурного стресора та водного дефіциту, що передбачає вирішення питань методології оціночної роботи. За умов глобальних змін у кліматі завдання ускладнюється необхідністю врахування не тільки сучасних особливостей погодних умов для конкретної кліматичної зони, але і розрахунком трендів та прогнозів майбутніх змін цих умов.

Для оцінки адаптивності використовують різноманітні способи, але вони, зазвичай, відображають тільки окремі фізіологічні

механізми стійкості, які далеко не завжди є вирішальними для проявлення дійсних адаптивних можливостей генотипу. Слабо вивчені питання спроможності рослинного організму, в залежності від його фізіологічного стану в осінній період, протистояти дії негативних температур та інших несприятливих факторів зимівлі. Поза увагою залишаються питання, пов'язані з фізіологічними особливостями реакції рослин на різні осінні погодні умови і, в першу чергу, температуру, інтенсивність та тривалість освітлення. Динамічна взаємодія різних температурних умов, інтенсивності та тривалості освітлення на рослинний організм восени викликає далеко неоднозначну відповідну реакцію, про що свідчать різкі зміни рівня зимостійкості не тільки по роках, але і в межах окремої зими [2].

Однією з найважливіших зернофуражних культур України є ячмінь, до 90 відсотків посівів якого припадає на південні регіони: Одеську, Миколаївську, Херсонську області та Крим. Виробництво зерна ячменю в Україні характеризується несталістю врожаїв внаслідок несприятливого впливу абіотичних факторів. Тому головні завдання селекційних програм з селекції ячменю завжди були спрямовані на підвищення і стабілізацію врожаїв за рахунок створення більш адаптивних сортів. Одним з напрямків стабілізації валового збору зерна ячменю стало впровадження у виробництво сортів-дворучок. До недавнього часу дворучки не мали широкого розповсюдження. Завдяки роботам академіка П. Х. Гаркавого [3] дворучки поступово зайняли суттєве місце в сільськогосподарському виробництві півдня України. Біологічною особливістю дворучок є те, що восени вони пізніше закінчують вегетацію, порівняно з типово озимими сортами, а весною раніше її відновлюють. Завдяки цьому, вони краще розвиваються при пізніх сходах, що в посушливому степу трапляється часто. При зимово-весняних сходах типово озимі сорти починають рости й розвиватись пізно, при цьому верхній шар ґрунту пересихає й куціння йде погано. Сорти-дворучки встигають використати невеликі весняні запаси вологи для куціння й у такі роки дають вищий врожай. Виходячи з вище сказаного, створення експресних і економічних способів розподілу генотипів озимого ячменю на типово озимі та дворучки дозволить значною мірою підвищити ефективність селекції.

В наших дослідженнях ми виходили з того, що на формування морозо-, зимостійкості, крім фотоперіодичної чутливості і три-

валості яровизації, значно впливає температурний поріг сорту та швидкість його загартування в осінній період. Якщо для фотоперіодично чутливих дворучок цей вплив, можливо, і не такий важливий, то для типово озимих сортів він може мати вирішальне значення. У період осінньої вегетації часто складаються такі температурно-світлові умови, за яких процес загартування майже не проходить. Бувають роки, в які налічуються не більше 5 діб з умовами, сприятливими для загартування озимих. В такі роки генотипи, що характеризуються більш високим температурним порогом та більшою швидкістю загартування мають перевагу перед іншими, навіть більш стійкими.

**Матеріали та методи досліджень**

В модельному досліді було вивчено в динаміці накопичення цукрів та формування стійкості до морозу рослинами сортів ячменю: типово озимими, дворучками та ярими. В досліді вивчали: Метелиця, Зимовий, Трудівник — типово озимі; Росава, Основа, Тамань — дворучки; Адапт, Сталкер, Вакула — ярі.

Першу фазу загартування проводили на двох фотоперіодах: СФ — 10-годинне освітлення та ПО — постійне освітлення. Температуру на I фазі витримували +2,5 °С, в досліді планували 6 експозицій за тривалістю загартування: 5, 10, 15, 20, 25 та 30 діб.

В заданому температурному режимі у динаміці накопичення цукрів у вузлах кущіння рослин як у типово озимих сортів так і дворучок істотної різниці не спостерігалось. У сортів-дворучок накопичення цукрів досягало піку на 15 добу як на СФ так і ПО (рис. 1) при цьому показник “вміст цукрів у вузлах кущіння” на ПО був вищим на всіх експозиціях загартування.

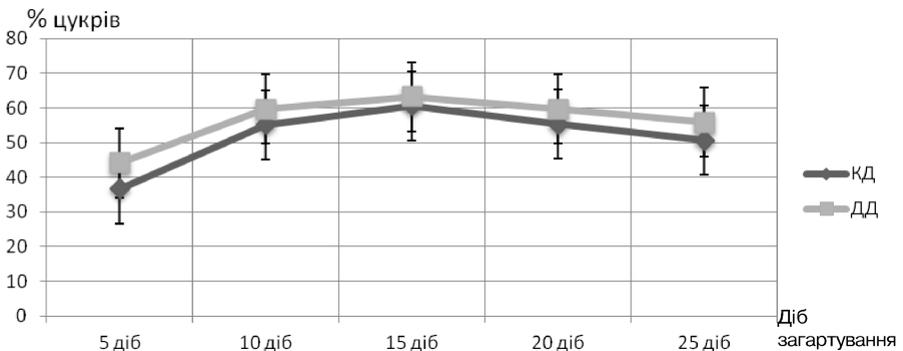


Рис. 1. Динаміка вмісту цукрів (T +2.5 °C), дворучки

Що стосується типово озимих сортів, використаних в експерименті, то на ПО (рис. 2) пік спостерігали на 15 добу, на СФ за даним показником пік спостерігався на 20 добу (при цьому на 20 добу вміст цукрів на СФ був вищим ніж при ПО).

% цукрів

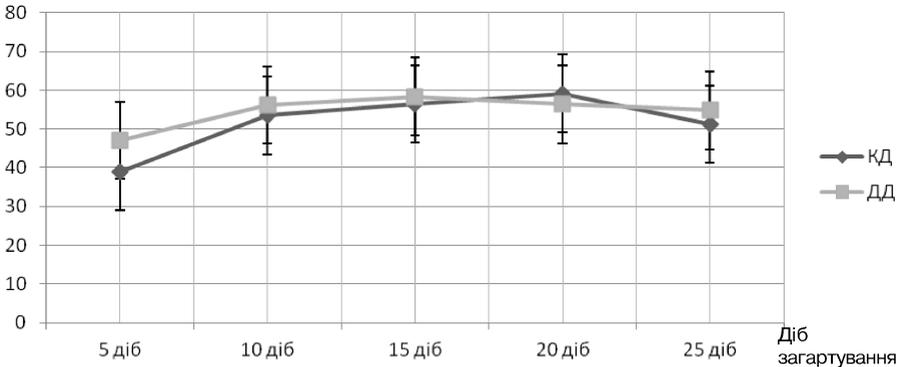


Рис. 2. Динаміка вмісту цукрів ( $T + 2.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), озимі

Ярі сорти досягали піку на десятю добу. На КД спостерігали (рис. 3) вихід на плато, на ДД поступове зниження даного показника.

% цукрів

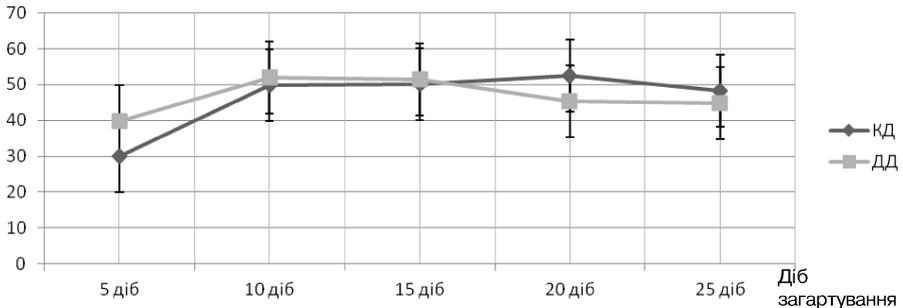


Рис. 3. Динаміка вмісту цукрів ( $T + 2.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ярі

Тепер зупинимося на особливостях формування стійкості рослин до морозу у досліджуваних сортів у даному досліді. Стійкість до морозу визначали рулонним методом у модифікації відділу: температура проморожування  $-9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , експозиція — 24 години. Вивчено динаміку формування морозостійкості рослинами озимого ячменю при загартуванні їх на першій фазі на різних фотоперіо-

дах. Було проведено три цикли проморожувань. Результати досліджень представлені в діаграмах.

На скороченому фотоперіоді при програмуванні температури 2,5 °С характеристики динаміки формування морозостійкості рослинами озимого ячменю (рис. 4) у обох біотипів були схожими.

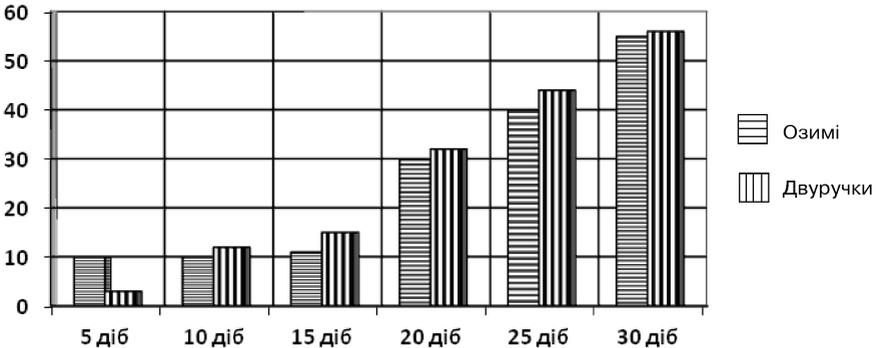


Рис. 4. Динаміка формування стійкості рослинами озимого ячменю у сортів як типово озимих, так і дворучок на скороченому фотоперіоді СФ при програмуванні температури 2,5 °С на першій фазі загартування

При загартуванні рослин озимого ячменю на постійному освітленні спостерігали значну різницю у сформованій рослинами стійкості до морозу між біотипами (рис. 5). Якщо рослини сортів дворучок знижували свою стійкість по відношенню до такої на скороченому фотоперіоді, то сорти типово озимі формували більш високу стійкість, яка значно перевищувала сорти дворучки.

Аналізуючи отримані результати, необхідно відзначити, що досліджуванні сорти дворучки формували більш високу морозостійкість на скороченому фотоперіоді в порівнянні з постійним освітленням, яка досягала максимуму на 30 добу загартування. В залежності від сорту вона була вищою на 14-25 %. При постійному освітленні рослини типово озимих сортів характеризувались прямопропорційним підвищенням стійкості, яка досягала максимуму на 30 добу. При цьому найбільша різниця між варіантами освітлення спостерігалась на 20 та 25 добу загартування, поступово невілюючись на 30 загартування. Підтвердженням даного факту слугують результати визначення стійкості рослин озимого ячменю до морозу на розширеному наборі сортів селекції інституту [4] при загартуванні їх на різних фотоперіодах (табл. 1).

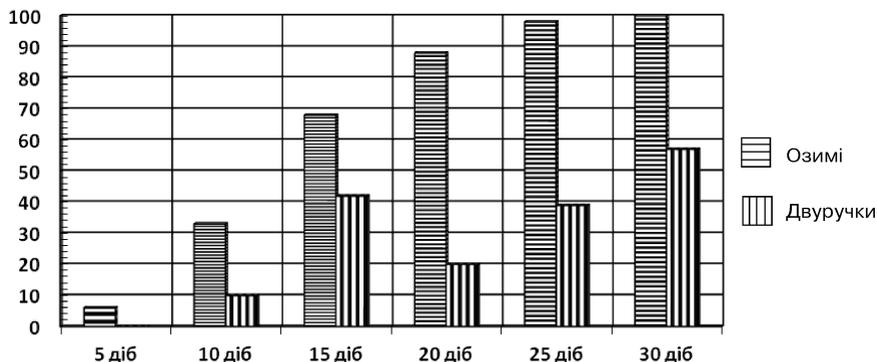


Рис. 5. Динаміка формування морозостійкості рослинами озимого ячменю сортами як типово озимими, так і дворучками при постійному освітленні на 2,5 °С

Таблиця 1.

Морозостійкість сортів озимого ячменю в залежності від довжини дня на першій фазі загартування, % живих рослин

№ з/п	Назва сорту	СФ (скорочений фотоперіод)	ПО (постійне освітлення)
1	Тамань	77 ± 11,2	37 ± 12,6
2	Одеський 170	73 ± 11,9	55 ± 13,1
3	Абориген	47 ± 13,2	52 ± 13,1
4	Трудівник	53 ± 13,1	37 ± 12,5
5	Метелиця	97 ± 4,5	76 ± 11,5
6	Манас	93 ± 6,6	81 ± 10,3
7	Основа	80 ± 10,7	54 ± 13,5
8	Росава	76 ± 11,5	25 ± 11,2
9	Достойний	38 ± 13,1	36 ± 13,0
10	Зимовий	56 ± 12,9	52 ± 13,1
11	Зимран	64 ± 13,0	67 ± 12,5
12	Роман	68 ± 12,5	46 ± 13,0
13	Оксамит	71 ± 12,0	33 ± 12,7
14	Паралелум 402	55 ± 12,9	67 ± 12,5
15	Синтез	33 ± 12,5	65 ± 12,3

Так, наприклад, сорти-дворучки Тамань, Основа, Росава, Оксамит сформували притаманну їм стійкість до морозу на скороченому фотоперіоді, тоді як при постійному освітленні їх морозостійкість істотно зменшилась на 26...51 %. В той же час рослини типово

озимих сортів: Метелиця, Манас, Зимовий, Зимран, Паралелум 402 та Синтез — мали стійкість до морозу на рівні сформованої на скороченому фотоперіоді або значно вищу.

Результати проведених досліджень дають можливість їх використати для розробки лабораторного способу розподілу генотипів озимого ячменю на типово озимі та дворучки.

Що стосується стійкості ярих сортів. Нажаль, температура в  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  виявилась летальною для всіх ярих сортів як для всіх фотоперіодів, так і експозицій досліду.

### ***Висновки***

Таким чином, як свідчать результати, отримані в першій серії дослідів:

- програмування температур I фази загартування нижче біологічного нуля культури дозволяє рослинам усіх сортів (озимих, ярих, дворучок) накопичувати значну кількість цукрів, що слугують кріопротекторами;
- величина сформованої морозостійкості рослинами сортів як типово озимих, так і дворучок у даному досліді при програмуванні різних фотоперіодів істотно різнилась;
- рослини сортів дворучок формували максимальну стійкість до морозу на скороченому фотоперіоді, при цьому починаючи з 20 доби загартування різниця між скороченим фотоперіодом та постійним освітленням збільшувалась та досягала максимуму на 30 добу;
- рослини типово озимих сортів ячменю формували максимальну морозостійкість при постійному освітленні. Починаючи з 15 доби різниця між варіантами освітлення збільшувалась, досягаючи максимальних значень на 25 добу загартування, на 30 добу рослини формували максимальну стійкість до морозу, при цьому різниця між варіантами освітлення нівелювалась.
- виходячи з вищезазначеного можливо зробити висновки, що для оцінки в лабораторних умовах статичної морозостійкості рослин озимого ячменю обох біотипів слід програмувати першу фазу загартування на скороченому фотоперіоді СФ з температурою  $2,5...3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- проморожування рослин озимого ячменю після загартування їх на різних фотоперіодах дозволить визначити їх біотип. Дворучки на скороченому фотоперіоді СФ формують більш високу морозостійкість, ніж при постійному освітленні;

- перший пік за морозостійкістю рослин та кількістю цукрів у вузлах кушіння на 15 добу загартування дозволить використати цю експозицію загартування для визначення показника швидкості загартування.

Виходячи з вище сказаного, створення експресних і економічних способів розподілу генотипів озимого ячменю на типово озимі та дворучки дозволить значною мірою підвищити ефективність селекції.

### *Література*

1. Ситник В. П. Наукове забезпечення виробництва конкурентоспроможного зерна в Україні / Ситник В. П. // Зб наук. праць ІЗ УААН. — К., 2004. — С. 5-9.
2. Гаврилов С. В. Методи визначення стану озимих культур протягом зимівлі (Методичні рекомендації) / Гаврилов С. В., Феоктістов П. О., Нагуляк О. І., Блищик Д. В., Бабаш А. Б. — Одеса: Астропринт, 2019. — 19 с.
3. Гаркавый П. Ф. Особенности развития разных типов ячменя (двуручек и озимых) в связи с их зимостойкостью / Гаркавый П. Ф. // Научные труды ВСГИ. — Одесса, 1974. — Вып. 11. — С. 80-97.
4. Лінчевський А. А. 92 роки селекції ячменю / Лінчевський А. А. // Зб. наук. праць СП. — Одеса, 2008. — Вип. 12 (52). — С. 24-49.

*Божко Л. Ю.,*

*Барсукова О. А., Черновалюк Р. Г.*

### **АНАЛІЗ ТА ЙМОВІРНІСНА ОЦІНКА ЧАСОВИХ РЯДІВ УРОЖАЙНОСТІ ЧЕЧЕВИЦІ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Сочевиця — одна з найдавніших сільськогосподарських поширення рослин. Її використовували ще 7 тис. років до н.е., про що свідчать згадки на санскриті (мова Древньої Індії). Нею харчувалися древні єгиптяни, індуси, араби. Сочевиця добре відома в культурі Античного Риму і Греції. Крупнонасінна сочевиця походить з Середземномор'я, а дрібнонасінна — з Південно-Західної Азії. В Україні сочевицю вирощують з XIV століття. Про неї згадується в Київських літописах (XV століття). Сочевицю вирощують в Індії, Туреччині, Чилі, Єгипті, Іспанії, Румунії. Світова площа посіву становить 3,4 млн. га [1, 2].

Сочевиця одна із цінних бобових культур. Її вирощують для продовольчих і кормових цілей на зелений корм і сіно. За вмістом білка в насінні (до 36 %) вона як і квасоля, переважає всі інші бобові культури. Крім того, сочевиця ціниться засвоюваністю організмом людини, розварюваністю і смаковими якостями. Сочевицю використовують в харчовій промисловості для виготовлення перших страв, різних каш, киселю, консервів. З її борошна виготовляють печиво, ковбасні вироби, шоколад та ін. Зерно сочевиці є цінним білковим кормом. Ніжна вегетативна маса сочевиці містить 6-10 % білка і за кормовою цінністю прирівнюється до лучного сіна. Використовується на корм солома і полова (до 18 % білка). Як бобова культура сочевиця збагачує ґрунт азотом і є добрим попередником для зернових культур. Сочевиця ділиться на дві основні групи: крупнонасінна (діаметр більше 5,5 мм) і дрібнонасінна (діаметр до 5,5 мм). Висота рослин крупнонасінної 50-70 см, дрібнонасінної — до 50 см. Зерна крупнонасінної сочевиці зеленого забарвлення мають найвищі харчові якості, відзначаються високим вмістом білка. Дрібнонасінна сочевиця використовується на корм тваринам. Сочевиця — культура, яка значно реагує на терміни збирання. При запізненні із збиранням, поганими умовами зберігання зелене забарвлення переходить у коричневе і товарні якості насіння різко знижуються [1, 2].

Урожайність сочевиці коливається в межах 8,8 ц/га, а виробництво зерна сочевиці становить близько 3 млн. т. В Україні на невеликих площах її сіють у Вінницькій, Полтавській, Київській, Дніпропетровській, Кіровоградській, Одеській, Хмельницькій областях. Середня врожайність зерна — 12-13 ц/га, окремі господарства збирають по 20-25 ц/га і більше. Основна причина недостатнього поширення цієї культури — її низькорослість, що створює проблеми при збиранні врожаю.

Формування врожаю сільськогосподарських культур — складний процес, що залежить від ряду природно-кліматичних і економічних факторів. Прогнозування врожаю ведеться двома взаємодоповнюючими одне одного методами, які враховують основні групи впливових факторів: природно-кліматичних і господарчо-економічних. Прогнозування врожаю на перспективу засновано на урахуванні змінних господарчо-економічних умов. Головна увага приділяється екстраполяції і прогнозуванню господарсько-економічних умов, що визначають загальний рівень землеробства, на

фоні якого розгортається дія природно-кліматичних факторів. Вплив цих суттєвих факторів найчастіше в поняттях “тенденція” та “тренд урожайності”. Одні виключають з розгляду зміни ґрунтово-кліматичних умов, визначаючи тренд при умові збереження їх середнього рівня, інші розуміють під трендом функцію, що описує загальну середньостатистичну зміну рівня урожайності.

Використання трендів при прогнозуванні урожайності має подвійну мету: 1) вибором тренда елімінувати ту долю врожаю, яка визначається рівнем землеробства в широкому розумінні слова; 2) екстраполяцію динаміки тренда на перспективу. Постановка цієї задачі зумовлена тим, що в агрометеорологічній літературі розглядають динамічний ряд урожайності як нестационарний процес:

$$Y(t) = f(t) + U_i, \quad (1)$$

де  $t$  — приймає значення з натурального ряду чисел;  $f(t)$  — стаціонарна складова, випадкова функція;  $U_i$  — випадкова функція часового ряду;  $Y(t)$  — урожайність.

Тренд, отриманий будь-яким способом для рішення другої задачі при агрометеорологічному прогнозуванні, зазвичай, екстраполюється за часом на крок вперед, аби отримати значення рівня тренда на рік складання прогнозу.

При виділенні трендів потрібний об’єктивний аналіз умов, в яких розгортається часовий ряд урожайності, розуміння основних закономірностей і факторів, що впливають на динаміку урожайності. При цьому важливо правильно обрати довжину часового ряду. При різній його довжині можуть бути отримані тренди з неоднаковою динамікою, що описують “об’єктивно” існуючі закономірності. Необхідно використовувати ряд такої довжини, аби його було достатньо для виявлення закономірностей в зміні рівня землеробства. На поведінку трендів мають бути накладені певні умови “доволі” поступових змін, відповідних нашим уявленням про властивості інерційності культури землеробства.

В останні роки для аналізу динаміки урожайності і оцінки культури землеробства використовують метод гармонічних зважувань [3].

Основна ідея методу гармонічних зважувань полягає в тому, що в результаті зважування певним методом окремих спостережень часового ряду, більш пізнім спостереженням надаються більші ваги. Тобто, вплив більш пізніх спостережень має більше відобразитися на прогнозованій оцінці, ніж вплив більш ранніх.

За даними Польового А. М. [3] при розрахунку тенденції урожайності сільськогосподарської культури на прогнозований рік необхідно враховувати, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається середня по області врожайність культури, має нараховувати не менше 18 років. При цих умовах, років, що формують одну фазу ковзаючого тренда, має бути 16 ( $k=16$ ).

Дослідження врожайності сочевиці виконувалось на матеріалах паралельних спостережень за урожайністю та агрометеорологічними умовами з 2000 по 2020 роки по станціях Одеської області.

Урожайність сочевиці, як і інших сільськогосподарських культур, залежить від великої кількості факторів. Динаміка врожаїв сочевиці розглядається як зміна культури землеробства, на фоні якої відбуваються випадкові коливання, що пов'язані переважно з особливостями погодних умов окремих років.

На підставі досліджень особливостей динаміки врожаїв сочевиці по території Одеської області появилася можливість оцінити приріст її врожаїв окремо за рахунок культури землеробства та погодних умов. Для цього були побудовані графіки динаміки врожаїв сочевиці в окремих районах за досліджуваний період.

Для аналітичного вирівнювання тенденції врожаїв сочевиці використовувалось рівняння прямої або параболи другого порядку (рис. 1).

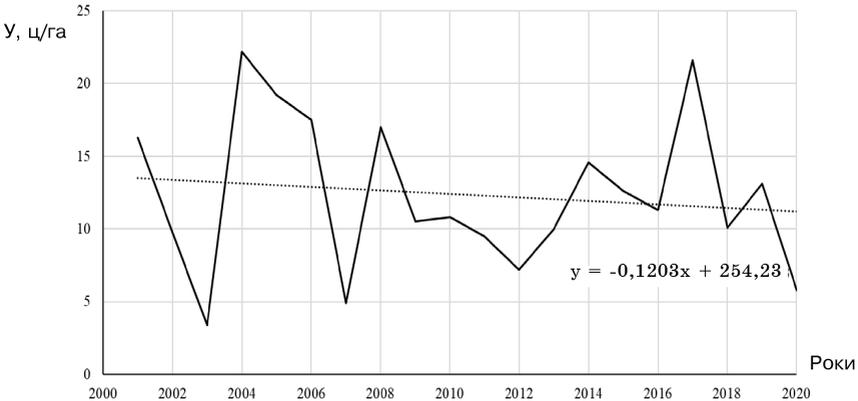


Рис. 1. Динаміка врожайності сочевиці та лінія тренду в Одеській області

На графіках динаміки врожаїв на вісі  $x$  відкладаються порядкові номери років спостереження. По вісі  $y$  — врожайність за

кожен рік, ц/га. Лінія тренда характеризує тенденцію зростання врожайів за досліджуваний період за рахунок культури землеробства. За характером ломаної визначається вид рівняння лінії тренду.

За досліджуваний період у Одеській області урожайність сочевиці коливалася від 3,0 до 23 ц/га (рис. 1). Лінія тренду вказує на те, що урожайність сочевиці по області має тенденцію до зменшення.

Аналіз лінії тренда дозволив визначити періоди рівномірних змін урожайності та розрахувати приріст урожайності за різні періоди.

Амплітуда коливань урожайності сочевиці на початку досліджуваного періоду становить в середньому (3-7 ц/га), а в середині періоду вона збільшується і досягає 22 ц/га. Це говорить про те, що навіть за високого рівня культури землеробства ці відхилення залишаються значними, що підкреслює вплив погодних умов на формування урожайності сочевиці.

На рис. 2 показано вплив агрометеорологічних умов окремих років на формування врожаю. На ньому зображено відхилення врожаю в окремі роки від точок лінії тренду, т.  $\Delta \hat{I}_i$ . За період з 2000 по 2020 рр. 9 років спостерігались позитивні відхилення. В ці роки складались сприятливі умови тепла та вологозабезпеченості для росту та формування сочевиці. За цей же період 11 років спостерігались від'ємні відхилення, складались несприятливі умови погоди (посухи, суховії, град).

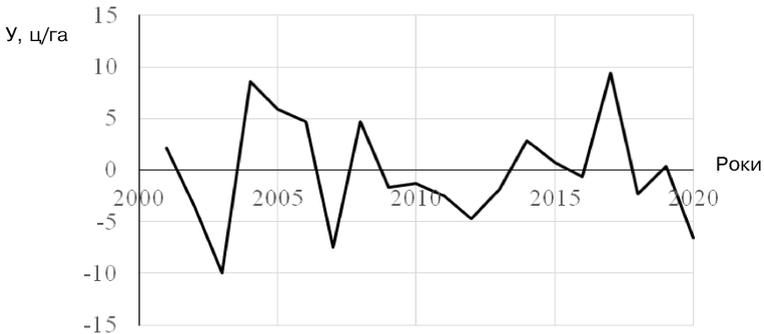


Рис. 2. Відхилення врожайності сочевиці в окремі роки від лінії тренда в Одеській області

Але відхилення від тренду можуть бути як від'ємними, так і додатними, що ускладнює проведення агрометеорологічних розра-

хунків. Щоб позбутися знаку, використали коефіцієнт ( $K$ ), який розраховується за флокуюлою як відношення фактичної урожайності до урожаю по тренду.

$$K = \frac{I_i}{\hat{I}_i} \quad (2)$$

де  $K$  — коефіцієнт, що оцінює сприятливість погодних умов конкретного року;  $I_i$  — фактичний урожай конкретного року;  $\hat{I}_i$  — урожай по тренду.

Величина ( $K$ ) близька до 1 — відповідає середнім умовам погоди,  $K < 1$  відповідає несприятливим умовам погоди для формування урожаю сочевиці і  $K > 1$  — сприятливим.

Ймовірність появи років зі сприятливими та середніми агрометеорологічними умовами становить 45 % і рівень урожайності при цьому коливається від 12,0 до 22,2 ц/га.

Роки з несприятливими агрометеорологічними умовами зростання сочевиці займають 55 % всіх випадків. В ці роки урожайність змінювалась від 3,4 до 10,8 ц/га.

Таким чином, можна зробити висновок, що незважаючи на поліпшення культури землеробства, залежність врожайності сочевиці від агрометеорологічних умов щорічно є значимою. Це вказує на необхідність більш детального вивчення впливу агрометеорологічних показників на формування сочевиці.

Для виявлення просторово-часової мінливості агрокліматичних показників в агрокліматології широко використовується графоаналітичний метод Алексєєва [4]. Виходячи з теоретичних та практичних міркувань, Г.А. Алексєєв запропонував для побудови емпіричної кривої забезпеченості використовувати рівняння:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0.25}{n + 0.50} \cdot 100 \% \quad , \quad (3)$$

де  $P_{(x_m)}$  — забезпеченість в відсотках, значення якої послідовно зростають,  $m = 1, 2, \dots, n$  — порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку убутання;  $n$  — число років або спостережень в ряду.

Цей метод був застосований нами для визначення між річної мінливості урожаю сочевиці в Одеській області. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 2000 по 2020 роки. За цими даними були побудовані криві сумарної ймовірності можли-

вих урожаїв сочевиці щодо середніх багаторічних значень (рис. 3). При цьому ставилася задача виявити особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Була розрахована сумарна імовірність і імовірність урожаю сочевиці різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95 %. Результати цієї роботи були представлені в табл. 1.

Таблиця 1.

Забезпеченість можливих урожаїв сочевиці (ц/га)  
в Одеській області

Період	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
1995-2019	22,0	20,0	17,2	15,0	12,8	11,0	10,3	9,9	8,5	5,5	3,6

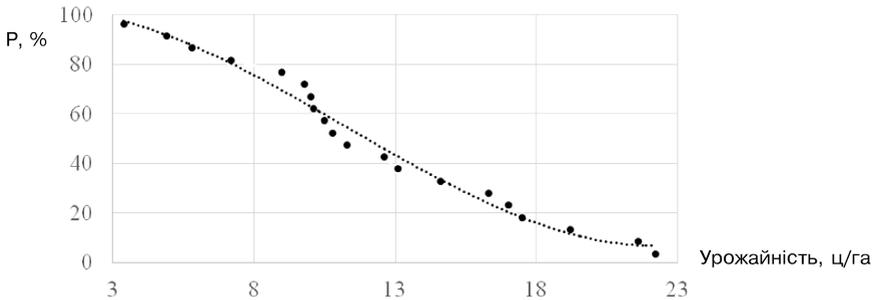


Рис. 3. Крива сумарної імовірності урожайності сочевиці  
в Одеській області

Аналіз (рис. 3) показав, що в Одеській області урожаї сочевиці порядку 22 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз у двадцять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише 3,6 ц/га. Ймовірність отримання урожаїв порядку 9,9 ц/га — 70 %, тобто 7 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 20 ц/га — 10 %, тобто 1 раз в 10 років.

Аналіз розрахунків ймовірності фактичних урожаїв сочевиці в Одеській області дозволяє зробити висновок, що не дивлячись на деяке незначне зниження урожаїв протягом останніх років, несприятливі погодні умови здатні знизити урожайність майже у два рази у порівнянні з середньо багаторічною урожайністю. Особливо це може відбуватись через сучасне потепління клімату і підвищення посушливості.

### *Література*

1. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Підр. / В. Д. Паламарчук, І. С. Поліщук, С. М. Каленська, Л. М. Єрмакова. — Вінниця, 2013. — 724 с.
2. Клиша А. І. Сочевиця: цінна зернобобова культура / А. І. Клиша, О. О. Кулініч // *Агроном.* — 2010, № 4. — С. 176-177.
3. Полевой А. И. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 286 с.
4. Алексеев Г. А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — 362 с.

*Корень В. В., Костюкевич Т. К.*

### **СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Надійне забезпечення населення країни продовольством має стратегічне значення в умовах глобальної світової фінансової та економічної кризи. У вирішенні проблеми продовольчої безпеки особлива роль належить зерну кукурудзи як найважливішому та соціально значиму продукту. Велике значення кукурудзи в виробництві кормів. У якості високоенергетичного корму зерно кукурудзи придатне для годування всіх видів тварин і птахів.

Сьогодні кукурудза ще й основне джерело сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі. Це обумовлено її високою врожайністю і відсутністю проблем у вирощуванні. Однак, для забезпечення необхідною кількістю біомаси, її виробництво має досягти високих показників ефективності. За розмірами посівної площі вона посідає друге місце в Україні після озимої пшениці та ранніх ярих культур і відіграє значну роль у зерновому балансі країни [1, 2].

Можливість використання кукурудзи в якості найважливішого об'єкту землеробської культури в різних ґрунтово-кліматичних умовах, свідчить про її високу лабільності, про здатність успішно адаптуватися до значних коливань і різними сполученнями життєвих факторів. Разом з тим умови, необхідні для зростання і розвитку кукурудзи, не можуть бути нескінченно варіабельними. Параметри цих умов визначаються перш всього екологічними особ-

ливостями рослин, що склалися в ході тривалої еволюції виду під впливом природних факторів і свідомої діяльності багатьох поколінь землеробів.

Ці особливості визначаються насамперед реакцією рослини на вплив таких чинників, як вода, температура ґрунту і повітря, кислотність ґрунту і забезпеченість її необхідними запасами доступних рослинні елементів мінерального живлення, світла, взаємодії між рослинами кукурудзи та іншими рослинами в посіві.

Кукурудза може нормально розвиватися й накопичувати значні кількості органічної речовини при оптимальному поєднанні всіх зазначених факторів. Саме цим і визначається необхідність максимально точного вивчення та визначення таких оптимальних поєднань екологічних факторів і їх фізіолого-біохімічної дії та рослини кукурудзи [3].

Збільшення обсягів вирощування кукурудзи змінило український пояс сільськогосподарського виробництва. Кукурудзяний пояс перемістився на північ і захід, поступово витісняючи пшеницю, овес і ячмінь. На сьогодні немає жодної культури, яка змогла б витіснити кукурудзу [4]. Вирощування кукурудзи дає підприємцям можливість отримати більший прибуток через високу врожайність і розширення ринків. За рахунок цього вони стають багатшими і мають можливість купувати нове обладнання й ще більше розвивати виробництво кукурудзи.

Динаміка виробництва кукурудзи в Чернігівській області у порівнянні з Україною представлено в табл. 1. В 2020 році врожайність кукурудзи на зерно в Чернігівській області становила 77,1 ц/га, що на 3 % менш ніж у попередньому сезоні. Такий стрибок пов'язано, перш за все, з несприятливими агрометеорологічними умовами 2020 року [5]. В середньому в останні роки врожайність кукурудзи становить близько 80 ц/га [6].

В цілому врожайність зерна кукурудзи в області вище ніж по Україні (табл. 1). Найбільші врожай станом на 2020 рік отримано в Волинській (92,5 ц/га), Хмельницькій (90,4 ц/га), Херсонській (89,4 ц/га) та Львівській (88,0 ц/га) областях. Надзиські врожаї отримано в Дніпропетровській (24,1 ц/га), Одеській (62,7 ц/га) та Кіровоградській (27,6 ц/га) областях [6].

Станом на 2020 рік лідерами за обсягом посівних площ, що були зайняті під кукурудзою по областям є: Чернігівська — 38,0 %, Сумська — 34,5 %, Черкаська — 34,0 %, Закарпатська — 26,5 %,

Вінницька — 25,0 %, Кіровоградська — 22,4 % від рілля в області. В Чернігівській області під посівами кукурудзи на зерно в 2020 році було зайнято 566,2 тис га, що на 14 % більше ніж у 2019 році [6].

Таблиця 1.

Динаміка виробництва кукурудзи на зерно  
в Україні та в Чернігівській області

Показник	Роки						
	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020
<b>Урожайність, ц/га</b>							
Україна	30,1	43,2	45,1	57,1	78,8	71,9	56,2
Чернігівська область	39,4	52,8	39,7	69,0	94,0	79,5	77,1
<b>Площа, тисяч га</b>							
Україна	1278,8	1659,6	2647,6	4083,3	4564,2	4984,9	5451,3
Чернігівська область	27,8	100,9	203,6	356,6	409,3	493,8	566,2
<b>Обсяг виробництва, тисяч т</b>							
Україна	1364,0	7167,0	11953,0	23328,0	35801,0	35840,0	30290,3
Чернігівська область	39,4	52,8	39,7	2461,0	3846,6	3927,8	4300,2

За останні роки площі зайняті під кукурудзою як в Чернігівській області, так й Україні в цілому збільшуються дуже швидко (табл. 1). Наочно бачимо, що різкі зміни у динаміці площ почали відбуватися на початку 2000-х рр. Поступово відбувалося збільшення площ під кукурудзою на зерно: якщо в 2000 році було засіяно 2,1 тисяч га, то в 2010 році — 80,2 тисяч га. В Україні площа під посівами кукурудзи на зерно за останні 20 років збільшилась в 4,2 рази (табл. 1). Настільки високий приріст посівних площ, пов'язано зі змінами клімату в Україні що відбуваються досить швидко — там де раніше кукурудзу майже не вирощували (південні та західні райони) зараз вона дає високі врожаї, а також високим попитом на зерно кукурудзи як в країні та й на міжнародному ринку.

Розглянемо, як змінювалась динаміка обсягів виробництва кукурудзи на зерно в Чернігівській області в останні 20 років (табл. 1). Наочно бачимо, що починаючи з середини 2000-х рр. також стрімко відбувається збільшення обсягів виробництва зерна: якщо в 2000 році було отримано 34, тисяч т., то в 2019 та 2020 роках — 3927,8 та 4300,2 тисяч т. Настільки високий приріст було досягнуто як за рахунок зростання посівних площ (більш ніж в 200 разів), так й за рахунок зростання врожайності культури.

На процес формування врожаю сільськогосподарських культур, як відомо, впливає безліч чинників. Підвищення ефективності рослинництва повинно бути спрямовано на забезпечення максимально можливого врожаю в існуючих ґрунтових, кліматичних та економічних умовах. Узгодження потреб рослин до умов зовнішнього середовища є основним екологічним принципом підвищення продуктивності. При цьому, якість врожаю, що залежать від людини, — сортовий склад, рівень агротехніки, енергоозброєність та інші — можуть лише послабити або посилити вплив природно-кліматичних складових.

У зв'язку з цим виникає агрометеорологічних необхідність визначення ступеня впливу кліматично зумовлених змін факторів навколишнього середовища на життєдіяльність рослин і врожайність сільськогосподарських культур. Оцінка такого впливу є необхідною умовою оптимального розміщення сільськогосподарських культур і планування виробництва [3].

Урожайність в кожному конкретному році формується під впливом цілого комплексу факторів. Однак при вирішенні практичних питань часто виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на врожайність, як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В. М. Обухова [7] про можливість розкладання тимчасового ряду врожайності будь якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову.

За допомогою методу гармонічних зважувань, запропонованим в агрометеорології А. М. Польовим [8] нами був проведений аналіз динаміки врожаїв зерна кукурудзи в Чернігівській області за період з 2000 по 2020 роки за даними Державної статистичної служби України [6]. Результати цієї роботи представлені на рис. 1 та 2.

На рис. 1 плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія — щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат. Як видно з рис. 1, з 2000 до 2005 року спостерігається стійке збільшення врожайності, з 2006 по 2010 роки спостерігається зниження врожайності. Але, починаючи з 2011 р. й до теперішнього часу спостерігається прямолінійне збільшення значення компоненти тренда, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства за цей період. Так, на початку періоду дослідження врожайність за трендом складала лише 39,0 ц/га, а до 2005 року зросла до 52,8 ц/га. По-

чинаючи з 2011 року і майже до кінця періоду досліджень спостерігається зростання значення компоненти тренда з 64,9 до 94,0 ц/га. В середньому за роки дослідження врожайність становила 59,3 ц/га. Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної врожайності кукурудзи на території дослідження. Так, найменші врожаї зерна кукурудзи було зібрано в 2000 році (39,0 ц/га), в 2001 (40,3 ц/га) та 2010 роках (39,7 ц/га).

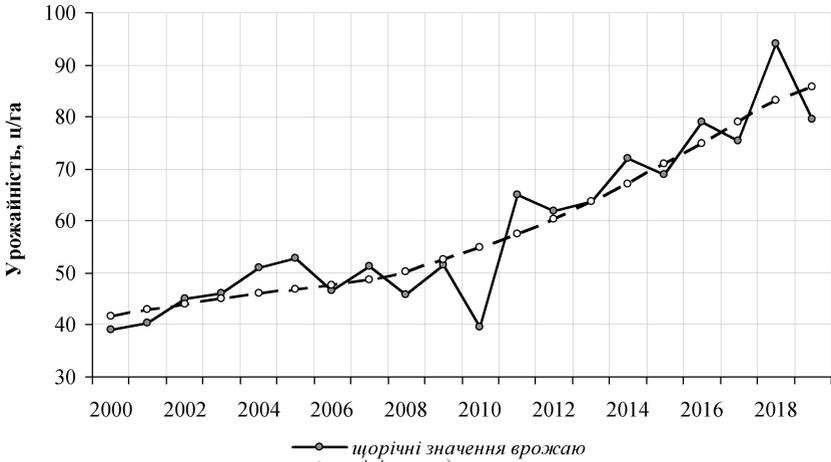


Рис. 1. Динаміка врожайності зерна кукурудзи та лінія тренду в Чернігівській області

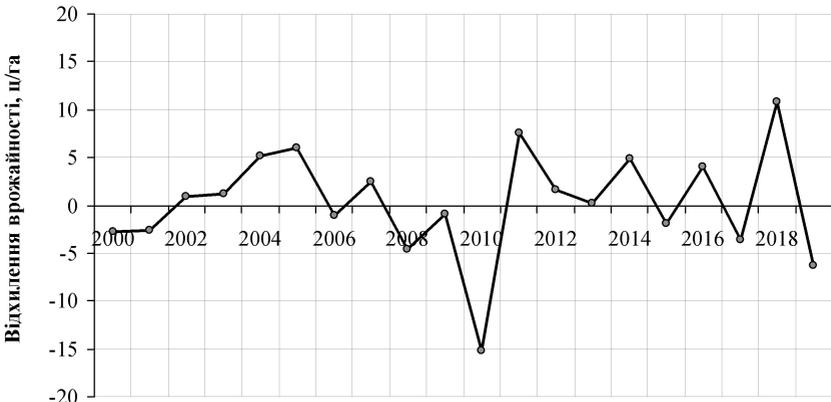


Рис. 2. Відхилення врожайності зерна кукурудзи від лінії тренду в Чернігівській області

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю зерна кукурудзи в Чернігівській області, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 2). За 21 рік у 9 випадках спостерігались від'ємні відхилення. Найбільш несприятливими для вирощування кукурудзи були 2010 та 2020 роки, саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду — (-15,2) та (-10,2) ц/га відповідно. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

У роки ж зі сприятливими погодними умовами вдавалося отримати збільшення врожаю за їх рахунок і відхилення від лінії тренду мали додатні значення. Найбільш сприятливим для вирощування кукурудзи на зерно були 2011 та 2018 рр., коли додатне відхилення від лінії тренду становило 7,5 та 10,8 ц/га відповідно. Як можна бачити з рисунка, також великі прирости врожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2004 році — 5,1 ц/га та у 2005 році — 6,0 ц/га.

В результаті детального дослідження видно, що в останні роки спостерігається значний приріст врожайності зерна кукурудзи, що свідчить про значні зміни у виробництві. Таким чином, агрометеорологічні умови Чернігівської області сприятливі для вирощування та отримання стійких та сталих врожаїв кукурудзи на зерно, але при умовах дотримання технології обробітку.

Посіви кукурудзи можуть формувати цінну кормову і продовольчу продукцію, яка має високий біологічний потенціал продуктивності, що може бути в повній мірі реалізований в природно-кліматичних умовах Вінниччині.

Зважаючи на проведені порівняння, бачимо, що в останні роки мають місце значно більші обсяги посівних площ під кукурудзою, аніж рекомендовано науковими підходами до складання сівозмін. Враховуючи перенасиченість площ під посівами кукурудзи в сівозмінах, а також необхідність збереження об'єму виробництва цієї дуже привабливої культури, необхідним є виконання наступних заходів:

- використання різних за термінами дозрівання високопродуктивних, стійких й високотолерантних до основних патогенів технологічних гібридів і сортів;
- застосування ресурсозберігаючих, ґрунтозахисних систем основної і передпосівної обробітків ґрунту з урахуванням його

агрофізичних властивостей, ступеня засміченості та видового складу бур'янів, захисту від переущільнення і ерозії, накопичення і заощадження вологи;

- забезпечення оптимального живлення рослин на основі ґрунтової і рослинної діагностики, застосування раціональних, економічно виправданих доз і способів внесення добрив;
- оптимальні строки сівби в добре підготовлений ґрунт;
- формування заданої густоти стояння рослин з урахуванням вологозабезпеченості ґрунту і біологічних особливостей включених до Державного реєстру сортів і гібридів;
- догляд за посівами;
- інтегрована система захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників;
- своєчасне і якісне прибирання та післязбиральна обробка врожаю;
- сувор технологічна дисципліна при виконанні всіх робіт.

Своєчасне виконання перерахованих факторів дозволить підвищити ступінь використання біокліматичного потенціалу для зростання врожайності кукурудзи і значно підвищити якість її зерна та дасть можливість частково скоротити площі під кукурудзою.

### *Література*

1. Костюкевич Т. К. Оцінка агрокліматичних умов вирощування кукурудзи як енергетичної культури в умовах зміни клімату на території Житомирського Полісся. Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження. Колективна монографія / За ред. Т. О. Чайки. — Полтава: Астроя, 2021. — С. 134-142.
2. Костюкевич Т. К. Перспективы выращивания кукурузы в Украине в условиях изменения климата. Перспективы развития агропромышленного комплекса: региональные и межгосударственные аспекты // Материалы междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 14-15 ноября 2018 г.). — Новосибирск, 2018. — С. 261-264.
3. Кукуруза. Выращивание, уборка, хранение и использование / Под ред. Шпаар Дитер. — К.: Зерно, 2012. — 464 с.
4. Польовий А. М., Костюкевич Т. К., Толмачова А. В., Барсукова О. А. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу України // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — Миколаїв, 2021. — № 1(109). — С. 29-34.

5. Урожай кукурузи: 2020. Самый низкий за 5 лет // URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2020/11/23/668279/> (дата звернення: 17.10.2021 р.).
6. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво // URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 11.10.2021 р.).
7. Обухов В. М. Урожайность и метеорологические факторы. — М.: Госпланиздат, 1949. — 318 с.
8. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 319 с.

*Крамаренко Д. К., Костюкевич Т. К.*

## **СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Соняшник є цінною олійною і кормовою культурою. З його насіння отримують світло-жовту харчову рослинну олію з гарними смаковими якостями. З побічних продуктів переробки насіння (макухи і шроту) виробляють халву та інші продукти харчування, а також високобілковий корм, що згодують тваринам.

Широкий асортимент продукції, що виробляється з насіння соняшнику, визначає на них великий попит і високу закупівельну вартість, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, що робить соняшник однією з найбільш високодохідних культур. Така ситуація збережеться і в майбутньому, так як з ростом населення зростає потреба у високоякісних продуктах харчування та високобілкових кормах для тваринництва [1].

Сьогодні соняшник є одним з найбільш поширених в сільськогосподарському виробництві олійних рослиною. У світі щорічно виробляється більше 10 мільйонів тонн соняшникової олії. Соняшник використовується головним чином як олійно-білкова рослина, що дає харчову олію і білок, добре збалансовану за амінокислотним складом. Значну роль відіграє продукція соняшнику і в інших галузях харчової промисловості, особливо в кондитерському виробництві. Тому, збільшення виробництва соняшнику для задоволення потреби населення в рослинному маслі, і забезпечення харчової та інших галузей промисловості в сировині одна з головних задач сільськогосподарського виробництва [2].

Урожайність сояшнику залежить від багатьох факторів, серед яких найважливішими є тепло, світло, волога і мінеральне живлення. В останнє десятиліття зміни клімату особливо відчутні. Вони викликають зміну агрокліматичних умов вирощування сояшнику, які, в свою чергу, впливають на зміну темпу розвитку культури, показників формування її продуктивності, а це в значній мірі відбивається на рівні врожайності [3].

Україна займає перше місце в світовому виробництві сояшнику в 2019 році, з обсягом виробництва 14,5 млн. т. Про це повідомляється в презентації “Огляд ринку насіння України: основні тенденції 2019-2020” Kleffmann Group Ukraine [4]. У 2019 році врожайність сояшнику в Україні становила 2,3 т/га, що на 44 % вище середньої врожайності в Росії.

Світове виробництво сояшнику в 2019 році склало 51,22 млн. т при середній врожайності 2 т/га. У ТОП-10 найбільших виробників сояшнику в 2019 р увійшли:

- 1 — Україна — 14,5 млн. т із середньою врожайністю 2,3 т/га;
- 2 — Росія — 13 млн. т, 1,6 т/га;
- 3 — ЄС — 9,8 млн. т, 2,2 т/га;
- 4 — Аргентина — 3,5 млн. т, 2,1 т/га;
- 5 — Китай — 3,25 млн. т, 2,6 т/га;
- 6 — Туреччина — 1,75 млн. т, 2,4 т/га;
- 7 — США — 1,02 млн. т, 1,9 т/га;
- 8 — Молдова — 0,9 млн. т, 2,3 т/га;
- 9 — Казахстан — 0,8 млн. т, 1 т/га;
- 10 — ПАР — 0,75 млн. т, 1,2 т/га [4].

За посівними площами під сояшником Україна займає 2 місце в світі — 6,2 млн. га. На першому місці — Росія з 8 млн. га. Таким чином, посівних площ під сояшником в Україні на 23 % менше, ніж в Росії.

Станом на 2020 рік лідерами за обсягом виробництва сояшнику в Україні є Кіровоградська, Харківська та Дніпропетровська області [6]. Значимість сояшнику в світовому агробізнесі зумовлює неминучість подальшого зростання валового збору. Точно так же, як і в разі пшениці, роль України на ринку насіння сояшнику буде зростати, оскільки можливість підвищення врожайності сояшнику у нас висока.

Врожайність кукурудзи в Запорізькій області, хоч й незначно, але росте з року в рік. В першу чергу це пов'язано із застосуван-

ням нових сортів та підвищенням рівня агротехніки, а по-друге — це зростання попиту до цієї культури на світовому ринку. З рисунку 1 видно, що площа під посівами соняшнику з 2000 року (348,2 тисяч га) до 2020 (526,4 тисяч га) року виросла майже в 1,5 рази.

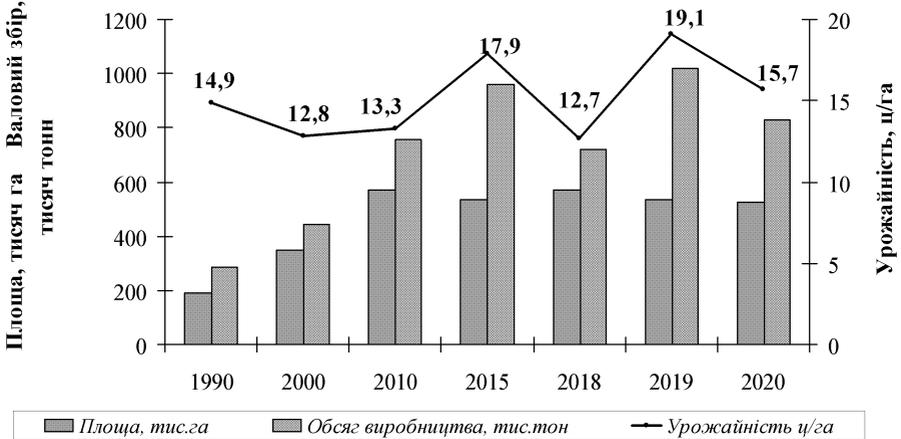


Рис. 1. Динаміка виробництва насіння соняшнику в Запорізькій області

Врожайність у 2020 році виросла на 23 % в порівнянні з 2000 роком, станом на сьогодні середня врожайність насіння соняшнику становить близько 17-19 ц/га. Виробництво насіння соняшнику з 2000 по 2020 ріки, відповідно, також збільшилось (рис. 1).

Зміна клімату, розвиток інфраструктури переробки, економічна складова і успіхи в селекції за скоростиглістю зумовили поширення соняшнику в більш сприятливих по зволоженню регіонах (Лісостеп і Полісся). Значимість соняшнику в світовому агробізнесі зумовлює неминучість подальшого зростання валового збору.

Головною ланкою у підвищенні рівня культури землеробства є науково обґрунтоване розміщення соняшнику в сівозміні і суворе дотримання принципу його повернення на колишне поле. Деякі фермери недооцінюють важливість сівозміни. Іноді вони сприймають його як випадкове чергування культур, позбавлене наукового обґрунтування. Тому роками можуть висівати соняшник на тих самих полях або чергувати культури навмання, втрачаючи врожайність.

Нехтувати важливістю сівозміни — недозволена розкіш у наш час. Аж надто багато факторів, які й без того знижують урожай. Так, поступове потепління клімату все частіше супроводжується тривалими періодами посухи, які шкодять посівам. Тому, щоб отримувати високі та сталі врожай, важливо знати та використовувати можливості, які відкриває правильна сівозміна.

В Україні, яка в останні роки стала одним з найпотужніших світових виробників та експортерів соняшникової олії, порушення сівозмін цих культур стало систематичним. У статті 254 Кримінального кодексу України встановлена кримінальна відповідальність за безгосподарське використання земель, але в ній відсутня відповідальність за порушення сівозмін вирощуваних на них культур та такий суттєвий важіль по недопущенню повторного порушення вимог закону, як конфіскація землі, і випадку його повторного порушення [7].

Оскільки соняшник розвиває потужну кореневу систему, його не можна розміщувати безпосередньо після культур з такою ж глибокою кореневою системою — цукрових буряків, люцерни, суданської трави. Ці попередники сильно висушують ґрунти на велику глибину, що призводить до дефіциту вологи в критичний для соняшнику період (цвітіння — налив насіння). У районах, де опадів випадає 500-600 мм і більше, соняшник після цих культур можна висівати через один-два роки, в зонах менш зволених — через три-чотири. Не слід розміщувати соняшник раніше трьох-чотирьох років після сої, гороху, ріпаку, квасолі, так як ці культури мають ряд загальних з ним хвороб [5].

Кращі попередники соняшнику — озимі та ярі колосові культури, добрий — кукурудза на силос. Після їх збирання є можливість здійснювати систему агротехнічних заходів по очищенню полів від бур'янів, збереження та накопичення вологи в ґрунті. У районах, де опадів випадає менше 500 мм на рік, соняшник доцільно розміщувати по парі.

З огляду на науково обґрунтовані норми вирощування соняшнику в восьми- та десятипільних сівозмінах, розглянемо їх дотримання в Запорізькій області. На основі даних [6] нами була проведена оцінка допустимих площ вирощування соняшнику при 6-ти, 8-ми та 10-пільних сівозмінах за період з 2016 по 2020 роки включно (табл. 1 та рис. 2).

Таблиця 1.

Кількісна характеристика порушення екологічних норм вирощування соняшнику в Запорізькій області з урахуванням 6-, 8- та 10-ти пільних сівозмін, 2016-2020 роки

Показники	2016	2017	2018	2019	2020
Площа ріллі, тис. га	1630,2	1674,5	1671,5	1683,2	1707,9
Площа посіву соняшнику, тис. га	601,9	571,3	568,8	535,6	526,4
Оптимально допустима площа при 6-пільній сівозміні, тис. га	271,7	279,1	278,6	280,5	284,7
8-пільній сівозміні, тис. га	203,8	209,3	208,9	210,4	213,5
10-пільній сівозміні, тис. га	163,0	167,5	167,2	168,3	170,8
Відношення площа посіву до оптимально допустимо при 6-пільній сівозміні, %	222	205	204	191	185
8-пільній сівозміні, %	295	273	272	255	247
10-пільній сівозміні, %	369	341	340	318	308

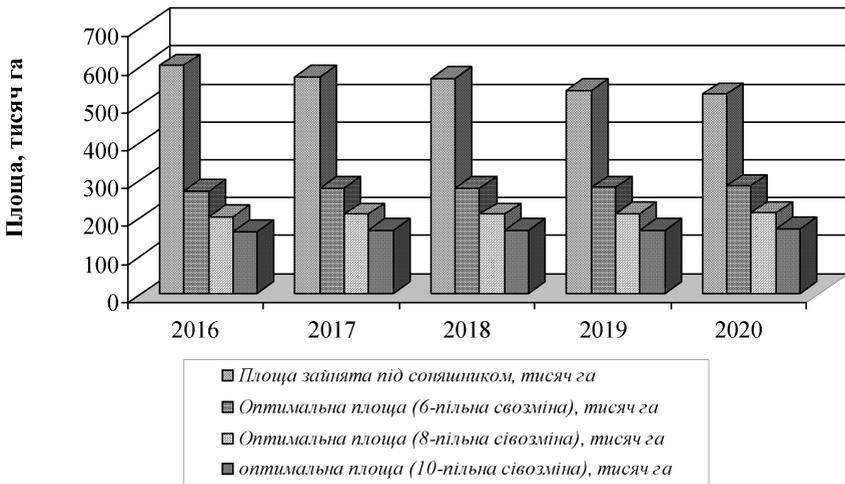


Рис. 2. Порушення рекомендованих норм вирощування соняшнику в Запорізькій області, 2016-2020 рр.

Оцінимо масштаби цих порушень. Так, при 10-пільній сівозміні відношення площ зайнятих під соняшник до оптимально допустимих на початку досліджуваного періоду становило 369 %, за п'ять років це значення зменшилось на 61 %. При 8-пільній сівозміні відношення на початку досліджуваного періоду становило 295 %, за п'ять років це значення зменшилось на 48 % (табл. 1).

Найприйнятнішим вважається вирощування сояшника за технологією No-till з інтервалом у п'ять-шість років, тому нами також була проведена оцінка допустимих площ вирощування сояшнику при 6-пільній сівозміні. Так, при 6-пільній сівозміні відношення площ зайнятих під сояшник до оптимально допустимих на початку досліджуваного періоду становило 222 %, за п'ять років це значення зменшилось на 37 %.

Зважаючи на проведені порівняння, бачимо, що хоч в останні роки й мають місце значно більші обсяги посівних площ під сояшником, аніж рекомендовано науковими підходами до складання сівозмін, але тенденція до зменшення все ж таки спостерігається (рис. 2).

Активний розвиток олійно-жирової промисловості країни вимагає відповідного рівня забезпеченості необхідною сировиною. Слід зазначити, що нині рівень використання біологічного потенціалу сояшника є найменшим серед олійних культур і навіть не сягає 50 %. Основними причинами цього є недотримання основних вимог сівозміни та технології вирощування культури, недостатня кількість посівної техніки, а також слабка увага до питання добору гібридів та якості насінневого матеріалу.

В Україні, яка в останні роки стала одним з найпотужніших світових виробників та експортерів сояшникової олії, порушення сівозмін цих культур стало систематичним. У статті 254 Кримінального кодексу України встановлена кримінальна відповідальність за безгосподарське використання земель, але в ній відсутня відповідальність за порушення сівозмін вирощуваних на них культур та такий суттєвий важіль по недопущенню повторного порушення вимог закону, як конфіскація землі, і випадку його повторного порушення [7].

Впровадження нових гібридів з високим адаптивним потенціалом, використання високоякісного насіння та застосування сучасних технологій вирощування мають забезпечити високий рівень ефективності виробництва сояшнику за рахунок підвищення врожайності за оптимальних посівних площ.

### *Література*

1. Костюкевич Т. К. Оцінка раціонального використання природного потенціалу території Південного Степу України щодо умов вирощування сояшнику. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Екологія, охорона навколишнього сере-

довища та збалансоване природокористування // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (31 жовтня 2019 р., м. Біла Церква). — 2019. — С. 9-12.

2. Генетика и селекция подсолнечника. Международная монография. — Харьков, 2015. — С. 184.
3. Васильев Д. С. Агротехника подсолнечника. — М.: Колос, 1983. — 197 с.
4. Урожайность подсолнечника в Украине // URL: <https://latifundist.com/novosti/48341-urozhajnost-podsolnechnika-v-ukraine-na-44-bolshe-chem-v-rossii> (дата звернення 25.11.2021)
5. Орлов А. И. Подсолнечник: биология, выращивание, борьба с болезнями и вредителями. — К., 2013. — 624 с. // [http://opac.mk.ua/cgi-bin/irbis64r\\_11/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=ELKAT&P21DBN=ELKAT&S21STN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=10&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21STR](http://opac.mk.ua/cgi-bin/irbis64r_11/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=ELKAT&P21DBN=ELKAT&S21STN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=10&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=M=&S21STR)
6. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво // URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 20.11.21)
7. Стаття 254 Кримінального кодексу України // URL: <https://urist-ua.net/> (дата звернення 12.10.2021)

*Лубенська М. В., Вовкодав Г. М.*

## **ЗВ'ЯЗОК ВМІСТУ ФТОРИДІВ В ПИТНИХ ВОДАХ НА СТАН СТОМАТОЛОГІЧНОГО ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**Вступ.** Взаємозв'язок стану середовища існування людини з показниками здоров'я і якості життя є добре відомим. Фтор надходить в організм переважно з питною водою (відповідно до 95 % від загального добового нахождення). Для фтору є важливим й аерогенний шлях надходження в організм. При виборі джерел водопостачання населених пунктів слід віддавати перевагу тим, де вміст мінеральних компонентів відповідає фізіологічно адекватним концентраціям, рекомендованим чинними нормативами.

**Аналіз публікацій.** До найбільш важливих аспектів впливу водного фактору на стоматологічне здоров'я, безперечно, належить забезпечення організму людини фізіологічно оптимальними кількостями фтору. На зв'язок вмісту фтору у питних водах та стану

стоматологічного здоров'я дослідники вперше звернули увагу ще в середині XIX сторіччя. Вже у 1849 році були з'ясовані концентрації фтору у твердих тканинах зубів, кісток та у питній воді. До початку XX сторіччя були описані клінічні прояви флюорозу та сформульовано припущення про те, що фтор може бути карієспротективним фактором. З того часу почалося активне дослідження ролі фтору у детермінації стоматологічного здоров'я населення.

**Результати дослідження.** У 2010 р. в Україні прийняті нові державні санітарні норми ДСанПіН 2.2.4-171-10, відповідно до яких гранично припустимий вміст фторидів у водопровідній та бутильованій воді визначається на рівні 1,5 мг/дм<sup>3</sup> для II кліматичної зони, 1,2 мг/дм<sup>3</sup> — для III кліматичної зони і 0,7 мг/дм<sup>3</sup> — для IV кліматичної зони. Для колодезної води, незалежно від кліматичного району ГДК фтори дів складає 0,7 мг/дм<sup>3</sup>. Згідно цього ж документу діапазон фізіологічної адекватності для фтори дів відповідає інтервалу концентрацій 0,7-1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Чисельні експериментальні дослідження також показали безпечність вживання води з фтором у межах гігієнічних нормативів. У містах, де вода фторувалась протягом десятиліть, навіть спеціальні дослідження не виявили негативного впливу на здоров'я чи фізичний розвиток населення. Одночасно показана була позитивна динаміка зменшення захворюваності на карієс.

Ефективність фторування питної води є доведеною для всіх груп населення.

Слід зазначити, що вміст фтору у природних питних водах часто не відповідає фізіологічному оптимуму. Води з поверхневих джерел як правило бідні на фтор, вміст якого не перевищує 0,5 мг/л, тоді як підземні води, особливо у гірській місцевості, можуть містити до 50,0 мг/л фтору. Найвищі концентрації фтору знаходять у місцевостях, гідрогеологічні умови в яких характеризують переважанням лужних вулканічних або осадових порід, наявністю гідротермальних вод. У більшості питних вод більше 95 % загального фтору знаходяться у вигляді вільного фтор іону, значно менше цього мікроелементу існує у вигляді магній-фторидного комплексу (MgF<sup>+</sup>). Доведено, що одним з основних джерел надходження фтору у питні води є слабозрочинна сіль фториду кальцію (CaF<sub>2</sub>), при цьому найбільші рівні фтору визначаються, як правило, у питних водах з невисоким вмістом кальцію, з високим рівнем загальної лужності та низькою жорсткістю.

Унікальність фтору полягає в тому, що 70-90 % добового надходження цього мікроелементу пов'язані безпосередньо з споживанням питної води. Це певною мірою обумовлює високу профілактичну ефективність фторування води при централізованому водопостачанні. Однак, в тих регіонах де переважає децентралізоване водопостачання, можуть з успіхом застосовуватися альтернативні джерела фтору, до яких належать фтороване молоко, фторована сіль та фтормісткі нутрицевтики, а також засоби дентальної гігієни, які містять сполуки фтору.

Переважає більшість населення України мешкає в умовах, де спостерігається помітний або значний дефіцит фтору.

Дослідження свідчать про те, що в умовах комплексного впливу несприятливих чинників довкілля, зокрема при формуванні природних та антропогенних біогеохімічних провінцій, показники стоматологічного здоров'я можуть виступати у ролі маркерів ефекту та дози щодо відповідних екзогенних факторів ризику. Це стосується й проблеми забезпечення організму фтором.

Одним із основних джерел надходження фтору в організм людини є природні води.

Хімічний склад природних вод формується під впливом багатьох природних чинників (клімат, хімічний склад водовмісних порід, тектоніка, водообіг та інші), що обумовлює їх гідрохімічну зональність — горизонтальну (площину) і вертикальну (глибину). Значно впливає на склад води, переважно негативно, і техногенна діяльність людини.

Водні ресурси Одеської області складаються з запасів підземних та поверхневих вод. Запаси поверхневих вод на території області розподіляються нерівномірно. Найбільш забезпеченим є південний захід, який тяжіє до річок Дністер та Дунай, північна та центральна частина території характеризуються обмеженими запасами води. Забезпеченість потреби підземними водами питної якості у цілому по області становить 28 %. Майже на 72 % питне водопостачання області забезпечується за рахунок поверхневих джерел. З поверхневих джерел отримують воду Одеська водопровідна мережа — з ріки Дністер, Ізмаїльська — з ріки Дунай, Болградська — з озера Ялпуг.

При значній варіабельності рівнів фтору в питних водах (0,21-1,92 мг/дм<sup>3</sup>) визначена зона його підвищеного вмісту (вище ГДК), що охоплює Болградський — 1,84 мг/дм<sup>3</sup> район. Середній вміст фтору (0,44-0,73 мг/дм<sup>3</sup>) визначений у Березовському та Білгород-

Дністровському районах. До зони з низьким вмістом фтору ( $0,28-0,32$  мг/дм<sup>3</sup>) відносяться Ізмаїльській та Подільській райони. Найнижчий вміст ( $0,12-0,23$  мг/дм<sup>3</sup>) фтору мають питні води Роздільнянського та Одеського районів Одеської області.

Дослідження по визначенню захворюваності дитячого населення області деякими стоматологічними патологіями показали, що існують певні закономірності поширення карієсу та флюорозу зубів в залежності від вмісту фтору в питних водах. Захворюваність населення на карієс зубів виявлено у всіх районах області. Причому, у 3 районах відзначається висока поширеність карієсу зубів — це Подільській, Одеський та Білгород-Дністровський. У 4 районах відзначається середня поширеність каріозного процесу це — Березовський, Болградський, Білгород-Дністровський, Ізмаїльський, Подільській.

**Висновки.** Відзначається пряма залежність вмісту фтору в питній воді в перерахованих вище районах з показниками поширеності карієсу зубів. Так, наприклад, в Болградському районі при вмісті фтору  $1,84$  мг/дм<sup>3</sup> поширеність каріозного процесу склала  $46,6$  %. У районах з низьким вмістом фтору в питній воді, як відзначалося раніше, переважає висока поширеність каріозного процесу. Так, наприклад, у Одеському районі при вмісті фтору в питній воді  $0,21$  мг/дм<sup>3</sup> поширеність карієсу зубів склала  $95,4$  %; у Подільському районі при вмісті фтору в питній воді  $0,28$  мг/дм<sup>3</sup> поширеність каріозного процесу відповідала  $93,8$  %.

### *Література*

1. Косенко К. Н. Стратегия профилактики основных стоматологических заболеваний с учетом их эпидемиологии и биогеохимических особенностей Украины / К. Н. Косенко, О. В. Денга // Вісник стоматології. — 2009, № 4 — С. 24-32.
2. Микроэлементы в природных водах и атмосфере / Под ред. Т. Н. Жигаловой, С. Г. Малахова.- М.: Гидрометеиздат, 1974. — 183 с.
3. Гігієнічне нормування фтору як провідний напрямок наукової діяльності професора Р. Д. Габовича / А. М. Гринзовський, Г. П. Степаненко, В. Г. Бардов // Гігієна населених місць. — 2009, № 54 — С. 82-86.
4. Крюченко Н. О. Геохімія фтору питних вод України: Автореф. дис. канд. геол. наук: 04.00.02 / НАН України; Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення. — К., 2002. — 17 с.

## **ОЦІНКА СКЛАДУ ДЕЯКИХ ЗАСОБІВ ОСОБИСТОЇ ГІГІЄНИ (НА ПРИКЛАДІ ШАМПУНІВ) ЩОДО НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ**

*Вступ.* Слід зазначити, що такі показники як ціна засобу і оцінка його споживачем вкрай суб'єктивні. Проте, вони вкрай важливі з точки зору обрання певного продукту споживачем. Ці два показники певною мірою є для споживача відображенням споживчої якості товару.

Щодо ціни засобу, то споживач з одного боку не хоче купити занадто дешевий, а отже і “неякісний”, товар, а з іншого боку не може платити зайві кошти.

Щодо оцінки споживачів, то досить велика кількість жінок бажає спиратися на думку тих, хто вже випробував цей засіб і, таким чином, скласти для себе уявлення про його якість перед тим, як придбати його самій. Низька оцінка засобу вказує на те, що навряд велика кількість споживачів забажає ризикувати і “витратити гроші марно” [1-4].

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* У складі всіх шампунів містяться різні шкідливі компоненти, які, накопичуючись в організмі, що можуть завдати шкоди здоров'ю людини в цілому. Аналіз публікацій свідчить [1-4], що вони можуть викликати алергію, провокувати старіння, приводити до нервових порушень і виникненню серцево-судинних захворювань. Але, незважаючи на це, ці речовини можна виключити зі складу сучасних шампунів, так як без цього косметичні засоби втратять свої властивості. Тим більше, що організм людини здатний самоочищатися, і проблеми зі здоров'ям, у більшості випадків, починаються тоді, коли порушується робота імунної системи.

Правильний вибір шампуню допоможе знизити ризик шкідливого впливу, але для цього необхідно знати наскільки може негативно впливати на здоров'я той чи інший інгредієнт.

*Результати дослідження.* Під час виконання роботи за об'єкт дослідження було обрано таку групу засобів особистої гігієни як шампуні. В роботі було досліджено інформацію про 25 найменувань шампунів, вироблених різними виробниками. Джерелом вихідних даних для проведення аналізу послужила інформація про склад цих засобів, надана виробником на товарній упаковці кожного засобу.

За цією інформацією було складено базу даних, яка містила таку інформацію як торгова марка, назва виробу, ціна і оцінка споживачами якості засобу за матеріалами таких інтернет-ресурсів як сайти масеур.com.ua, perfums.ua, rozetka.com.ua, перелік усіх інгредієнтів у складі цього виробу.

Сучасні шампуні — найчастіше це засоби на основі суміші синтетичних ПАР комплексної дії, які виконують відразу кілька функцій: основну — видалення забруднень з поверхні волосся і шкіри голови і додаткові: харчування, відновлення, зволоження, захист, фарбування волосся та ін.

Про склад шампунів можна зазначити, що поверхнево-активні речовини (ПАР) є основою будь-якого шампуню і грають роль миючих, що очищають і пінних компонентів.

В складі досліджених шампунів виявлені 2 консерванти — це метилпарабен (в шампуні для сухого і неживого волосся Syoss) і феноксіетанол (в шампунях марок Shakylab, Clear Vita Abe, L'Oreal Paris Elseve, Garnier, Brelil, Syoss).

Силікон Dimethicone виявлений в шампунях марок Shakylab, L'Oreal Paris Elseve, Aasha, Amway, Gliss Kur.

Серед досліджених шампунів виявлені 5 барвників. Безпечним серед цих барвників є лише СІ 77491 (або оксид заліза) — це речовина природного походження, яка не завдає шкідливого впливу за умови дотримання встановлених вимог. Іншою речовиною природного походження є СІ 77891 (або діоксид титану) — він тривалий час вважався безпечним і широко рекомендувався для використання і навіть використовується як харчова добавка, проте в останній час з'явилося досить інформації про його шкідливий вплив: здатний накопичуватися в кишечнику, печінці, легенях, мозку, може сприяти виникненню раку. А у Франції з 2020 року заборонений для використання як харчова добавка.

Ще 3 речовини — синтетичного походження і здатні здійснювати токсичний, алергенний, а у випадку СІ 17200 — і обидва види негативного впливу на організм людини.

Для надання приємного аромату шампуням використовують так звані віддушки, які можуть мати природне або синтетичне походження. Природні речовини вказані як ефірні олії відповідних рослин, а віддушки синтетичного походження маркуються на упаковці як Parfum (або Fragrance) і мають властивості схожі

до парабенів. Серед досліджених шампунів 20 з 25 мають відмітку Parfum (або Fragrance), що свідчить про штучне походження їх аромату.

Ще одна група речовин, які були виявлені в складі шампунів — це алергени. До них були віднесені Alpha-isomethyl Ionone, Amyl Cinnamal, Benzyl Alcohol, Benzyl Salicylate, Butylphenyl Methylpropional, Citronellol, Coumarin, Eugenol, Geraniol, Hexyl Cinnamal, Hydroxycitronellal, Limonene, Linalool, Methylisothiazolinone. Ці речовини по одній або у різних комбінаціях були присутні у 18 з 25 досліджених шампунів. У даному випадку маються на увазі ті речовини, які підлягають обов'язковому декларуванню на упаковці, якщо їх вміст перевищує 0,001 % в засобах, що не підлягають споліскуванню, або 0,01 % у всіх інших. На справді таких алергенів набагато більше. Слід також зазначити, що алергенну дію мали також 1 вже раніше вказаний консервант і 2 барвники.

Якщо ж всю цю інформацію узагальнити, то в різних шампунях було виявлено від 1 до 13 небезпечних для здоров'я людини (лише в складі одного шампуню-бальзаму для відновлення волосся з протеїнами пшениці і ефірними маслами марки Яка не було виявлено жодної з них).

Досить важко виявити зв'язок між ціною, оцінкою споживачем і кількістю шкідливих речовин в складі шампуню (це також досить умовна характеристика його якості, але вже більш об'єктивна). Але споживач має обрати який-ось з них для власного використання. Щоб вирішити це питання був здійснений кластерний аналіз цих 25 шампунів.

В результаті кластерного аналізу шампуні були поділені на 3 групи-кластери, які відрізняються один від одного за трьома характеристикам, врахованими під час статистичного аналізу, а саме, за ціною, оцінками споживачів і вмістом в їх складі небезпечних для людини речовин.

Кластер 1 містить 6 шампунів, які характеризуються ціною трохи нижче середнього рівня, оцінками споживачів трохи вище середнього рівня і дуже високою кількістю небезпечних для організму людини речовин в складі шампуню: отже це ті шампуні, які не слід використовувати тим, хто дбає про своє здоров'я, а саме це Estel Professional, мінеральний шампунь для волосся; L'Oreal Paris,

шампунь для довгого та пошкодженого волосся; L'Oreal Paris, сухий шампунь “Вибух свіжості”, Garnier, шампунь “Імбирне відновлення” для виснаженого і дуже тонкого волосся; Чиста лінія, Шампунь для волосся “Зміцнюючий” Чиста Лінія; Old Spice, Шампунь-гель для душу 2в1 “Льодовий”.

Кластер 2 містить 10 шампунів, які характеризуються відносно невисокою ціною, низькими оцінками споживачів і вмістом небезпечних для організму людини речовин на рівні трохи нижче середнього. На шампуні цього кластеру слід звернути увагу споживачу, адже вони приємно відрізняються від шампунів третього кластеру ціною, і, хоча, за суб'єктивними оцінками споживачів надають найгірший результат, проте кількість шкідливих добавок в їх складі в середньому незначно вища, ніж в шампунях кластеру 3. В кластер 2 входять такі шампуні Pirana, шампунь-бальзам “Белі квіти”, Квітка Лотоса; Clear Vita Abe, шампунь-детокс “Зволожуючий проти лупи”; Garnier, шампунь “Імбирне відновлення” для виснаженого і дуже тонкого волосся; Pantene, шампунь “Злиття з природою. Очищення і живлення”; Effa Pharms, шампунь для чутливої шкіри голови; Gliss Cur, шампунь з екстрактом квітки Моной “Літній сезон”; Зелена аптека, шампунь “Березові бруньки та касторова олія”, Soyoss, шампунь для сухого і неживого волосся; Organic Life, аргановий шампунь “Ананас”, для жирного волосся; Pharma Gour, шампунь “Реставрація сильно пошкодженого волосся”.

В третій кластер увійшли 9 шампунів, які характеризуються досить високою ціною, найкращими відгуками споживачів, а також найменшим вмістом в їх складі небезпечних для організму людини речовин. Саме шампуні цього кластеру можна рекомендувати для використання у першу чергу. Це ShakyLab, шампунь безсульфатний для нормального волосся; Pirana, фітошампунь “Крапива”; Kallos Cosmetics, шампунь для нормального та схильного до жирності волосся; Витекс, шампунь для волосся “Шовковисті та блискучі локони”, дитячий; Aasha, аюрведичний шампунь для фарбованого волосся; Amway, шампунь-кондиціонер 2-в-1; Яка, шампунь-бальзам для відновлення волосся з протеїнами пшениці і ефірними маслами Яка; Brelil, шампунь для розгладжування волосся; Liv Delano, шампунь для жирного волосся “Свіжість і комфорт”.

**Висновки.** За результатами проведеного дослідження було зроблено ряд висновків. На сучасному ринку шампунів широко представлені товари, які містять істотну кількість речовин, відомих своїми властивостями як небезпечні для здоров'я людини. До таких небезпечних речовин належать детергенти, силікони, консерванти (в тому числі і такий їх різновид як парабени), барвники (у першу чергу синтетичного походження), синтетичні віддушки (фталати) та ін. Усі ці речовини не тільки токсичні, але більшість з них мають алергенну, канцерогенну або інші види негативної дії на організм людини, в який вони потрапляють під час тривалого використання за призначенням. Різні найменування шампунів істотно відрізняються за кількістю небезпечних речовин, які входять в їх склад; було виявлено до 13 таких речовин в складі шампунів, і до 12 — в складі туалетного мила. З врахуванням показника кількості небезпечних для здоров'я людини речовин в складі гігієнічного засобу, ціни товару і оцінки якості продукту, наданої споживачами, серед 25 найменувань шампунів були визначені ті, які найбільш рекомендовані для споживання. Для шампунів це Shakylab, безсульфатний для нормального волосся; Pigan, “Крапива”; Kallos Cosmetics, для нормального та схильного до жирності волосся; Витекс, “Шовковисті та блискучі локони”, дитячий; Aasha, для фарбованого волосся; Amnway, 2-в-1; Яка, з протеїнами пшениці і ефірними маслами Яка; Brelil, для розгладжування волосся; Liv Delano, “Свіжість і комфорт”.

### *Література*

1. Андрианов В. В. Конкурентоспособность Украины в мировой экономике // Мировая экономика и международные отношения. — 2000, № 3. — С. 47-57.
2. Андрієв О. С. Нове про шампуні // Ліза. — 2005, № 4. — С. 11-12.
3. ГОСТ 26878-86. Шампуни для ухода за волосами и ванн. Технические условия; Введ. 01.06.86. — К.: Госстандарт Украины, 1996. — 10 с.
4. Капустіна С. В. Чим ми миємо волосся? // Голос України. — 2003, № 5. — С. 2.
5. Каспаров Г. Н. Основы производства парфюмерии и косметики. — М., 1997. — С. 145.

## **НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЯКИХ ЗАСОБІВ ОСОБИСТОЇ ГІГІЄНИ НА ПРИКЛАДІ ОКРЕМИХ ШАМПУНІВ**

**Вступ.** У складі всіх шампунів містяться різні шкідливі компоненти, які, накопичуючись в організмі, що можуть завдати шкоди здоров'ю людини в цілому.

Вони можуть викликати алергію, провокувати старіння, приводити до нервових порушень і виникненню серцево-судинних захворювань. Але, незважаючи на це, ці речовини можна виключити зі складу сучасних шампунів, так як без цього косметичні засоби втраять свої властивості.

**Аналіз публікацій.** У складі всіх шампунів містяться різні шкідливі компоненти, що можуть завдати шкоди здоров'ю людини загалом. Аналіз публікацій [1-4] свідчить, що вони можуть спричинити алергію, провокувати старіння, призводити до нервових порушень і серцево-судинних захворювань. Але, незважаючи на це, ці речовини не можна виключити зі складу сучасних шампунів, оскільки без них косметичні засоби втраять свої властивості. Тим більше, що організм людини здатний самоочищатися, а проблеми зі здоров'ям переважно починаються тоді, коли порушується робота імунної системи.

**Результати дослідження.** Правильний вибір шампуню допоможе знизити ризик шкідливого впливу, але для цього необхідно знати, наскільки може негативно впливати на здоров'я той чи інший інгредієнт.

Тому доцільно дослідити складові шампунів.

**1. Детергент** — обов'язкова складова будь-якого шампуню.

Найбільш шкідливими складовими компонентами, що входять до складу шампунів, є детергенти, які відносяться до поверхнево активних речовин. Вони мають миючими властивостями і добре піняться, завдяки чому з волосся легко віддаляються різні види пилкових і жирових забруднень.

Якщо розташувати детергенти в порядку зниження шкідливого впливу, то перелік буде виглядати так:

- Ammonium Lauryl Sulfate — лаурил сульфат амонію;
- Ammonium Laureth Sulfate — лаурет сульфат амонію;
- Sodium Lauryl Sulfate — лаурил сульфат натрію;

- Sodium Laureth Sulfate — лаурет сульфат натрію;
- TEA Lauril Sulfate — лаурил сульфат ТЕА;
- TEA Laureth Sulfate — лаурет сульфат ТЕА [1].

Перші три речовини, як правило, завжди є компонентами дешевих шампунів. Вони визнані канцерогенами, легко проникають в шкіру, накопичуються в організмі, і при порушеннях в імунній системі можуть призвести до проблем зі здоров'ям.

Якщо ви знайшли у складі своєї косметики ці три компоненти, то кращим варіантом буде викинути дані товари. Лаурет сульфат натрію менш шкідливий порівняно з лаурил сульфатом натрію.

Два останніх речовини, в більшості випадках, використовуються в дорогих шампунях і менш шкідливі. Виробники завжди вказують тип детергенту, який входить до складу шампуню, його ім'я стоїть на наклейці першим у переліку компонентів миючого засобу.

## **2. Пом'якшувачі**

Оскільки детергенти здатні висушувати волосся, позбавляючи їх при цьому життєвої сили, шампуні додаються різні пом'якшувачі, які роблять волосся слухняним. Тобто вони здатні певною мірою нейтралізувати дію використовуваних детергентів.

У зв'язку з цим необхідно звертати увагу на те, щоб у складі шампуню перебували:

- Cocamidopropyl Betaine — кокамідопропіл бетаїн — сумісний з іншими компонентами, виступає в ролі легкого кондиціонера, є антистатиком. Використовується в дитячих шампунях, вважається дорогим компонентом;
- Decyl polyglucose — децил глюкозид — зменшує дратівний ефект агресивних очищувачів, підходить для чутливої шкіри. Даний компонент отримують з кукурудзи і кокосів;
- Glycereth Cocoate — глицерет кокоат;
- Disodium Cocoamphodiacetate — кокоамфодиацетат натрію;
- Cocoamidopropyl Sulfo Betaine — кокамідопропіл сульфобетаїн [1].

## **3. Консерванти**

Без цієї добавки сучасний шампунь просто не може існувати, саме консерванти зберігають його властивості і перешкоджають розмноженню мікроорганізмів в шампуні, які можуть спровокувати алергію. Однак не всі консерванти нешкідливі.

До консервантам можна віднести:

- *Формальдегід (formaldehyde)*. Ця речовина відноситься канцерогенів, але при цьому широко використовується при виробництві шампунів в якості консерванту. Формальдегід токсичний і здатен чинити негативний вплив на органи зору та дихання, а також погіршувати стан шкірного покриву;
- *Парабени (parabens)*. Це консерванти, здатні пригнічувати ріст мікроорганізмів. Парабени відносяться до речовин, здатних викликати алергію. Накопичуючись в тканинах, вони можуть призвести до порушення гормонального рівноваги і розвитку злякисних пухлин;
- *Бензонат натрію або бензойна кислота* — є природним консервантом, міститься в брусниці і журавлині, застосовується і в харчовій промисловості (E211);
- *Феноксіетанол (Phenoxyethanol)* [1].

#### 4. Загусники

Загусники відповідають за в'язкість і щільність шампуню, а так само є стабілізаторами піни, до них відносять:

- *Кокамид DEA (Cocamide DEA)*, що використовується як загусник, піноутворювач, антистатик, пом'якшувач та ін.
- *Кокамид MEA (Cocamide MEA)*;
- Загущувач PEG-4 моноетаноламід ріпакової олії [1].

#### 5. Інші компоненти шампуню

Крім шкідливих поверхнево активних речовин, консервантів і згущувачів в складі шампуню знаходиться безліч інгредієнтів, які володіють різним ступенем корисності. Це всілякі фарби, ароматизатори та антибактеріальні компоненти. Слід відмовитися від шампунів, що містять:

- *Диетаноламін (dietanolamine)*. Ця речовина володіє зволожуючими властивостями, але при цьому здатне спровокувати виникнення алергії. Шампуні з цим компонентом можуть чинити негативний вплив на органи дихання.
- *Мінеральні масла (парафіни, вазелін)*. Ці речовини отримують з нафти, вони здатні утворювати водовідштовхувальну плівку, але при цьому затримують не тільки вологу, але і різноманітні шкідливі речовини, порушуючи обмін речовин. Крім цього вони перешкоджають насичення волосся і шкіри киснем.

Вважається, що в загальному переліку основними найшкідливішими речовинами в складі шампунів слід вважати такі [1]:

1. *SLS (Sodium Laureth Sulfate)*. Спочатку SLS використовувався для чищення механізмів, машин. У шампуні ж він відповідає за піноутворення. Хімічний склад даного компонента дозволяє йому потрапляти в кров через пори шкіри і накопичуватися в тканинах печінки, серця та очей. Це токсичний мутаген, який може порушувати процеси метаболізму. Сульфат натрію дійсно позбавляє волосся від жиру, але також сушить шкіру голови. Якісні шампуні практично не містять цієї речовини.
2. *BHT (Butylated Hydroxytoluene)*. Канцероген, який перешкоджає окисленню жирів при взаємодії з повітрям. У багатьох країнах Європи його вже давно заборонили використовувати в косметичних засобах.
3. *Sodium Lauruulaureth Sulfate*. Інші назви цієї речовини — натрію лаурил, або лауретсульфат. У шампунях використовується через очищувальні властивості. Багато виробників часто маскують цей компонент як “витяжку кокоса”. Це дуже дешевий і досить шкідливий продукт нафтопереробки. Він набагато підвищує схильність людини до алергії, викликає лущення шкіри (лупа), почервоніння, висип.
4. *TEA, DEA*. Інгредієнт, який досить часто зустрічається у складі шампунів, як дешевих, так і дорогих. У складі цих сполук присутній аміак, який при тривалому використанні завдає токсичну дію на весь організм. Здатний викликати алергію, сухість шкіри голови і подразнення очей.

**Висновки.** За результатами проведеного дослідження було зроблено низку висновків. На сучасному ринку шампунів широко представлені товари, які містять істотну кількість речовин, відомих своїми небезпечними властивостями для здоров'я людини. До таких небезпечних речовин належать: детергенти, силікони, консерванти (зокрема, такий їх різновид, як парабени), барвники (передусім синтетичного походження), синтетичні віддушки (фталати) тощо. Усі ці речовини не тільки токсичні, але здебільшого вони мають алергенну, канцерогенну або інші види негативної дії на організм людини, у який вони потрапляють під час тривалого використання за призначенням. Різні найменування шампунів

істотно відрізняються за кількістю небезпечних речовин, які входять до їх складу. Було виявлено до 13 таких речовин. З урахуванням показника кількості небезпечних для здоров'я людини речовин у складі гігієнічного засобу, ціни товару й оцінки якості продукту, наданої споживачами, серед 25 найменувань шампунів були визначені ті, які найбільш рекомендовані для споживання: Shakylab, безсульфатний для нормального волосся; Pigan, “Крапива”; Kallos Cosmetics, для нормального та схильного до жирності волосся; “Вітекс”, “Шовковисті та блискучі лоconi”, дитячий; Aasha, для фарбованого волосся; Amnway, 2-в-1; Яка, з протеїнами пшениці і ефірними оліями “Яка”; Brelil, для розгладжування волосся; Liv Delano, “Свіжість і комфорт”.

### *Література*

1. Кордіяка Ю. М. Проблеми технічного регулювання косметичної галузі / Ю. М. Кордіяка, Р. І. Байцар // Стандартизація, сертифікація, якість. — 2016, № 2. — С. 38-44.
2. Андрієв О. С. Нове про шампуні // Ліза. — 2005, № 4. — С. 11-12.
3. ГОСТ 26878-86. Шампуни для ухода за волосами и ванн. Технические условия; Введ.01.06.86. — К.: Госстандарт Украины, 1996. — 10 с.
4. Капустіна С. В. Чим ми миємо волосся? // Голос України. — 2003, № 5. — С. 2.
5. Лисенко О. М. Системи управління якістю: особливості впровадження згідно з новою версією стандарту ISO 9001 / О. М. Лисенко // Вісник Східноєвропейського журналу економіки та менеджменту. — 2016, Вип. 1 (20). — С. 27-34.

*Шалимов Н. А., Недогада А. В.*

## **БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В ОДЕССЕ: В НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ**

Климатическое обеспечение горячего водоснабжения жилищного, административно-хозяйственного и промышленного комплексов — одна из наиболее важных и сложных хозяйственных проблем Украины и Одесского региона. Расходы на отопление составляют не менее 30-40 % общих расходов вырабатываемой тепловой энер-

гии. В некоторых регионах иногда таких средств не находят, вследствие чего возникает нарушение процесса отопления, приводящее к отрицательным социально-экономическим последствиям.

Потребность в горячем водоснабжении определяется характером отопительного периода (периода, когда среднесуточная температура воздуха устойчиво держится ниже 8 °С). В зависимости от средней продолжительности отопительного периода субъектам Украины Минфином обычно выделяются средства (денежные трансферты) на закупку топлива.

Понимая важность данной проблемы, к ней обращались многие ученые и производственники. Однако все исследования выполнялись по ограниченному числу станций и на старом материале наблюдений. Но для того, чтобы определить необходимые запасы топлива для каждой области и города Украины, чтобы избежать срывов в обеспечении теплоснабжения в холодный период требуются данные, осредненные по областям и городам Украины, по максимально возможному числу станций за период, оканчивающийся в самые последние годы.

Решение данной проблемы потребовало специальной методики расчетов. При характеристике отопительного периода учтена нестационарность температурного режима. Но именно этот фактор представляет наибольший интерес для практики теплоснабжения, так как предполагает определять величину трансферта города (области) Украины по средней продолжительности отопительного периода на территории субъекта. Поэтому эти показатели могут быть положены в основу ГОСТа “Параметры отопительного сезона”.

Годовой ход температуры восстанавливался с помощью рядов Фурье. Его сравнение по реперным станциям с годовым ходом, полученным методом А. А. Шепелевского, показало хорошее соответствие.

Помимо средней продолжительности и средней температуры отопительного периода за многолетний период вычислялись характеристики отопительного периода по отдельным годам, которые затем использовались для расчета средних квадратических отклонений продолжительности и температуры отопительного периода как за весь период, так и по отдельным десятилетиям. В этом случае метод А. А. Шепелевского и разложение Фурье не применяют из-за негладкости годового хода температуры воздуха.

На практике чаще всего используют наиболее простой метод, считая датой перехода к отопительному периоду первый день с

температурой ниже  $8^{\circ}\text{C}$ , после которого средняя суточная температура удерживалась еще  $n$ -ное количество дней. Датой конца отопительного периода — последний день, когда  $n$ -ное количество дней подряд удерживается температура более  $8^{\circ}\text{C}$ . Как правило,  $n$  полагают равным 5 дням.

Кроме того, по аналогии со способом вычисления вегетационного периода, за начало отопительного периода принимают дату, после которой средняя суточная температура не поднималась выше  $8^{\circ}\text{C}$  на большее число дней, чем опускалась ниже  $8^{\circ}\text{C}$  до этой даты. Конец периода определяется в обратном порядке.

Широкое распространение в строительной практике нашли расчетные температуры воздуха холодного периода года. Это средняя температура самой холодной пятидневки ( $-17^{\circ}\text{C}$ ), температура самой холодной трехдневки ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), температура самых холодных суток ( $-22^{\circ}\text{C}$ ) и вентиляционная температура ( $-5,5^{\circ}\text{C}$ ).

Многие специалисты не особенно тщательно учитывают зависимость продолжительности периода от особенностей рельефа местности. А именно подстилающую поверхность (орографию, морфологию, степень близости водоема) следует считать основополагающей.

Следует отметить, что изменение продолжительности отопительного периода с высотой, в общем, соответствует изменению с высотой средней месячной температуры воздуха. В районах с континентальным климатом продолжительность отопительного периода с высотой сначала растет, а затем уменьшается. В районах с климатом переходным от морского к континентальному происходит нелинейное уменьшение продолжительности отопительного периода с высотой. Аналогичным образом обстоит и со степенью близости пункта к большому водоему. Так же как и температура воздуха, продолжительность отопительного периода с удалением от водоема увеличивается.

Для характеристики особенностей отопительного периода использованы новые ряды изменений климата Одессы, вычисленные на основе данных лаборатории ландшафтной экологии Одесского национального политехнического университета (Н. Бондарюк, О. Черная), метеорологических станций о средней годовой, средней сезонной и средней месячной температурах воздуха по десятилетиям: с 1894 по 2007 гг. Начало и конец отопительного периода в Одессе определены по средним многолетним данным по годовому ходу температуры воздуха, т.е. по датам устойчивого перехода средней суточной температуры через  $8^{\circ}\text{C}$ .

Процедура расчета средней продолжительности отопительного периода для территории субъекта Украины заключалась в осреднении данных в узлах координатной сетки, находящихся на территории субъекта. Если при этом на рассматриваемой территории находились малонаселенные районы (количество населения на которых было в два раза меньше среднего по субъекту), значения продолжительности отопительного периода в узлах этого района осреднялись с весом 0,5. Аналогичным образом, но без учета малой населенности некоторых районов рассматривалась средняя температура отопительного периода.

Сравнение полученных значений продолжительности отопительного периода с соответствующими данными, содержащимися в строительных нормах и правилах (СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”), показало, что продолжительность отопительного периода с учетом последних лет уменьшилась с 162 дней (1965 г.) до 158 дней (2009 г.), особенно в некоторых районах, а средняя температура отопительного периода увеличилась с 1,0 до 1,3 °С. Вместе с тем, увеличилась изменчивость, как продолжительности, так и температуры отопительного периода.

Мощность отопительных систем, проектируемых по данным о продолжительности отопительного периода и его средней температуре, в ряде регионов Украины не обеспечивает комфортные условия в помещениях. При расчете систем отопления необходимо учитывать максимально возможную теплоотдачу зданий, которая определяется не только температурой наружного воздуха, но и скоростью ветра и количеством поступающей на стены зданий солнечной радиации.

В районе Одессы зима непродолжительная и сравнительно теплая. Положительные средние суточные температуры за три зимних месяца составляют 52 % от общего числа дней. Максимальная температура воздуха в зимние месяцы может достигать 17-21 °С. Несмотря на сравнительно теплые зимы, в Одессе часто бывает ощущение “*значительного холода*”, вызываемое неблагоприятным сочетанием метеорологических элементов: отрицательной температурой воздуха, высокой относительной влажностью, сильным ветром.

Влияние скорости ветра на теплоотдачу зданий учитывается с помощью, так называемых, эффективных температур. В условиях штиля эффективная температура обуславливает такую же теп-

лоотдачу здания, какую оно имеет при данной температуре наружного воздуха и скорости ветра.

По данным лаборатории ландшафтной экологии и биоклиматологии ОНПУ эффективные температуры имеют значения от 3 до  $-100$  °С. Наиболее вероятны температуры от 0 до  $-20$  °С, на которые приходится в декабре 52 %, в январе 53 % и в феврале 55 % случаев. Эффективные температуры ниже  $-20$  °С составляют в декабре 11 %, в январе 15 %, в феврале 14 % от общего числа наблюдений.

Большой повторяемостью низких эффективных температур объясняется ощущение “*значительного холода*”, которое испытывает население Одессы зимой на протяжении последних столетий. Так, наиболее показательный пример — зима 1967 г. Низкие значения температур воздуха наблюдались в сочетании с сильными ветрами. В отдельные дни при температуре воздуха от  $-8$  до  $-12$  °С скорость ветра превышала 16 м/с и тогда эффективные температуры достигали  $-80$  °С. В эту зиму было 37 дней с эффективными температурами ниже  $-25$  °С и 12 дней с эффективными температурами ниже  $-50$  °С. Временно прекращали работу некоторые детские учреждения, было израсходовано много топлива.

Относительно низкими показателями температуры отличались также конец 70-х - начало 80 гг. XX ст. В целом же в Одессе после затяжного периода холодных зим, кульминацией которых явились 30-е годы, когда температура воздуха оказывалась на 7 °С ниже нормы, начался устойчивый период повышения средних за зиму температур воздуха, который продолжается до настоящего времени.

Для Украины в целом средняя многолетняя продолжительность отопительного периода вычислена как средняя взвешенная величина из средних значений продолжительности периода по областям. В качестве весов принимается численность населения в этих районах.

Строго говоря, расходы на отопление зависят не только от продолжительности отопительного периода, но и от его средней температуры. Например, увеличение средней температуры зимой на 1 °С сокращает продолжительность отопительного периода на северо-западе Украины на 5-10 дней. Стоимость же одного отопительного дня составляет довольно-таки значительную сумму.

С другой стороны, продолжительность отопительного периода по территории Украины меняется меньше, чем его температура.

Естественно, затраты на отопление в отдельных регионах различаются. Можно топить, конечно, в расчете на одну и ту же температуру (например, в данном случае, для Одессы на 1,3 °С). В целях экономии часто так и поступают, принимая в расчет эквивалентную температуру. Но при отоплении на завышенную температуру воздуха экономии топлива в регионе с более низкой температурой воздуха не получится. Наоборот, на деле это оборачивается увеличением расхода тепловой энергии по сравнению с расходами, рассчитанными на реальную, более низкую температуру воздуха. В помещении при этом будет сравнительно холодно. Этот парадокс давно объяснен энергетически и связан с необходимостью дополнительного подогрева рециркулирующей воды.

Для оценки возможных изменений характеристик отопительного периода к концу XXI века были привлечены результаты расчетов температуры воздуха по ансамблю моделей МГЭИК (СССма, CSIRO, GFDL, HadCM3, ECHAM, NCAR/PCM) для сценария сильного потепления А2 [Summary for Policymakers and Technical Summary. — IPCC, WGI, Third Assessment Report 16.04.2003, 70 p.]. На основе этих результатов по значениям средней месячной температуры воздуха рассчитана средняя продолжительность отопительного периода за последнее двадцатилетие XXI века. При ожидаемом в этот период потеплении продолжительность отопительного периода заметно сократится.

Наибольшее сокращение его продолжительности (на 30-45 дней) отмечается в регионах, расположенных в центральной и южной частях территории страны, включая Одесскую область. Заметное, до 20-25 дней, уменьшение продолжительности отопительного периода ожидается восточной части северных границ Украины, а также в ее северо-западной части. На 15-20 дней сократится отопительный период в южной части Лесостепной зоны, а по мере продвижения на восток разность между фактической и возможной продолжительностями периодов сокращается до 5-10 дней.

Возможность сокращения отопительного периода в будущем следует учитывать при разработке стратегии теплоснабжения как Украины, так и Одесской области. Для этого необходимо построить карты продолжительности отопительного периода на территории Украины и Одессы с учетом особенностей климатической изменчивости последних лет и на перспективу. Одновременно можно рекомендовать Минфину внести в расчетную формулу среднюю

температуру воздуха по регионам Украины. Кроме того, необходимо тщательно следить не только за изменениями продолжительности и температуры отопительного периода, но и за изменениями величин этих характеристик. Все это послужит, во-первых, более правильному распределению средств на отопление между областными центрами и, во-вторых, позволит вовремя принять меры по улучшению качества теплоснабжения.

### *Литература*

1. Анисимов О. А. Влияние антропогенного изменения климата на обогрев и кондиционирование зданий // Метеорология и гидрология. — 1999, № 6. — С. 10-17.
2. Ефимова Н. А., Байкова И. М., Лаперье В. С. Влияние потепления климата на режим отопления зданий // Метеорология и гидрология. — 1992, № 12. — С. 95-98.
3. Потапова Л. С. Продолжительность отопительного периода на территории СССР // Известия АН СССР, сер. Геогр. — 1964, № 4. — С. 125-129.
4. Шалимов Н. А., Девярых Г. Н. Влияние ожидаемых изменений климата на биоклиматический потенциал юга Украины // Друга міжнар. наук.-техн. конф. Навколишні природне середовище — 2007: Актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки, 2007. — С. 203.
5. Шалимов Н. А., Девярых Г. Н. Потенциальное воздействие глобального климата на городской климат. Всеукраинская научно-практ. конф. “Екологія міст та рекреаційних зон” // Зб. наук. пр. ОЦНТБ. — Одеса, 2008. — С. 8-13.
6. Шалимов Н. А. Оценка качества моделирования современного климата Азово-Черноморской низменности. Екологічні проблеми Чорного моря. Міжнар. наук.-практ. конф. // Зб. наук. пр. ОЦНТБ. — Одеса, 2008. — С. 327-332.
7. Summary for Policymakers and Technical Summary. — IPCC, WGI, Third Assessment Report 16.04.2003. — 70 p.

### ***BIOCLIMATIC CHARACTERISTICS OF ADMINISTRATIVE DISTRICTS OF THE UKRAINE AT PRESENT AND IN THE PAST***

*by Prof. N.A. SHALIMOV*

*The periods of the duration of climatic and heating period in different administrative districts of the Ukraine have been compared. The climatic period is plotted for the time interval 1963-2014 using actual data and*

*taking into account the variance of characteristics and the heating period duration.*

*The paper describes the bioclimatic resources of the Odessa region and its comfort levels. It also deals with scientifically — based regional policy for development of new lands and protection of human health in the area. Assessment of climatic conditions and the influence of meteorological factors on human health and activity have been considered.*

**Шалимов Н. А., Титык А. В.**

## **РАЗРАБОТКА ОСНОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УКРАИНЫ И ОДЕССКОГО РЕГИОНА**

Горячее водоснабжение жилищного, административно-хозяйственного и промышленного комплексов — одна из наиболее важных и сложных хозяйственных проблем Украины и Одесского региона.

### ***Факторы потребности в горячем водоснабжении***

Расходы на отопление составляют не менее 30-40 % общих расходов вырабатываемой тепловой энергии. При отсутствии таких средств возникает нарушение процесса отопления, приводящее к отрицательным социально-экономическим последствиям. Потребность в горячем водоснабжении определяется характером отопительного периода (периода, когда среднесуточная температура воздуха устойчиво держится ниже 8 °С). В зависимости от средней продолжительности отопительного периода *субъектам Украины Минфином обычно выделяются средства (денежные трансферты) на закупку топлива*. Для определения запасов топлива требуются данные, усредненные по областям и городам Украины.

### ***Региональная особенность отопительного сезона***

Характеристика современного отопительного периода Одессы определена по средним данным о годовой, сезонной и месячной температурах воздуха по десятилетиям. Начало и конец отопительного периода определены по датам *устойчивого перехода средней суточной температуры через 8 °С*.

В расчетах использованы новые ряды средней месячной температуры воздуха, вычисленные в Гидрометеорологического центра Черного и Азовского морей Государственной гидрометеорологической службы Украины, а также магистрами лаборатории ландшафтной экологии ОНПУ вплоть до 2009 г. В отличие от прошлых лет средняя температура отопительного периода увеличилась

с 1,0 до 1,3 °С. Мощность отопительных систем в ряде регионов Украины не обеспечивает комфортные условия в помещениях.

В районе Одессы зима непродолжительная и сравнительно теплая: +17-21 °С. Но в Одессе часто бывает ощущение “*значительного холода*”, вызываемое неблагоприятным сочетанием метеорологических элементов: отрицательной температурой воздуха, высокой относительной влажностью, сильным ветром.

#### ***Учитывать эффективные температуры региона***

Влияние скорости ветра на теплоотдачу зданий следует учитывать с помощью так называемых *эффективных температур*: в условиях штиля эффективная температура обуславливает такую же теплоотдачу здания, какую оно имеет при данной температуре наружного воздуха и скорости ветра. Эффективные температуры имеют значения от 3 до -100 °С. Наиболее вероятны температуры от 0 до -20 °С. Большой повторяемостью низких эффективных температур объясняется ощущение “*значительного холода*”, которое испытывает население Одессы зимой на протяжении последних столетий. Так, наиболее показательный пример — декабрь 2009 г. Низкие значения температур воздуха наблюдаются в сочетании с сильными ветрами. В предстоящую зиму предполагается 37 дней с эффективными температурами ниже -25 °С и при этом будет израсходовано много топлива.

#### ***От чего зависят расходы на отопление***

Для Украины в целом средняя многолетняя продолжительность отопительного периода вычислена из средних значений продолжительности периода по областям с учетом численности населения в отдельных субъектах страны. Расходы на отопление зависят как от продолжительности отопительного периода, так и от его средней температуры. Например, увеличение средней температуры зимой на 1 °С сокращает продолжительность отопительного периода на северо-западе Украины на 5-10 дней при значительной стоимости одного отопительного дня. Естественно, затраты на отопление в отдельных регионах различаются.

Можно топить в расчете на одну и ту же температуру (например, в данном случае, для Одессы на 1,3 °С). В целях экономии часто так и поступают, принимая в расчет *эквивалентную температуру*. Но при отоплении на завышенную температуру воздуха экономии топлива в регионе с более низкой температурой возду-

ха не получится. Это оборачивается увеличением расхода тепловой энергии по сравнению с расходами, рассчитанными на реальную, более низкую температуру воздуха. В помещении при этом будет сравнительно холодно. Этот парадокс давно объяснен энергетически и связан с необходимостью дополнительного подогрева рециркулирующей воды.

### ***Уменьшение продолжительности отопительного сезона — реальность для Одессы и Украины***

При ожидаемом потеплении *наибольшее сокращение (на 30-45 дней) продолжительности периода* отмечается в регионах, расположенных в центральной и южной частях территории страны, включая Одесскую область.

Заметное уменьшение продолжительности отопительного периода ожидается в восточной, а также в северо-западной части Украины — до 20-25 дней. В южной части Лесостепной зоны отопительный период сократится на 15-20 дней, а по мере продвижения на восток разность между фактической и возможной продолжительностями периодов сокращается до 5-10 дней.

### ***Мероприятия по разработке стратегического теплоснабжения***

При разработке стратегии теплоснабжения следует:

1. Провести локальный мониторинг отопительного периода на территории Украины и Одесской Причерноморской низменности.
2. Построить карты продолжительности отопительного периода субъектов страны с учетом особенностей климатической изменчивости последних лет и на перспективу.
3. Установить тщательный контроль за изменениями продолжительности отопительного периода и величинами его температур.
4. Учитывать нестационарность температурного режима, который предполагает определять величину трансферта города (области) Украины по средней продолжительности отопительного периода на территории субъекта.
5. Положить в основу ГОСТа “Параметры отопительного сезона” показатели средней продолжительности и средней температуры отопительного периода в разрезе лет.
6. Внести соответствующую поправку в строительные нормы и правила (СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”), в связи с уменьшением продолжительности отопительного периода с 162 дней (1965 г.) до 158 дней (2022 г.).

7. При расчете систем отопления учитывать максимально возможную теплоотдачу зданий, которая определяется температурой наружного воздуха, скоростью ветра и количеством поступающей на стены зданий солнечной радиации.
8. Усилить эколого-правовую пропаганду среди населения путем издания литературы специального и научно-популярного характера, повысить экологическую осведомленность среди населения с целью более эффективного использования природных ресурсов.

Внедрение мероприятий позволит более правильному распределению средств на отопление между областными центрами; вовремя принять меры по улучшению качества теплоснабжения.

### *Литература*

1. Анисимов О. А. Влияние антропогенного изменения климата на обогрев и кондиционирование зданий // Метеорология и гидрология. — 1999, № 6. — С. 10-17.
2. Ефимова Н. А., Байкова И. М., Лаперье В. С. Влияние потепления климата на режим отопления зданий // Метеорология и гидрология. — 1992, № 12. — С. 95-98.
3. Потапова Л. С. Продолжительность отопительного периода на территории СССР // Известия АН СССР, сер. Геогр. — 1964, № 4. — С. 125-129.
4. Шалимов Н. А., Девярых Г. Н. Влияние ожидаемых изменений климата на биоклиматический потенциал юга Украины // Друга міжнар. наук.-техн. конф.: Наволишне природне середовище — 2007: Актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки, 2007. — С. 203.
5. Шалимов Н. А., Девярых Г. Н. Потенциальное воздействие глобального климата на городской климат. Всеукраинская научно-практ. конф. “Екологія міст та рекреаційних зон” // Зб. наук. пр. ОЦНТБ. — Одеса, 2008. — С. 8-13.
6. Шалимов Н. А. Оценка качества моделирования современного климата Азово-Черноморской низменности. Екологічні проблеми Чорного моря. Міжнар. наук.-практ. конф. // Зб. наук. пр. ОЦНТБ. — Одеса, 2008. — С. 327-332.

**МЕТОДИКА СЕРЕДНЬОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ  
ПЕРШОЇ ПОЯВИ ЛЬОДУ  
І ПОВНОГО ОЧИЩЕННЯ ВІД ЛЬОДУ  
В УКРАЇНСЬКИХ ПОРТАХ  
ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ**

Льодові умови в Азовському морі в зимовий період, а в суворі зими і в північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ) значно впливають на безпеку морських судноплавних сполучень, ускладнюють видобуток вуглеводнів на шельфі морів, а також будівництво та експлуатацію гідротехнічних споруд. Тому облік фактичної та очікуваної льодової обстановки на морях є необхідною умовою нормальної роботи портів та флоту.

Всі зміни льодових умов у морі тісно пов'язані з погодними умовами і мають здебільшого сезонний характер. Тому для вивчення та прогнозування льодового режиму моря необхідно мати матеріали як гідрологічних, так і метеорологічних спостережень. Слід зазначити, що кліматичні зміни поля температури повітря призвели до зміни структури практично всіх гідрометеорологічних полів, відповідно і часу настання льодових явищ на морях України. Оцінки вікових змін температури повітря в Азово-Чорноморському басейні вказують на значні позитивні тренди, причому основний внесок робить потепління в зимовий та осінній сезони [1, 2].

Останні три десятиліття повторюваність м'яких і помірних зим проти ХХ століттям помітно збільшилася (в СЗЧМ з 77 до 100 %, в Азовському морі — з 78 до 93 %) у своїй повторюваність суворих зим скоротилася до 0-7 % (табл. 1).

Таблиця 1.

Повторюваність (%) категорій зим  
на Азово-Чорноморському басейні України

Акваторія	XX вік, 1925-1999, %			Останні 30 років 1990-2022, %		
	сувора	помірна	м'яка	сувора	помірна	м'яка
ПЗЧМ / Одеса	23	54	23	0	28	72
Азов / Маріуполь	22	56	22	7	47	46

Відповідно змінювалися і дати першої появи льоду та повного очищення від льоду на акваторіях морів України. Тому розраховані по фактичному матеріалу ХХ століття прогностичні залежності втратили свою значимість и необхідно було побудувати нові прогностичні регресійні залежності за матеріалами спостережень протягом останніх 30 років. Відділом гідрометеорологічного забезпечення ГМЦ ЧАМ було модифіковано фізико-статистичну методику [3] середньострокового (збільшеної завчасності) — до 14 діб прогнозу дати першої появи льоду і дати повного очищення від льоду в українських портах Чорного і Азовського морів.

### ***Фізичні основи й теоретичні передумови методики прогнозу***

Загальними факторами, що сприяють льодоутворенню та розвитку льоду на акваторіях Азовського моря та СЗЧМ, є невеликі значення солоності та теплозапасу цих морів, зумовлені виносом річкових вод та наявністю мілководних акваторій. Зміни теплозапасу вод у зимовий сезон обумовлено атмосферними процесами, які пов'язані з переважанням меридіональної циркуляції та перенесенням холодних повітряних мас з північних областей Євразії. Зазначимо також, що в період, що передує льодоутворенню, тепловий баланс поверхні моря пропорційний різниці температур води і повітря. [4]. Якщо врахувати, що температура води змінюється мало, зміна теплового балансу досить добре корелює з флуктуаціями температурою повітря.

Дослідження [3] показали, що температура води у день переходу температури повітря через 0 °С значною мірою визначається сумою температур повітря за деякий попередній інтервал часу. Оптимальний інтервал, за який слід використовувати середньодобову температуру повітря, визначається на основі кореляційної залежності між температурою води та середньою температурою повітря за різні інтервали попереднього періоду часу. Для Азовського моря та ПЗЧМ найбільш тісні зв'язки отримані за 20-добового усереднення [3, 5].

У таких припущеннях можна вважати, що основним аргументом, який впливає на швидкість зміни (зменшення) температури морської води та процес танення льоду є температура повітря, а залежність між ними в статистичному сенсі можна вважати лінійною.

Фізичний сенс використання середньої інтегральної температури повітря як прогностичного предиктора у змісті “теплого фактора” полягає в тому, що вона найкраще характеризує тепловий стан атмосфери за відповідний інтервал часу. В осінніх прогнозах появи льоду в якості основних факторів використовується інтенсивність тепловіддачі і кількість теплоти (ентальпії), накопиченої морем в осінньо-літній період. Швидкість зменшення ентальпії мілководного водойми, якими є ПЗЧМ і Азовське море, є лінійна функція часу. Для весняних явищ найбільш важливим аргументами служать товщина льоду і кількість теплоти, необхідної для повного очищення акваторії від льоду, яка визначається інтенсивністю весняних процесів в атмосфері, які також будемо вважати лінійною функцією інтегральної температури повітря.

Використовуючи ці припущення і залежності, можна значно спростити методи прогнозу, які описують функцію зв'язку між інтегральною температурою повітря і параметрами морських вод, зокрема — льодовими фазами в акваторіях Чорного та Азовського морів.

Методи прогнозів термінів льодових фаз (першої появи льоду, сталої появи льоду, замерзання, повного очищення тощо) розробляються для конкретних пунктів та районів моря. Середньострокові прогнози льодових фаз ґрунтуються на матеріалах льодових спостережень на прибережних станціях та постах тривалістю не менше 15 років.

Завчасність середньострокових льодових прогнозів термінів льодових явищ від 1 до 15 діб.

***Прогноз дати першої появи льоду:***

- за прогнозом температури на 5 діб / (10 діб — [6]) визначається дата переходу температури через 0 °С;

За синоптичним прогнозом на 5(10) діб визначаємо дату стійкого переходу температури повітря через 0 °С: слід враховувати, що у ситуації, коли після прогнозованої середньодобової мінусової температури протягом двох-трьох днів, прогнозується позитивна середньодобова температура протягом більшої кількості днів, очікуємо наступний перехід через 0 °С тощо;

- починаючи з цієї дати, розраховується середня температура повітря за попередній 20-денний період.

Загальний вид рівняння для першої дати появи льоду має вигляд:

$$D_{п.п.} = a \cdot T_a^{20} + b \cdot DT_a^0 + C \quad (1)$$

де  $D_{п.п.}$  — дата першої появи льоду,  $DT_a^0$  — дата сталого переходу температури повітря через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в відліках від 1 вересня;  $DT_a^{20}$  — середня температура повітря за попередні 20 діб до переходу температури повітря через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $a, b$  — коефіцієнти рівняння;  $C$  — константа.

### ***Прогноз весняних льодових явищ (дата очищення моря від льоду)***

Танення льоду починається з моменту встановлення позитивного теплового балансу на поверхні крижаного покриву. Оскільки основний процес танення відбувається в денні години при позитивних температурах повітря і залежить від товщини накопиченого льоду, в якості предикторів були обрані:

- дата *стійкого* переходу температури повітря через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до позитивних значень в строк *12 годин за Гринвічем*;
- максимальна товщина льоду, що спостерігалась за льодовий сезон.

Загальний вигляд рівняння для прогнозу повного очищення від льоду:

$$D_{оч} = a_1 \cdot H_{max} + b_1 \cdot DT_a^0 = C_1 \quad (2)$$

де  $D_{оч}$  — дата очищення моря від льоду;  $DT_a^0$  — дата сталого переходу температури повітря через  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 12 годин за Гринвічем у відліках від першого вересня;  $H_{max}$  — максимальна товщина льоду;  $a_1, b_1$  — коефіцієнти рівняння;  $C_1$  — константа.

Якщо результати авторських випробувань покажуть, що забезпеченість методу середньострокового прогнозу термінів льодових фаз понад 68 % і перевищує природну забезпеченість, він задовольняє критеріям точності та ефективності.

Відношення  $S/\sigma_x$  середньоквадратичної похибки прогнозів  $S$  (3) до середнього квадратичного відхилення від норми  $\sigma_x$  (4) є характеристикою ефективності методу, тобто показує перевагу в розподілі помилок, який дає метод прогнозування порівняно з розподілом помилок у випадку прийняття очікуваної величини, що дорівнює її нормі, та дозволяє визначити одночасно надійність і ефективність методу:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{\phi} - x_{np})^2}{n - m}}, \quad (3)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (4)$$

де  $x$  — дане значення явища в багаторічному ряді спостережень;  $\bar{x}$  — середнє багаторічне значення явища (норма);  $x_{\phi}$  — фактичне значення;  $x_{np}$  — прогнозоване значення;  $n$  — кількість членів ряду;  $m$  — кількість ступенів свободи, що характеризує вид рівняння регресії і дорівнює кількості постійних величин у ньому ( $m = 2$  для лінійного рівняння виду  $y = ax + b$ ).

В разі функціональної залежності  $S \cdot \sigma^{-1} = 0$ , а при  $S \cdot \sigma^{-1} = 1$  зв'язок відсутній. Для середньострокових прогнозів при різних значеннях довжини ряду  $n$  допустимі помилки є такими (5):

$$\begin{aligned} S \cdot \sigma^{-1} &\leq 0,57, & \text{при } n \leq 15, \\ S \cdot \sigma^{-1} &\leq 0,62, & \text{при } 15 \leq n \leq 25, \\ S \cdot \sigma^{-1} &\leq 0,67, & \text{при } n \geq 25. \end{aligned} \quad (5)$$

**Допустимі похибки** для прогнозів дат першої появи льоду и повного очищення від льоду — **4 доби** [7].

Для оцінки достовірності методу в нижченаведених таблицях (табл. 2-23) наведена також інформація для розрахунків оцінок відносини, яка демонструє якість прогнозу.

Таблиця 2.

Вихідні дані для прогнозу першої появи льоду  
в порту Маріуполь та різниця між датою першої появи льоду  
і датою переходу через 0 °С

Сезон	Дата першої появи льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0°С (ДТa <sup>0</sup> )	Середня температура повітря за попередні 20 днів до ДТa <sup>0</sup> (Тa <sup>20</sup> , °С)	Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою появи льоду у днях
1997-1998	16.12.1997	07.12.1997	2,4	9
1998-1999	29.11.1998	18.11.1998	5,7	11
2000-2001	23.12.2000	20.12.2000	1,2	3
2001-2002	06.12.2001	02.12.2001	2,9	4
2002-2003	03.12.2002	30.11.2002	6,0	3
2003-2004	15.01.2004	06.01.2004	-0,2	9
2004-2005	16.12.2004	11.12.2004	0,8	5
2005-2006	25.12.2005	20.12.2005	2,8	5
2006-2007	03.02.2007	28.01.2007	4,0	6
2007-2008	18.12.2007	15.12.2007	1,6	3
2008-2009	19.12.2008	11.12.2008	4,8	8
2009-2010	18.12.2009	09.12.2009	6,1	9
2010-2011	11.01.2011	05.01.2011	2,2	6
2011-2012	22.01.2012	17.01.2012	1,3	5
2012-2013	17.12.2012	12.12.2012	4,4	5
2013-2014	12.12.2013	08.12.2013	2,9	4
2014-2015	30.11.2014	21.11.2014	4,1	9
2015-2016	31.12.2015	29.12.2015	2,7	2
2016-2017	25.11.2016	22.11.2016	4,5	3
2017-2018	15.01.2018	09.01.2018	2,5	6
2018-2019	01.12.2018	21.11.2018	3,6	10
2019-2020	24.11.2019	21.11.2019	7,4	3
2020-2021	07.12.2020	02.12.2020	1,8	5

Таблиця 3.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму  
для дат першої появи льоду на станції Маріуполь  
за досліджуваний період 1997-1999, 2000-2021 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	110 (19.12)	84 (24.11.2019)	155 (03.02.2007)	19,5
Дати переходу через 0 °С	104 (13.12)	78 (17.11.1998)	149 (28.01.2007)	19,7
Середня температура повітря за 20 днів до дати переходу через 0 °С (Т <sup>20</sup> )	3,3	-0,15	7,43	1,9
Різниця у днях між датою переходу через 0 °С та датою появи льоду	5,8	2	11	2,6

Таблиця 4.

Вихідні дані для прогнозу першої появи льоду  
в порту Миколаїв та різниця між датою першої появи льоду  
і датою переходу через 0 °С

Сезон	Дата першої появи льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0°C (ДТa <sup>0</sup> )	Середня температура повітря за попередні 20 діб до ДТa <sup>0</sup> (Тa <sup>20</sup> ), °С	Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою появи льоду у днях
2000-2001	25.12.2000	20.12.2000	2,5	5
2001-2002	06.12.2001	02.12.2001	2,7	4
2002-2003	08.12.2002	01.12.2002	7,0	7
2003-2004	05.01.2004	31.12.2003	1,4	5
2004-2005	31.01.2005	23.01.2005	2,9	8
2005-2006	21.12.2005	14.12.2005	4,3	7
2006-2007	27.12.2006	21.12.2006	4,8	6
2007-2008	02.01.2008	23.12.2007	1,5	10
2008-2009	23.12.2008	12.12.2008	6,1	11
2009-2010	17.12.2009	10.12.2009	6,2	7
2010-2011	30.12.2010	28.12.2010	1,4	2
2011-2012	16.01.2012	12.01.2012	2,0	4
2012-2013	18.12.2012	13.12.2012	4,4	5
2013-2014	12.12.2013	03.12.2013	5,3	9
2014-2015	04.12.2014	22.11.2014	6,0	12
2015-2016	01.01.2016	29.12.2015	2,8	3
2016-2017	08.12.2016	29.11.2016	2,8	9
2017-2018	15.01.2018	10.01.2018	4,6	5
2018-2019	02.12.2018	28.11.2018	1,2	4

Таблиця 5.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму  
для дат першої появи льоду на станції Миколаїв  
за досліджуваний період 2000-2019 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	114 (24.12)	92 (02.12.2018)	152 (31.01.2005)	16,25
Дати переходу через 0 °С	108 (18.12)	82 (22.11.2014)	144 (23.01.2005)	17,03
Середня температура повітря за 20 днів до дати переходу через 0 °С (Т <sup>20</sup> )	3,7	1,2	7	1,85
Різниця у днях між датою переходу через 0 °С та датою появи льоду	6,5	2	12	2,78

Таблиця 6.

Вихідні дані для прогнозу першої появи льоду в порту Бердянськ

Сезон	Дата першої появи льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0°C (ДТa <sup>0</sup> )	Середня температура повітря за попередні 20 днів до ДТa <sup>0</sup> (Тa <sup>20</sup> ), °C	Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою появи льоду у днях
1997-1998	17.12.1997	08.12.1997	3,5	9
1998-1999	02.12.1998	19.11.1998	6,3	13
1999-2000	28.11.1999	24.11.1999	2,8	4
2000-2001	25.01.2001	14.01.2001	4,2	11
2002-2003	09.12.2002	01.12.2002	6,5	8
2003-2004	15.02.2004	12.02.2004	2,0	3
2004-2005	05.02.2005	25.01.2005	2,9	11
2005-2006	08.01.2006	03.01.2006	0,9	5
2006-2007	25.02.2007	17.02.2007	1,7	8
2007-2008	02.01.2008	23.12.2007	0,8	10
2008-2009	25.12.2008	13.12.2008	5,1	12
2009-2010	20.12.2009	13.12.2009	5,8	7
2010-2011	22.01.2011	17.01.2011	-0,4	5
2011-2012	26.01.2012	17.01.2012	2,6	9
2012-2013	19.12.2012	14.12.2012	5,1	5
2013-2014	13.12.2013	10.12.2013	3,8	3
2014-2015	04.12.2014	22.11.2014	4,8	12
2015-2016	03.01.2016	29.12.2015	3,3	5
2016-2017	14.12.2016	04.12.2016	1,2	10
2017-2018	26.01.2018	22.01.2018	0,4	4
2019-2020	12.02.2020	07.02.2020	2,0	5
2020-2021	18.01.2021	11.01.2021	0,7	7

Таблиця 7.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму для дат першої появи льоду на станції Бердянськ за досліджуваний період 1997-2021 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	128	89 (28.11.1999)	178 (25.02.2007)	26,60
Дати переходу через 0 °C	120	80 (19.11.1998)	170 (17.02.2007)	26,84
Середня температура повітря за 20 днів до дати переходу через 0 °C (T <sup>20</sup> )	3	-0,4	6,5	2
Різниця у днях між датою переходу через 0 °C та датою появи льоду	8	3	13	3,2

Таблиця 8.

Вихідні дані для прогнозу першої появи льоду в порту Генічеськ

Сезон	Дата першої появи льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0°C (ДТa <sup>0</sup> )	Середня температура повітря за попередні 20 днів до ДТa <sup>0</sup> (Тa <sup>20</sup> ), °C	Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою появи льоду у днях
2000-2001	23.12.2000	20.12.2000	3,0	3
2001-2002	06.12.2001	04.12.2001	3,8	2
2002-2003	09.12.2002	07.12.2002	5,6	2
2003-2004	08.01.2004	05.01.2004	2,0	3
2004-2005	06.12.2004	22.11.2004	8,6	14
2005-2006	21.12.2005	20.12.2005	4,1	1
2006-2007	30.01.2007	28.01.2007	5,6	2
2007-2008	01.01.2008	23.12.2007	1,7	9
2008-2009	23.12.2008	14.12.2008	6,7	9
2009-2010	23.12.2009	12.12.2009	7,3	11
2010-2011	05.01.2011	29.12.2010	3,7	7
2011-2012	26.01.2012	16.01.2012	3,2	10
2012-2013	28.12.2012	14.12.2012	6,4	14
2013-2014	12.12.2013	08.12.2013	4,9	4
2014-2015	02.12.2014	23.11.2014	5,6	9
2015-2016	01.01.2016	29.12.2015	3,6	3
2016-2017	17.12.2016	13.12.2016	1,3	4
2017-2018	16.01.2018	13.01.2018	4,2	3
2018-2019	09.01.2019	31.12.2018	0,9	9
2020-2021	17.01.2021	11.01.2021	2,5	6

Таблиця 9.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму для дат першої появи льоду на станції Генічеськ за досліджуваний період 2000-2021 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	119	93 (02.12.2014)	150	17,1
Дати переходу через 0 °C	113	83 (22.11.2004)	152	17,85
Середня температура повітря за 20 днів до дати переходу через 0°C (T <sup>20</sup> )	4,2	0,9	8,6	2,09
Різниця у днях між датою переходу через 0 °C та датою появи льоду	6	1	14	4,12

Таблиця 10.

## Розрахунок першої появи льоду в порту Маріуполь

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Середня температура повітря за попередні 20 діб до ДТ <sub>a</sub> <sup>0</sup> (Т <sub>a</sub> <sup>20</sup> )	Різниця між ДТ <sub>a</sub> <sup>0</sup> та датою появи льоду у днях	Дата появи льоду розра- хункова	Похибка
	першої появи льоду фактична	переходу температури повітря через 0°С ДТ <sub>a</sub> <sup>0</sup>				
1997-1998	106	97	2,4	9	103	3
1998-1999	89	78	5,7	11	84	5
2000-2001	113	110	1,2	3	116	-3
2001-2002	96	92	2,9	4	98	-2
2002-2003	93	90	6,0	3	96	-3
2003-2004	136	127	-0,2	9	132	4
2004-2005	106	101	0,8	5	107	-1
2005-2006	115	110	2,8	5	116	-1
2006-2007	155	149	4,0	6	154	1
2007-2008	108	105	1,6	3	111	-3
2008-2009	109	101	4,8	8	107	2
2009-2010	108	99	6,1	9	105	3
2010-2011	132	126	2,2	6	131	1
2011-2012	143	138	1,3	5	143	0
2012-2013	107	102	4,4	5	108	-1
2013-2014	102	98	2,9	4	104	-2
2014-2015	90	81	4,1	9	87	3
2015-2016	121	119	2,7	2	125	-4
2016-2017	85	82	4,5	3	88	-3
2017-2018	136	130	2,5	6	135	1
2018-2019	91	81	3,6	10	87	4
2019-2020	84	81	7,4	3	87	-3
2020-2021	97	92	1,8	5	98	-1
Середнє значення	110					
$\sigma_x$	19,51					
S	2,62					
S/ $\sigma_x$	0,13					

$$\text{Маріуполь } D_{п.п.} = 0,45 T_a^{20} + 0,984 ДТ_a^0 + 7,3$$

Забезпеченість прогнозу дати першої появи льоду в порту Маріуполь склад 83 %.

Таблиця 11.

## Розрахунок першої появи льоду в порту Миколаїв

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Середня температура повітря за попередні 20 діб до $DT_a^0$ ( $T_a^{20}$ )	Різниця між $DT_a^0$ та датою появи льоду у днях	Дата появи льоду розрахункова	Похибка
	першої появи льоду фактична	переходу температури повітря через $0^\circ\text{C}$ $DT_a^0$				
2000-2001	115	110	2,5	5	117	-2
2001-2002	96	92	2,7	4	100	-4
2002-2003	98	91	7,0	7	103	-5
2003-2004	126	121	1,4	5	126	0
2004-2005	152	144	2,9	8	149	3
2005-2006	111	104	4,3	7	113	-2
2006-2007	117	111	4,8	6	120	-3
2007-2008	123	113	1,5	10	119	4
2008-2009	113	102	6,1	11	113	0
2009-2010	107	100	6,2	7	111	-4
2010-2011	120	118	1,4	2	123	-3
2011-2012	137	133	2,0	4	138	-1
2012-2013	108	103	4,4	5	112	-4
2013-2014	102	93	5,3	9	103	-1
2014-2015	94	82	6,0	12	94	0
2015-2016	122	119	2,8	3	126	-4
2016-2017	98	89	2,8	9	97	1
2017-2018	136	131	4,6	5	138	-2
2018-2019	92	88	1,2	4	95	-3
Середнє значення	114,1					
$\sigma_x$	2,96					
S	16,25					
$S/\sigma_x$	0,18					

$$\text{Миколаїв } D_{п.п.} = 0,881 T_a^{20} + 0,939 DT_a^0 + 11,4$$

Забезпеченість прогнозу дати першої появи льоду в порту Миколаїв складає 95 %.

Таблиця 12.

## Розрахунок першої появи льоду в порту Бердянськ

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Середня температура повітря за попередні 20 діб до $DT_a^0$ ( $T_a^{20}$ )	Різниця між $DT_a^0$ та датою появи льоду у днях	Дата появи льоду розра- хункова	Похибка
	першої появи льоду фактична	переходу температури повітря через $0^\circ C$ $DT_a^0$				
1997-1998	108	99	3,5	9	107	1
1998-1999	93	80	6,3	13	90	3
1999-2000	89	85	2,8	4	93	-4
2000-2001	147	136	4,2	11	144	3
2002-2003	100	92	6,5	8	102	-2
2003-2004	168	165	2,0	3	171	-3
2004-2005	158	147	2,9	11	154	4
2005-2006	130	125	0,9	5	131	-1
2006-2007	178	170	1,7	8	176	2
2007-2008	124	114	0,8	10	121	3
2008-2009	116	104	5,1	12	113	3
2009-2010	111	104	5,8	7	113	-2
2010-2011	144	139	-0,4	5	145	-1
2011-2012	148	139	2,6	9	146	2
2012-2013	110	105	5,1	5	114	-4
2013-2014	104	101	3,8	3	109	-5
2014-2015	95	83	4,8	12	92	3
2015-2016	125	120	3,3	5	128	-3
2016-2017	105	95	1,2	10	102	3
2017-2018	148	144	0,4	4	150	-2
2019-2020	165	160	2,0	5	166	-1
2020-2021	140	133	0,7	7	139	1
Середнє значення	128					
$\sigma_x$	26,58					
S	3,07					
S/ $\sigma$	0,12					

$$\text{Бердянськ } D_{п.п.} = 0,474 T_a^{20} + 0,984 DT_a^0 + 8$$

Забезпеченість прогнозу дати першої появи льоду в порту Бердянськ складає 95 %.

Таблиця 13.

## Розрахунок першої появи льоду в порту Генічеськ

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Середня температура повітря за попередні 20 діб до $DT_a^0$ ( $T_a^{20}$ )	Різниця між $DT_a^0$ та датою появи льоду у днях	Дата появи льоду розра- хункова	Похибка
	першої появи льоду фактична	переходу температури повітря через $0^\circ\text{C}$ $DT_a^0$				
2000-2001	114	111	3,0	3	117	-3
2001-2002	97	95	3,8	2	102	-5
2002-2003	100	98	5,6	2	106	-6
2003-2004	130	127	2,0	3	131	-1
2004-2005	97	83	8,6	14	93	4
2005-2006	112	111	4,1	1	117	-5
2006-2007	152	150	5,6	2	156	-4
2007-2008	123	114	1,7	9	119	4
2008-2009	114	105	6,7	9	113	1
2009-2010	114	103	7,3	11	112	2
2010-2011	127	120	3,7	7	126	1
2011-2012	148	138	3,2	10	143	5
2012-2013	119	105	6,4	14	113	6
2013-2014	103	99	4,9	4	106	-3
2014-2015	93	84	5,6	9	92	1
2015-2016	123	120	3,6	3	126	-3
2016-2017	108	104	1,3	4	109	-1
2017-2018	138	135	4,2	3	141	-3
2018-2019	131	122	0,9	9	126	5
2020-2021	139	133	2,5	6	137	2
Середнє значення	119					
$\sigma_x$	17,1					
S	3,73					
$S/\sigma_x$	0,22					

$$\text{Генічеськ } D_{п.п.} = 0,67 T_a^{20} + 0,967 DT_a^0 + 7,2$$

Забезпеченість прогнозу дати першої появи льоду в порту Генічеськ складає 70 %.

Таблиця 14.

Вихідні дані для прогнозу повного очищення від льоду в порту Маріуполь та різниці між датою повного очищення від льоду і датою переходу через 0 °С в 12 годин за Гринвічем

Сезон	Дата повного очищення льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0 °С в 12 годин UTC	Н <sub>м</sub> - максимальна товщина льоду, см	Різниця між ДТ <sub>а</sub> <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду
2000-2001	07.03.2001	27.02.2001	12	8
2001-2002	27.02.2002	09.02.2002	37	18
2002-2003	27.03.2003	04.03.2003	49	23
2003-2004	04.03.2004	25.02.2004	5	8
2004-2005	17.03.2005	07.03.2005	23	10
2005-2006	25.03.2006	11.03.2006	41	14
2006-2007	09.03.2007	01.03.2007	5	8
2007-2008	08.03.2008	20.02.2008	35	17
2008-2009	15.02.2009	05.02.2009	27	10
2009-2010	12.03.2010	14.02.2010	37	26
2010-2011	22.03.2011	12.03.2011	22	10
2011-2012	19.04.2012	17.03.2012	68	33
2012-2013	23.02.2013	01.02.2013	34	22
2013-2014	09.03.2014	01.03.2014	22	8
2014-2015	28.02.2015	22.02.2015	5	6
2015-2016	19.02.2016	28.01.2016	21	22
2016-2017	09.03.2017	18.02.2017	36	19
2017-2018	22.03.2018	13.03.2018	5	9
2018-2019	07.02.2019	31.01.2019	5	7
2019-2020	13.02.2020	11.02.2020	5	2
2020-2021	08.03.2021	26.02.2021	5	10

Таблиця 15.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму для дат повного очищення від льоду на станції Маріуполь за досліджуваний період 2000-2021 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	189	160 (07.02.2019)	232 (19.04.2012)	16,46
Дати переходу через 0 °С в 12 годин за Гринвічтм	175	150 (28.01.2016)	199 (17.03.2012)	14,46
Н <sub>м</sub> - максимальна товщина льоду, см	24	5	68	17,68
Різниця між ДТ <sub>а</sub> <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду	14	2	33	7,92

Таблиця 16.

Вихідні дані для прогнозу повного очищення від льоду в порту Миколаїв та різниця між датою повного очищення від льоду і датою переходу через 0 °С в 12 годин за Гринвічем

Сезон	Дата повного очищення льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0 °С в 12 годин UTC	Hm - максимальна товщина льоду, см	Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду
2000-2001	03.03.2001	28.02.2001	10	3
2001-2002	11.02.2002	21.01.2002	29	21
2002-2003	31.03.2003	12.03.2003	34	19
2003-2004	01.03.2004	24.02.2004	13	6
2004-2005	15.03.2005	06.03.2005	12	9
2005-2006	22.03.2006	10.03.2006	33	12
2006-2007	04.03.2007	01.03.2007	5	3
2007-2008	27.02.2008	18.02.2008	16	9
2008-2009	31.01.2009	22.01.2009	18	9
2009-2010	17.03.2010	12.03.2010	32	5
2010-2011	17.03.2011	03.03.2011	27	14
2011-2012	24.03.2012	10.03.2012	37	14
2012-2013	06.02.2013	31.01.2013	15	6
2013-2014	26.02.2014	08.02.2014	34	18
2014-2015	25.02.2015	19.02.2015	17	6
2015-2016	21.02.2016	27.01.2016	20	25
2016-2017	05.03.2017	15.02.2017	26	18
2017-2018	13.03.2018	06.03.2018	9	7
2018-2019	04.02.2019	28.01.2019	9	7

Таблиця 17.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму для дат повного очищення від льоду на станції Миколаїв за досліджуваний період 2000-2019 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	184	153 (31.01.2009)	212 (31.03.2003)	16,93
Дати переходу через 0 °С в 12 годин за Гринвічем	173	143 (21.01.2002)	193 (12.03.2003, 12.03.2010)	17,6
Hm - максимальна товщина льоду, см.	21	5	37	10,22
Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду	11	3	25	6,5

Таблиця 18.

Вихідні дані для прогнозу повного очищення від льоду в порту Бердянськ та різниця між датою повного очищення від льоду і датою переходу через 0 °С в 12 годин за Гринвічем

Сезон	Дата повного очищення льоду фактична	Дата переходу температури повітря через 0 °С в 12 годин UTC	Hm - максимальна товщина льоду, см.	Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду
2000-2001	10.02.2001	27.01.2001	5	14
2001-2002	26.02.2002	21.01.2002	45	36
2002-2003	02.04.2003	04.03.2003	26	29
2003-2004	29.02.2004	24.02.2004	5	5
2004-2005	29.03.2005	12.03.2005	5	17
2005-2006	25.03.2006	20.02.2006	36	33
2006-2007	04.03.2007	01.03.2007	5	3
2007-2008	06.03.2008	20.02.2008	18	15
2008-2009	30.01.2009	14.01.2009	22	16
2009-2010	22.02.2010	14.02.2010	5	8
2010-2011	15.03.2011	04.03.2011	13	11
2011-2012	01.04.2012	10.03.2012	36	22
2012-2013	07.02.2013	01.02.2013	5	6
2013-2014	23.02.2014	09.02.2014	5	14
2014-2015	22.02.2015	13.02.2015	5	9
2015-2016	14.02.2016	27.01.2016	5	18
2016-2017	01.03.2017	18.02.2017	5	11
2017-2018	09.03.2018	05.03.2018	5	4
2019-2020	13.02.2020	11.02.2020	5	2
2020-2021	11.03.2021	26.02.2021	5	13

Таблиця 19.

Статистичні характеристики мінливості льодового режиму для дат повного очищення від льоду на станції Бердянськ за досліджуваний період 2000-2021 рр.

Характеристики	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Дати появи льоду	184	152 (30.01.2009)	214 (02.04.2003)	17,96
Дати переходу через 0 °С в 12 годин за Гринвічем	169	136 (14.01.2009)	193 (12.03.2005)	16,46
Hm - максимальна товщина льоду, см.	13	5	45	12,96
Різниця між ДТa <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду	14	2	36	9,6

Таблиця 20.

Розрахунок повного очищення від льоду в порту Маріуполь

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Н <sub>т</sub> - максимальна товщина льоду, см.	Різниця між ДТ <sub>а</sub> <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду	Дата повного очищення від льоду (розра- хункова)	Похибка
	повного очищення від льоду фактична	переходу температури повітря через 0 °С в 12 UTC				
2000-2001	188	180	12	8	189	-1
2001-2002	180	162	37	18	183	-3
2002-2003	208	185	49	23	208	0
2003-2004	186	178	5	8	184	2
2004-2005	198	188	23	10	201	-3
2005-2006	206	192	41	14	212	-6
2006-2007	190	182	5	8	188	2
2007-2008	190	173	35	17	192	-2
2008-2009	168	158	27	10	175	-7
2009-2010	193	167	37	26	187	6
2010-2011	203	193	22	10	205	-2
2011-2012	232	199	68	33	229	3
2012-2013	176	154	34	22	174	2
2013-2014	190	182	22	8	195	-5
2014-2015	181	175	5	6	182	-1
2015-2016	172	150	21	22	165	7
2016-2017	190	171	36	19	191	-1
2017-2018	203	194	5	9	199	4
2018-2019	160	153	5	7	162	-2
2019-2020	166	164	5	2	172	-6
2020-2021	189	179	5	10	185	4
Середнє значення	189					
$\sigma_x$	16,46					
S	4,00					
S/ $\sigma_x$	0,24					

$$\text{Маріуполь } D_{оч} = 0,4 H_{max} + 0,91 DT_a^0 + 20,5$$

Забезпеченість прогнозу дати повного очищення від льоду в порту Маріуполь складає 71 %.

Таблиця 21.

## Розрахунок повного очищення від льоду в порту Миколаїв

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Нм - максимальна товщина льоду, см.	Різниця між $DT_a^0$ та датою повного очищення від льоду	Дата повного очищення від льоду (розра- хункова)	Похибка
	повного очищення від льоду фактична	переходу температури повітря через $0^\circ\text{C}$ в 12 UTC				
2000-2001	184	181	10	3	187	-3
2001-2002	164	143	29	21	163	1
2002-2003	212	193	34	19	208	4
2003-2004	183	177	13	6	185	-2
2004-2005	196	187	12	9	193	3
2005-2006	203	191	33	12	206	-3
2006-2007	185	182	5	3	185	0
2007-2008	180	171	16	9	181	-1
2008-2009	153	144	18	9	159	-6
2009-2010	198	193	32	5	207	-9
2010-2011	198	184	27	14	197	1
2011-2012	206	192	37	14	208	-2
2012-2013	159	153	15	6	165	-6
2013-2014	179	161	34	18	181	-2
2014-2015	178	172	17	6	182	-4
2015-2016	174	149	20	25	164	10
2016-2017	186	168	26	18	183	3
2017-2018	194	187	9	7	191	3
2018-2019	157	150	9	7	160	-3
Середнє значення	184					
$\sigma_x$	16,93					
S	4,43					
$S/\sigma_x$	0,26					

$$\text{Миколаїв } D_{Oч} = 0,45 H_{max} + 0,85 DT_a^0 + 28,4$$

Забезпеченість прогнозу дати повного очищення від льоду в порту Миколаїв складає 79 %.

Таблиця 22.

Розрахунок повного очищення від льоду в порту Бердянськ

Сезон	Дата (відлік в днях від 1 вересня)		Н <sub>м</sub> - максимальна товщина льоду, см.	Різниця між ДТ <sub>а</sub> <sup>0</sup> та датою повного очищення від льоду	Дата повного очищення від льоду (розра- хункова)	Похибка
	повного очищення від льоду фактична	переходу температури повітря через 0 °С в 12 UTC				
2000-2001	163	149	5	14	159	4
2001-2002	179	143	45	36	178	1
2002-2003	214	185	26	29	207	7
2003-2004	182	177	5	5	186	-4
2004-2005	210	193	5	17	201	9
2005-2006	206	173	36	33	201	5
2006-2007	185	182	5	3	191	-6
2007-2008	188	173	18	15	190	-2
2008-2009	152	136	22	16	157	-5
2009-2010	175	167	5	8	176	-1
2010-2011	196	185	13	11	199	-3
2011-2012	214	192	36	22	220	-6
2012-2013	160	154	5	6	164	-4
2013-2014	176	162	5	14	172	4
2014-2015	175	166	5	9	175	0
2015-2016	167	149	5	18	159	8
2016-2017	182	171	5	11	180	2
2017-2018	190	186	5	4	195	-5
2019-2020	166	164	5	2	173	-7
2020-2021	192	179	5	13	188	4
Середнє значення	184					
$\sigma_x$	17,96					
S	5,07					
S/ $\sigma_x$	0,28					

$$\text{Бердянськ } D_{\text{оч}} = 0,626 N_{\text{max}} + 0,961 DT_a^0 + 12,7$$

Забезпеченість прогнозу дати повного очищення від льоду в порту Бердянськ складає 55 %.

Таблиця 23.

Прогностичні рівняння і результати розрахунків льодових фаз на станції Маріуполь, Миколаїв, Бердянськ, Генічеськ

Станція, порт	Льодова фаза	Рівняння регресії	Множинний коефіцієнт кореляції $R$	Забезпеченість прогнозу (%)	$S/\sigma$	Забезпеченість кліматичного (1) і інерційного (2) прогнозів (%)	
						1	2
Маріуполь	Дата появи льоду	$D_{\text{пн}} = 0,45 T_a^{20} + 0,984 DT_a^0 + 7,3$	0,98	83	0,16	30	14
	Дата очищення від льоду	$D_{\text{оч}} = 0,4 N_{\text{мах}} + 0,91 DT_a^0 + 20,5$	0,97	71	0,24	38	5
Миколаїв	Дата появи льоду	$D_{\text{пн}} = 0,881 T_a^{20} + 0,939 DT_a^0 + 11,4$	0,98	95	0,18	21	6
	Дата очищення від льоду	$D_{\text{оч}} = 0,45 N_{\text{мах}} + 0,85 DT_a^0 + 28,4$	0,96	79	0,26	26	17
Бердянськ	Дата появи льоду	$D_{\text{пн}} = 0,474 T_a^{20} + 0,984 DT_a^0 + 8$	0,98	95	0,12	14	10
	Дата очищення від льоду	$D_{\text{оч}} = 0,626 N_{\text{мах}} + 0,961 DT_a^0 + 12,7$	0,96	55	0,28	20	16
Генічеськ	Дата появи льоду	$D_{\text{пн}} = 0,67 T_a^{20} + 0,967 DT_a^0 + 7,2$	0,95	70	0,22	15	11

**Висновки.** Середньостроковий прогноз першої появи і повного очищення моря від льоду розрахований за ретроспективними даними в більшості пунктів для яких були розраховані рівняння регресії показала задовільні результати.

Результати застосування отриманих рівнянь регресії показують, що середньострокова методика прогнозу дат настання фаз льодових явищ на ПЗЧМ і Азовському морі задовольняє вимогам, що пред'являються до прогнозів такого типу: відношення  $S/\sigma_x$  знаходиться в межах значень 0,28-0,12 що менше 0,62 (при дов-

жині ряду від 15 до 25); забезпеченість прогнозів досить перевищує забезпеченість кліматичного і інерційного прогнозів (табл. 23).

Оцінка справджуваності прогнозів для цих пунктів задовольняє вимогам [7]. Методику прогнозів можна застосовувати в оперативній практиці УкрГМЦ.

Варто зазначити, що справджуваність середньострокових прогнозів першої появи льоду для пункту Хорли і повного очищення для пунктів Хорли і Генічеськ не задовольняють вимогам [7].

### *Література*

1. Гидрометеорологические условия морей Украины / Ильин Ю. П., Фомин В. В., Дьяков Н. Н., Горбач С. Б.; МЧС и НАНУ, МО УкрНИГМИ. — Т. 1: Азовское море. — Севастополь, 2009. — С. 402.
2. Гидрометеорологические условия морей Украины / Ильин Ю. П., Белокопытов В. Н., Горячкин Ю. Н. и др.; МЧС и НАНУ, МО УкрНИГМИ. — Том 2: Азовское море. — Севастополь, 2012. — С. 421.
3. Андреев М. Д. Среднесрочный прогноз появления льда, очищения моря ото льда и толщины льда. — М., 1990. — 20 с. — Деп. в ВНИИГМИ-МЦД 10.07.90, № 1011.
4. Шереметевская О. И. Физико-статистический метод фонового долгосрочного прогноза появления льда на морях ЕТС // Труды ГМНИЦ. — Вып. 200. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — С. 83-91.
5. Руководство по морским гидрологическим прогнозам / Под ред. З. К. Абузярова. — СПб.: Гидрометеиздат, 1994. — 526 с.
6. NOAA. GFS Global Forecast System. URL: [https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical\\_forecast\\_systems/gfs.php](https://www.emc.ncep.noaa.gov/emc/pages/numerical_forecast_systems/gfs.php)
7. Настанова з морського гідрометеорологічного прогнозування. — Одеса: ГМЦ ЧАМ, 2019. — 43 с.

## **МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТОКА РЕКИ ДНЕСТР В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА И ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ**

*Гидрометеорологический Центр Черного и Азовского морей,  
Одесса, 27000, Французский б-р 89, edmachine111@gmail.com*

### ***Введение***

Многолетнюю динамику стока реки Днестр позволяют оценить данные многолетних наблюдений за уровнем и расходом воды на стационарных гидрологических постах (далее по тексту ГП).

Из постов наблюдений, расположенных на основном русле Днестра в нижнем течении, с точки зрения репрезентативности и полноты многолетних данных наблюдений за стоком, наиболее надежным представляется ГП в городе Бендеры. ГП Бендеры интегрирует сток Днестра с водосбора площадью в 66 100 км<sup>2</sup> (91,7 % всей площади водосбора). Наблюдения за стоком здесь ведутся с 1881 года.

### ***Динамика стока***

Непрерывный ряд значений среднегодовых расходов и объемов воды, измеренных непосредственно на ГП Бендеры, можно надежно экстраполировать до 1854 года и интерполировать в промежутках лет, когда наблюдения по каким-либо причинам не велись. Для решения этой задачи практически пригодны ряды наблюдений за стоком на гидрологических постах, расположенных выше по течению, начиная от ГП Залещики, Могилев-Подольский, Каменка. Коэффициенты парной линейной корреляции для стоковых рядов на указанных ГП находятся в диапазоне 0,92-0,95. Восстановленный для ГП Бендеры гидрограф объемов годового стока с 1854 по 2021 год показан на рис. 1.

Ход восстановленного гидрографа указывает на общую тенденцию уменьшения водности реки во времени за рассматриваемый период лет. Уравнение линейной регрессии ряда,  $y = -0,015x + 11,2$ , имеет отрицательный коэффициент регрессии -0,015, свободный член уравнения, 11,2, позволяет сделать предположение, что средний годовой объем стока Днестра до 1860 года был как минимум на 10 % выше, чем в настоящее время, и мог находиться на уровне 11 км<sup>3</sup>.

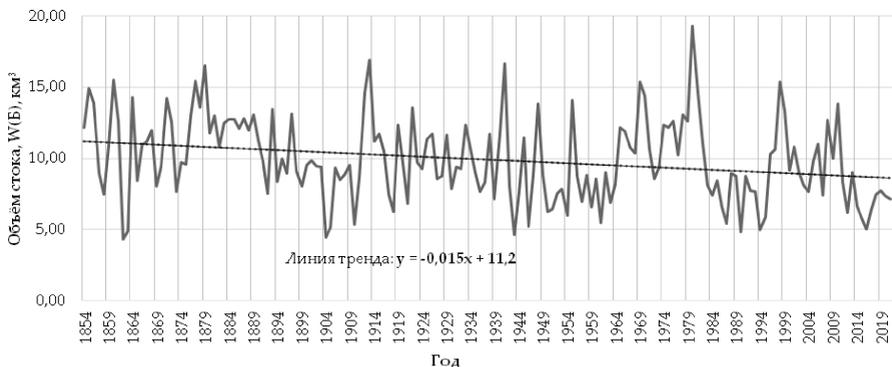


Рис. 1. Гидрограф годовых объемов стока на ГП Бендеры, восстановленный за период 1854-2021 гг.

Среднее многолетнее значение всего ряда восстановленных данных из 167 значений годового объема стока равно,  $W_{\text{ср.}(1854-2021)} = 9,90 \text{ км}^3$ . Коэффициент вариации ряда,  $C_v = 0,3$ .

Разностно-интегральная кривая, построенная по значениям модульных коэффициентов модулей стока (рис. 2) дает возможность рассмотреть смену фаз и циклов водности в протяжении указанного отрезка времени [1].

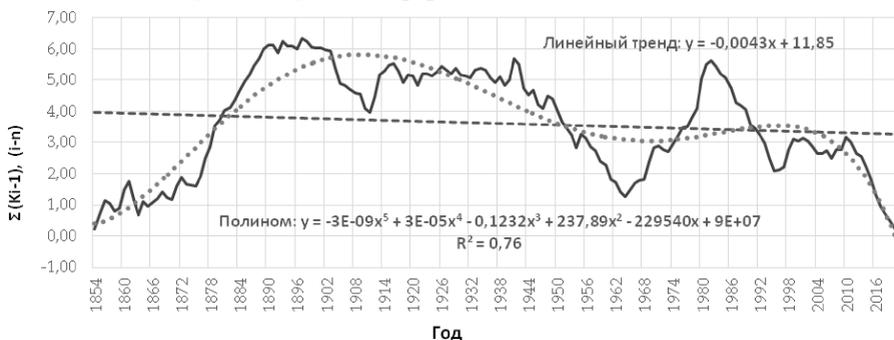


Рис. 2. Разностно-интегральная кривая модульных коэффициентов стока на ГП Бендеры, за период 1854-2021 гг.

На разностно-интегральной кривой можно условно выделить два “глобальных” полных цикла водности:

- с 1854 по 1964, протяженностью в 110 лет;
- с 1965 по 2021 год, длительностью 56 лет.

Аппроксимации полиномом пятой степени при одном аргументе также показывает две волны роста и уменьшения водности

реки за рассматриваемый период. Коэффициент достоверности аппроксимации,  $R^2 = 0,76$ , свидетельствует об удовлетворительной достоверности аппроксимации, которая в целом отображает ход и тенденции изменения стока реки в прошлом.

Внутри выделенных больших циклов определяются локальные циклы с фазами увеличения и уменьшения водности. В частности, с 1864 по 1891, выделяется фаза высокой водности реки, со средним, за 27 лет, годовым объемом равным  $W_{\text{ср.}(1864-1891)} = 11,9 \text{ км}^3$ , что на 20 % выше среднего многолетнего, вычисленного для всего ряда данных, с 1854 по 2021 год, и равного,  $W_{\text{ср.}(1854-2021)} = 9,90 \text{ км}^3$ .

Следующий участок разностно-интегральной кривой с 1912 по 1941 год (30 лет), включает в себя относительно стабильный период водности, внутри которого два-три года объем стока увеличивался, затем два-три года уменьшался, при этом средний годовой объем стока за эти 30 лет составлял  $W_{\text{ср.}(1912-1941)} = 9,90 \text{ км}^3$ , т.е. был практически близок многолетней статистической “норме”.

Далее, с 1942 по 1964, объем стока от года к году был ниже средней многолетней величины  $W_{\text{ср.}(1942-1964)} = 8,08 \text{ км}^3$ , в продолжение 20 лет (за исключением 1945, 1948 и 1955 годов).

Период в 17 лет, с 1965 по 1981 год, можно оценить как самый многоводный всю историю наблюдений,  $W_{\text{ср.}(1965-1981)} = 12,4 \text{ км}^3$ , что на 25% выше средней многолетней величины. В самый “засушливый” из этого периода, 1972 год, сток на ГП Бендеры был равен  $8,55 \text{ км}^3$ .

Совмещенный гидрограф (рис. 3) за эти годы, с 1965 по 1981, по данным на ГП Залещики, Могилев-Подольский и Бендеры показывает тенденцию роста водности на водосборе, от верховьев до замыкающего створа, с положительными коэффициентами линейной регрессии от 0,11, в Залещиках и до 0,19, в Бендерах.

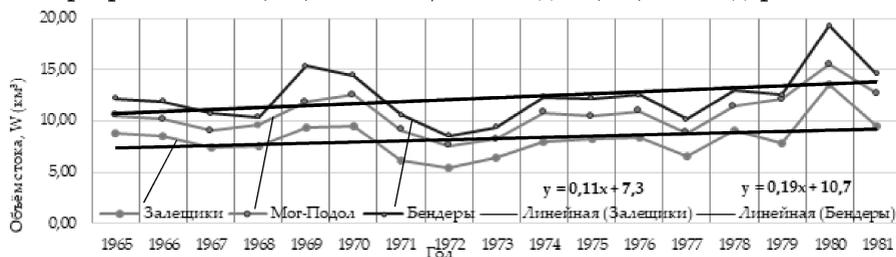


Рис. 3. Совмещенный гидрограф стока на ГП Залещики, Могилев-Подольский, Бендеры с 1965 по 1981 гг.

В 1981 году на ГП Бендеры был зарегистрирован объем годового стока —  $19,3 \text{ км}^3$ , максимальный за весь период наблюдений.

Современная тенденция снижения общей водности реки Днестр, которая продолжается и по настоящее время, начала проявляться после 1981 (рис. 4).

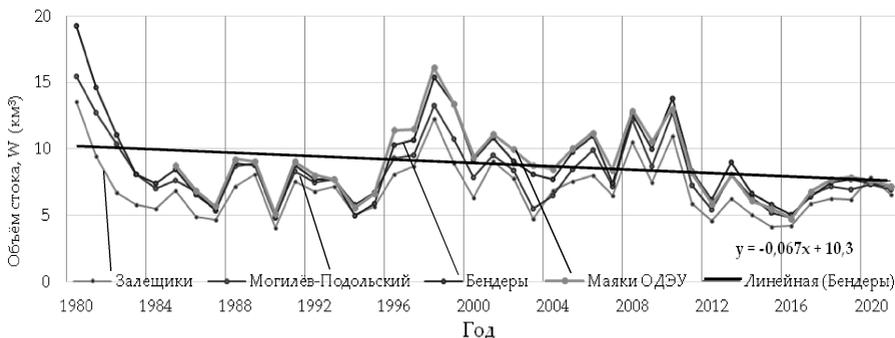


Рис. 4. Совмещенный гидрограф по данным на ГП Залещики, Могилев-Подольский, Бендеры, Маяки ОДЭУ, за 1980-2021 гг.

Начиная с 1982 и по 2021 год, годовой сток превысил “норму” в 11 случаях, но 30 лет из этого периода сток был ниже “нормы”. А в десятилетие с 2011-2021 годовой сток реки ни в одном случае не достиг величины статистической “нормы”, которая по различным схемам расчетов определяется в диапазоне  $9,2-10,2 \text{ км}^3$  [2, 3].

В 2016 году объем стока на ГП Бендеры опустился до минимального значения в  $5,05 \text{ км}^3$ , это второй “рекордный” результат за всю историю наблюдений. Самый низкий объем был получен в 1990 году, сток в реке упал до критических  $4,84 \text{ км}^3$ .

### *Природные и антропогенные факторы*

Тенденция понижения стока Днестра после 1981 года в первую очередь определена изменениями в климатических условиях. С начала 1980-х годов в динамике климата начал существенно проявляться устойчивый фактор “общего потепления”. Среднегодовая температура воздуха на водосборе в среднем и нижнем течении Днестра к 2020 году, если произвести подсчет по уравнению линейной регрессии, повысилась с  $8,9$  до  $11,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , то есть на  $2,4 \text{ }^\circ\text{C}$  за 40 лет (рис. 5).

Параллельно с масштабным процессом роста среднегодовой температуры воздуха наблюдался устойчивый процесс уменьшения годовых сумм осадков на всех водосборах среднего и нижнего

Днестра (рис. 6). Коэффициент при аргументе, в уравнении линейной регрессии здесь отрицательный,  $-0,45$ .

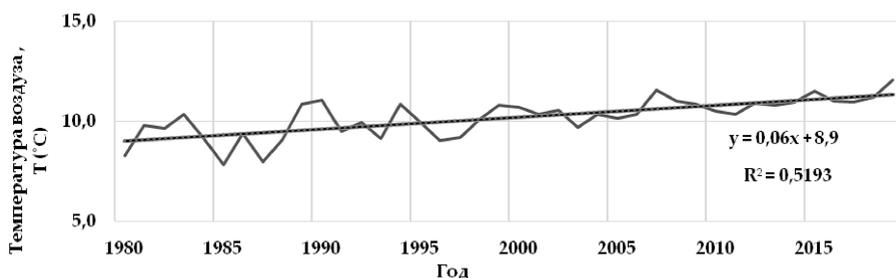


Рис. 5. Среднегодовая температура воздуха на водосборе Среднего и Нижнего Днестра, T (°C), 1980-2020.

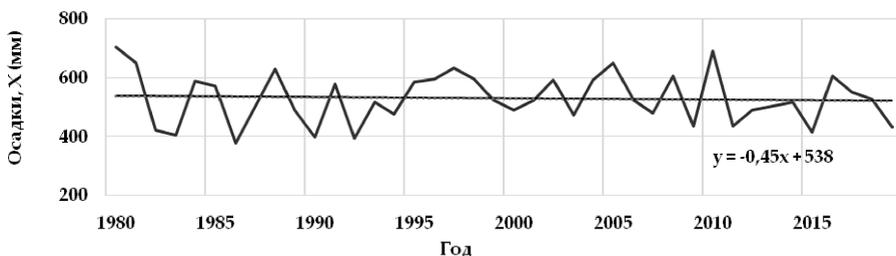


Рис. 6. Годовые суммы осадков на бассейне Среднего и Нижнего Днестра в 1980-2020 гг.

Начало существенных климатических перемен, которые обусловили продолжительный засушливый период, для бассейна Днестра совпало с началом заполнения емкости Днестровского водохранилища в 1981 году.

Днестровское водохранилище было создано, в первую очередь, чтобы обеспечить работу Днестровской ГЭС. Емкость Днестровского водохранилища, равная  $3,0 \text{ км}^3$ , позволяет осуществлять сезонное регулирование стока Днестра, а в годы пониженной водности и годовое регулирование. Так же Днестровское водохранилище обеспечивает защиту от катастрофических паводков населенных пунктов, расположенных в пойме Днестра ниже плотины ГЭС.

Функционирование Днестровского водохранилища в период лет с пониженной водностью представляет собой, в значительной мере, существенный позитивный антропогенный фактор, который позволяет обеспечить наполняемость русла реки водой в периоды

летне-осенней и зимней межени. Особенно важным в такие годы становится хорошо продуманное, согласованное планирование режима попусков из Днестровского водохранилища, которое помимо воднохозяйственных задач по обеспечению нижележащего русла водой будет решать и серьезные гидроэкологические проблемы, вызванные или возникающие в периоды, связанные с водным дефицитом и внутригодовым и междугодовым перераспределением стока.

Влияние “работы” Днестровской ГЭС и водохранилища хорошо иллюстрирует форма гидрографа среднесуточных расходов, измеряемых на ближнем к плотине ГП Могилев-Подольский.

Сравнение гидрографов “до и после” появления водохранилища демонстрирует значительную разницу в суточных колебаниях уровня и расхода воды. До появления плотины ГЭС суточный ход уровня реки имел относительно равномерный (плавный) вид с сохранением внутри отдельных суток тенденции, как на фазе роста, так и на спаде, как в межень, так и во время паводков. После начала работы ГЭС ход уровней и, соответственно, гидрограф расходов воды приобрел форму синусоиды с высокой частотой даже внутри суточных колебаний уровня (рис. 7, 8) — резкие перемены уровня воды в русле, вызванные сбросом в течение суток — фактор для речной экосистемы в любое время года — отрицательный.

Снижение максимальных расходов во время паводков (рис. 8) за счет трансформирующего и редуцирующего, сглаживающего воздействия Днестровского водохранилища, например  $3370 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$  в 1980 году против  $2630 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$  в 1998 году, приводит к уменьшению скоростей течения в паводочный период, ухудшению “промывки” русла и очистки от иловых отложений основного русла и пойменных проток в нижнем течении реки. Это негативное для речной экосистемы явление особенно проявляется в годы со средним и низким уровнем воды.

В то же время положительный эффект влияния Днестровского водохранилища так же можно проиллюстрировать с помощью совмещенного гидрографа (рис. 7), сопоставив годы с минимальным стоком (около  $4 \text{ км}^3$ ) в периоды до и после появления водохранилища.

В 1961 году, когда сток Днестра был в основном обусловлен только климатом, расход воды в Могилеве-Подольске снижался до  $50 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$  в периоды межени. В 1990 году (рис. 7), как и в другие

засушливые годы (в частности, в 1987, 1994, 1995, 2015, 2016), наличие запасов воды в водохранилище позволяло за счет регулярных пусков обеспечить минимальный расход воды в пределах 120-150 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup>, практически на протяжении всего межлетнего периода. Такой режим работы Днестровского водохранилища улучшил заполнение русла Нижнего Днестра водой, необходимой для его экосистемы и водно-хозяйственных нужд.

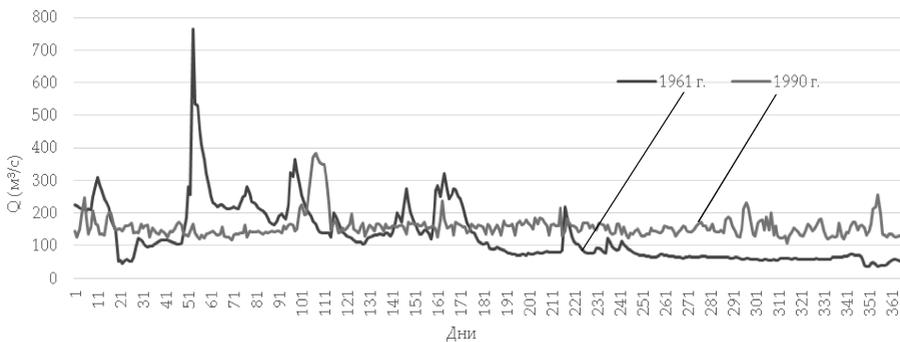


Рис. 7. Гидрограф стока, р. Днестр - Могилев-Подольский в 1961 и 1990 годы с низким стоком

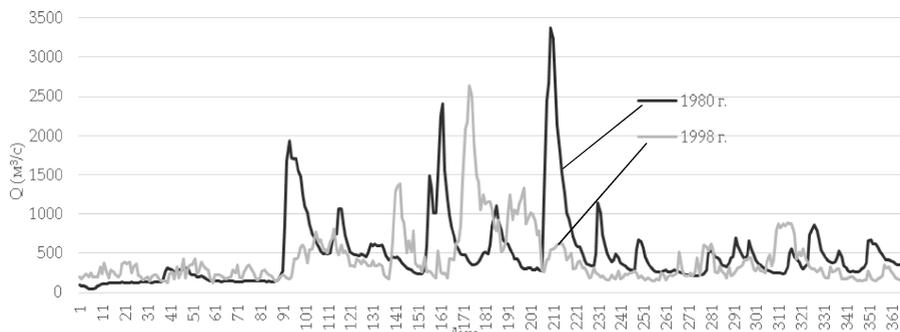


Рис. 8. Гидрограф стока, р. Днестр - Могилев-Подольский, 1980 и 1998 годы с повышенным стоком

В частности, в 2020 году объем притока в водохранилище, 7,86 км<sup>3</sup>, по данным наблюдений на ГП Залецки, превысил на 0,55 км<sup>3</sup> объем стока из водохранилища, по данным на ГП Могилев-Подольский, 7,31 км<sup>3</sup>. Вода, аккумулированная в 2020 году позволила улучшить ситуацию в нижнем Днестре в 2021 году, который оказался более засушливым по сравнению с предыдущим.

### ***Выводы***

Речной сток, является наиболее чувствительным индикатором как климатических изменений, так и влияния человеческой деятельности на речную систему.

Русловые плотины и гидроэлектростанции, которые функционируют в настоящее время на Днестре, представляют собой важный регулирующий и воздействующий фактор не только на русловой сток, но и на всю речную экосистему.

Днестровское водохранилище, особенно в период лет с пониженной водностью, можно оценивать как существенный позитивный антропогенный инструмент, который позволяет обеспечить наполняемость русла реки водой в периоды дефицита стока.

Особенно важным в такие годы становится продуманное, согласованное планирование режима попусков из Днестровского водохранилища, которое помимо гидротехнических задач по обеспечению нижележащего русла водой будет решать и серьезные гидроэкологические проблемы, вызванные или возникающие в периоды, связанные с водным дефицитом и внутрigoдовым и междугодовым перераспределением стока.

### ***Литература***

1. Андреев В. Г. Циклические колебания годового стока и их учет при гидрологических расчетах // Труды ГГИ “Вопросы расчетов стока”, Вып. 68. — Л.: Гидрометеиздат, 1959. — С. 3-50.
2. Onishchenko E.; Matygin A.; Kolvenko V. Calculation of the annual flow volumes of the Dniester River in the mouth part for the period 1985-2018 yy. // In Proceedings of the “Hydropower impact on river ecosystem functioning” Proceeding of the International Conference, October 8-9. — Tiraspol, 2019. — P. 266-270.
3. Korobov, R.; Trombitsky, I.; Matygin, A.; Onishchenko, E.; Kolvenko, V. On the issue of the annual runoff of the Dniester // In Proceedings of the “Hydropower impact on river ecosystem functioning” Proceeding of the International Conference, October 8-9. — Eco-TIRAS: Tiraspol, 2019. — P. 176-182.

## ДЕЯКІ ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЯКОСТІ ДАНИХ БУЇВ-ПРОФІЛЕМЕРІВ ARGO, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У БАСЕЙНІ ЧОРНОГО МОРЯ

**Вступ.** В даний час, практично, єдиним джерелом даних про стан морських вод відкритої акваторії Чорного моря є дані буїв-профілемерів ARGO. У роботі аналізуються дані вимірювань буїв-профілемерів “Арго” за період з березня 2005 по березень 2022 рр., отримані з IFREMER (URL:ftp://ftp.ifremer.fr/). Усього за період з 2005 р. і до теперішнього часу працювало 46 буїв, із них 13 буїв (станом на березень 2022 р.) продовжують працювати.

**Методи опрацювання.** Інформація, що отримана з буїв, автоматично через супутник передається в регіональні центри даних, де контролюється якість і часткове виправлення даних. Матеріали знаходяться у вільному доступі та передаються користувачам у вихідному та відкоригованому вигляді. Природно, що для поповнення історичної бази термохалінних даних Чорного моря необхідно використовувати виключно відкориговані дані, але і це не є достатньою підставою для безумовного поповнення Базис. Наскільки ми з'ясували, коригування профільних даних затвердженням МОК/ВМО регіональним фахівцем в основному полягає в зрушенні (при великих відхиленнях на глибинах 500-2000 м) даних всього профілю до кліматичних значень у глибоководній частині. Як показали високоточні вимірювання останніх десятиліть всілякими зондуючими комплексами, просторово-часова мінливість температури та солоності глибинних (1000-2000 м) вод Чорного моря становить 0.03-0.05 одиниці відповідних параметрів. Тому відхилення від кліматичного значення до 0,1 од. будь-якого з параметрів спричиняє суттєві помилки, наприклад, при обчисленні динаміки вод, тонкоструктурних особливостей у водній товщі і тощо. При цьому провадиться плоско-паралельний зсув профілю на величину середнього глибинного відхилення. Це не зовсім правильне рішення, але інший крок важко зробити — немає можливості перекалібрувати буй, що працює в автономному режимі. Така дія істотно покращує показання в глибинних шарах і може лише трохи спотворити показання в мінливому діяльному шарі моря.

**Аналіз матеріалів.** Повна інформація про тимчасові та вимірювальні характеристики буїв ARGO представлена в таблиці 1.

Буї працюють по закладеній в пам'ять програмі з дискретністю зондувань 5-7 або, в окремих випадках, 10 діб (табл. 1, колонка 15). Інструментальна похибка профілемерів становить 0,002 °C і 0,01 psu. Вертикальна роздільна здатність вимірювань варіює у верхньому шарі для різних буїв від 10 до 1 м, а глибше дискретність покроково збільшується (табл. 1, кол. 7-14). Буї, що працюють в даний час, виділені жирним шрифтом. Рядки з буями, оснащеними додатковими сенсорами розчиненого кисню, затоновано сірим кольором, а два з них, що виділені курсивом, мають і датчики сірководню.

Розглянемо ряд нестандартних помилок, виявлених у даних, за їх більш детальному розгляді. При цьому ми використовували програми, що дозволяють переформатувати дані зондувань в дані з регулярною вертикальною дискретністю і візуальним переглядом кожного з профілів або їх ансамблів з метою подальшого проведення детального порівняння.

На рис. 1 (кольорова вклейка, дод. 1) представлені вертикальні профілі температури та солоності морської води, отримані при зондуванні буя-профілемера № 1901200. Пропрацював він протягом трохи більше трьох років у період 2009-2013 рр., а завершив свою роботу у районі мілководдя біля турецького узбережжя.

При виконанні представлених на графіку профілів буї ARGO № 1901200 дрейфував за 60 миль на північ від центральної частини турецького узбережжя. Приблизно 30 % профілів солоності мали суттєвий брак у проміжному шарі 40-150 м, а в ряді випадків і до 250 м. При цьому будь-яких відхилень у поведінці температури не було (рис. 1).

Помилки іншого характеру було визначено у роботі буя № 6900807, доповненого кисневим датчиком. Буй працював з 5-добовою тимчасовою дискретністю, виконуючи поперемінно станції з глибин 180-200 і 950-1000 метрів. Були виявлені помилки, що постійно повторюються, у визначенні розчиненого кисню. Вони полягали в тому, що залежно від глибин, з яких проводилися виконання зондувань істотно відрізнялися концентрації кисню у всьому шарі: низькі концентрації відзначалися при виконанні зондувань з великих (~1000 м) глибин і істотно вищі при зондуваннях з малих глибин. На рис. 2 (кольор. вкл., дод. 1) цей факт відображено за даними семи вертикальних профілів, три з яких

Таблиця 1.  
Загальні відомості про океанографічні зондування, що виконані скануючими буями-профілемерами ARGO за період із 14.03.2005 по 16.03.2022 р. у басейні Чорного моря

№ за NN сер в	NN по черзі поста- новки	Номера буїв ARGO	Кіль- кість	Дата початку роботи	Дата завер- шення роботи	Інтервал глиб., m	Верт., дискр. спосте- режень, m	Інтервал глиб., m	Верт., дискр. спосте- режень, m	Інтервал глиб., m	Верт., дискр. спосте- режень, m	Інтервал глиб., m	Верт., дискр. спосте- режень, m	Час дискр., добі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	7	A1901200	235	20091208	20130222	0-700	10	700-2000	50	-	-	-	-	5 =
2	34	A3901852	-	20161206	<b>20220316</b>	0-100	2	100-700	10	700-2000	25	-	-	4
3	33	A3901854	-	20161102	<b>20220316</b>	0-100	2	100-700	10	700-2000	25	-	-	5
4	32	A3901855	-	20161022	<b>20220316</b>	0-100	2	100-700	10	700-2000	25	-	-	5
5	44	A3902004	-	20211021	<b>20220316</b>	0-1500	2	-	-	-	-	-	-	5
6	45	A3902005	-	20211022	<b>20220316</b>	0-1500	1-2	-	-	-	-	-	-	5
7	1	A4900489	141	20050314	20080205	0-100	5	100-500	20	500-600	25	600-2000	50	7 =
8	2	A4900540	174	20050314	20081002	0-100	5	100-300	10	300-600	25	600-2000	50	7 =
9	3	A4900541	126	20060718	20090301	0-360	10	350-400	20	400-2000	50	-	-	7 =
10	4	A4900542	164	20060718	20091223	0-350	10	350-400	20	400-2000	50	-	-	7 =
11	8	A5902291	24	20100417	20100603	0-300	10	300-2000	100	-	-	-	-	2 =
12	9	A6900803	145	20110319	20130701	0-200	5	200-360	10	360-700	50	700-2000	100	5 =
13	10	A6900804	166	20110319	20130701	0-200	5	200-360	10	360-500	50	500-2000	100	5 =
14	11	A6900805	364	20110319	20161112	0-200	5	200-360	10	360-500	20	500-700	50/100	5 =
15	27	A6900807	516	20141128	20180908	0-200	0.15	200-400	2.2	400-1000	5	-	-	4 = 1 ч
16	19	A6901828	65	20130930	20140818	0-100	5	100-760	10	760-2000	50	-	-	5 =
17	25	A6901831	387	20140718	20191121	0-200	5	200-700	10	700-2000	50	-	-	5
18	26	A6901832	404	20140912	20200316	0-200	5	200-700	10	700-2000	50	-	-	5
19	31	A6901833	339	20160602	20210319	0-200	5	200-700	10	700-1000	50	-	-	5
20	30	A6901834	379	20151125	20210404	0-200	5	200-700	10	700-800	50	-	-	5
21	28	A6901866	297	20150527	20190707	0-200	0.15	200-400	2	400-1000	5	-	-	5
22	16	A6901895	256	20130802	20170126	0-200	2	200-500	25	500-720	50	-	-	5 =
23	17	A6901896	87	20130804	20141005	0-200	2.5	200-500	25	500-720	50	-	-	5 =
24	22	A6901899	40	20140502	20141110	0-500	5	500-1000	25	-	-	-	-	5

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25	23	A6901900	164	20140502	20160722	0-500	5	500-1000	25	-	-	-	-	5
26	12	A6901959	211	20120608	20150421	0-100	5	100-750	10	750-1450	50	-	-	5 =
27	13	A6901960	26	20120609	20121009	0-100	5	100-750	10	750-1450	50	-	-	5 =
28	15	A6901961	209	20121106	20150919	0-750	10	750-1450	50	-	-	-	-	5 =
29	14	A6901962	214	20120817	20150720	0-750	10	750-1450	50	-	-	-	-	5 =
30	35	A6903228	12	20171020	20180212	0-100	2	100-700	10	700-1500	25	-	-	5
31	36	A6903240	-	20180406	20220316	0-350	1	350-1000	10	-	-	-	-	5 = 1/4
32	38	A6903271	-	20191001	20220316	0-100	1-2	100-700	10	700-1500	20	-	-	
33	39	A6903766	-	20191202	20220316	0-500	2	500-1000	15	1000-1500	25	-	-	
34	40	A6903782	-	20200723	20220116	0-100	2	100-700	10	700-1500	25	-	-	
35	41	A6903865	-	20200804	20210114	0-100	1	100-500	2	500-1500	5	-	-	
36	42	A6903866	-	20201203	20220316	0-100	1	100-500	2	500-1500	5	-	-	
37	43	A6903867	-	20201117	20220316	0-100	1	100-500	2	500-1500	5	-	-	5
38	5	A7900465	128	20090606	20120307	0-300	2	300-500	20	-	-	-	-	5
39	5	A7900466	178	20090606	20121127	0-500	2	-	-	-	-	-	-	5
40	18	A7900590	134	20130829	20150702	0-200	10	200-2000	25	-	-	-	-	5 =
41	21	A7900591	264	20131216	20200220	0-1000	1	-	-	-	-	-	-	5 = 1/4
42	20	A7900592	77	20131215	20141015	0-990	1	-	-	-	-	-	-	1 =
43	24	A7900593	59	20140629	20150415	0-100	2	100-999	10	999-2000	50	-	-	5
44	29	A7900594	140	20150707	20170602	0-200	1	200-700	10	700-2000	50	-	-	5
45	37	A7900595		20190810	20220316	0-200	10	200-1500	25	-	-	-	-	10
46	40	A7900596		20191206	20220316	0-200	10	200-1500	25	-	-	-	-	10

**Примітка:**

Жирним шрифтом відзначено буї, які продовжують роботу станом на 01.02.2022 р.

Сірим кольором виділено інформацію про буї з додатковим вимірюванням розчиненого кисню.

Курсивом виділено інформацію про буї, що мають і датчики сірководню.

(=) — це дані про щогодинну (до 8-9 год.) передачу координат на поверхні (для розрахунку поверхневих течій).

виконані з більших глибин, чотири — із серединних областей головного галокліну моря.

Ще більш явно цей факт відображений на графіку змін концентрацій кисню за даними всього масиву в серединній області оксикліну, на горизонті 100 метрів (кольор. вкл., дод. 1, рис. 3).

Буй пропрацював близько 4 років, з 11.2014 по 08.2018 р. Кожна пара станцій (глибока і неглибока) виконувались приблизно в одних координатах з тимчасовим зсувом близько двох годин. На рис. 3 (кольор. вкл., дод. 1) представлено район моря з траєкторією руху буя протягом усього терміну роботи. На графіку виразно виділяються 6 зон підвищеного вмісту кисню. На області моря ці зони виділені жирною (червоною) лінією. Як правило, вони розташовані поблизу струменя ОЧТ приблизно в зоні конвергенції з великим заглибленням вод діяльного шару. Звідси й високі концентрації кисню на горизонті 100 м.

Похибка приладу полягає в тому, що майже одночасні спостереження над киснем на двох сусідніх станціях дають результати, що істотно відрізняються один від одного. Так, шість зон підвищених концентрацій кисню виявляються по всіх типах станцій, але рівень вмісту кисню на малих і глибоких зондуваннях абсолютно різний. І якби не було парності у виконанні цих зондувань, то дуже важко було б визначити помилкові дані чи ні. Це й у даній ситуації важко зробити, тобто, прийняти за істину дані тих чи інших станцій.

Для визначення істинності даних було проведено порівняння рівня вмісту кисню на різних горизонтах з даними інших буйів, оснащених датчиком кисню. Поки що було проведено порівняння на горизонті 100 метрів. Всі дані по температурі та солоності морської води досліджуваного буя знаходяться в одних межах мінливості з даними інших 12-ти буйів, у просторових зонах, як дивергенції, так і конвергенції. За даними кисню картина інша — зондування з малих глибин дають значення вмісту кисню значно вищі, ніж дані інших буйів, а зондування з глибин близько 1000 м у різних зонах моря приблизно збігаються. Тому дані щодо кисню на станціях верхнього діапазону глибин слід забракувати. Однак причина цього явища нам не зрозуміла.

Розглянемо випадки аномальних змін характеристик середовища, пов'язані з суттєвими змінами кисневого і менш вираженими — термічного та солоностного режимів водної товщі (кольор. вкл., дод. 1, рис. 4). Пов'язані вони з вторгненнями в підповерхневий

100-500 метровий шар Чорного моря насичених киснем і з підвищеним вмістом тепла та солі водами, джерелом яких є протока Босфор. У протоці Босфор епізодично повторюються короткочасні випадки замикання верхньої чорноморської течії [1], пов'язані з різкими посиленнями південних вітрів. Це явище має місцеву назву "Оркоз". У процесі замикання верхньої течії на серединному порозі протоки відбувається посилення процесів перемішування розпресованих і насичених киснем поверхневих вод із солоними та теплішими водами глибинної протитечі з Мармурового моря. У Чорне море змішані води проникають у проміжному шарі та поширюються на горизонтах від 100 до 500 метрів, спотворюючи відносно стабілізовану структуру вод південних регіонів моря.

Ці різкі відхилення характеристик власне є помилками, бо викликані природними причинами, але водночас при візуалізації дають часом спотворене уявлення про деякі досліджувані процеси. Зокрема, це може стосуватися питання вивчення нижньої межі оксикліну та сусідньої з нею верхньої межі глибинної сірководневої товщі.

У вступі ми згадували про один з методів усунення помилок термохалінних вимірювань, що застосовуються контролюючими фахівцями, а саме плоско-паралельне зміщення вертикальних профілів, виходячи зі знання про незвичайно високу однорідність вод у глибинній 1000-метровій зоні моря. Проте є буї, де такої процедури не було проведено. Візьмемо, зокрема, буй АРГО № 6903240, який почав працювати у березні 2018 року та функціонує дотепер (березень 2022 р). Буй багатофункціональний, з великим набором додаткових гідрохімічних та гідробіологічних сенсорів. Робота датчиків температури, розчиненого кисню та сірководню претензій не викликає. Результати спостережень над солоністю на завершальному етапі роботи буя недостовірні. Робота інших гідрохімічних та гідробіологічних сенсорів буя не перевірялася.

На рис. 5 (кольор. вкл., дод. 1) представлені часові графіки 4-річної мінливості солоності вод на низці глибинних горизонтів (300-900 м). У період з початку роботи буя в березні 2018 р. і до кінця 2020 року середній рівень виміряної солоності повільно підвищувався у всій товщі, що вимірюється, із середньою швидкістю 0,025 ‰ на рік. Ці та наступні градієнти зміни солоності обчислені за даними двох шматочкових трендів для горизонту 500 м (кольор. вкл., дод. 1, рис. 5). До кінця зазначеного терміну середня солоність вод на горизонті 500 м підвищилася на  $+0.05 \div 0.06$  ‰

від кліматичного значення на цьому горизонті і може вважатися нормальним явищем. Однак з січня 2021 р. з невідомої причини річний тренд зміни солоності води збільшився у 6 разів і досяг значення 0.154 ‰ на рік, величина солоності суттєво перевищила верхню межу коридору мінливості та солоність має бути перероблена за наведеною вище методикою або забракована.

Пошук усіх недоліків у матеріалах спостережень буїв АРГО непросте завдання. Найчастіше окремі види помилок визначаються лише результати вирішення будь-яких завдань, але більшість помилкових даних можна виявити з допомогою програм обчислення простих статистичних даних у кожному з масивів спостережень. Така статистика може включати обчислення на всіх горизонтах середніх значень параметрів, їх максимальних та мінімальних відхилень та станцій, на яких ці відхилення зафіксовані, а також дисперсій та загальної кількості станцій, за якими здійснювався розрахунок. Варіант вихідної таблиці, розрахованої за однією з таких програм, наведено в табл. 2. Це розрахунок для одного глибоководного горизонту 500 метрів, але для всіх працюючих і працюючих буїв АРГО. Сірим кольором у таблиці виділено значення параметрів, які викликають сумніви або з явною наявністю браку і потребують детального перегляду даних цих станцій. Дані буя АРГО № 6903240 виділяються, маючи велику кількість відхилень від норми термohалінних показників.

### ***Висновки***

Таким чином, проведений аналіз результатів морських глибоководних спостережень, виконаних буями-профілемерами АРГО, показав наявність великої різноманітності недостовірних даних за різними параметрами вимірювань.

Зміни калібрувальних характеристик призводять до спотворення результатів спостережень по всьому вертикальному профілю (буй № 6903240).

Різкі і часто повторювані спотворення традиційної форми профілів можуть бути пов'язані з технічними причинами або впливом на датчики певного діапазону глибин (буй № 1901200), а також з епізодичним впровадженням та розповсюдженням сторонніх вод (показано за даними буя № 7900592, але може виявлятися на всіх буйах).

Всі датчики буя відчувають дуже великий тиск водного стовпа і при невеликих дефектах при виготовленні можуть неоднознач-

Таблиця 2.  
Статистичні дані про термохалінну мінливість вод Чорного моря на горизонті 500 метрів  
за даними всіх буїв-профільмерів АРГО, запущених з 2005 року

№ з/р	File Name	H (m)	T		T sep.	T max	T min	Nt	Nt+	S min	S sep.	S max	Ns-	Ns+	SKOt	SKOs	Nt	Ns
			min	max														
1	1901200	500	8.88	8.886	8.90	71	7	21.99	22.045	22.08	29	83	0.011	0.022	178	178		
2	3901852	500	8.89	8.899	9.05	5	263	21.99	22.037	22.09	39	30	0.019	0.016	360	360		
3	3901854	500	8.89	8.899	9.00	3	283	21.99	22.048	22.11	99	382	0.013	0.023	366	366		
4	3901855	500	8.89	8.897	9.03	5	147	21.99	22.061	22.13	17	380	0.018	0.036	374	374		
5	4900489	500	8.88	8.884	8.89	121	36	21.93	22.022	22.08	121	3	0.003	0.034	135	135		
6	4900540	500	8.88	8.884	8.90	78	7	21.96	22.014	22.08	77	40	0.007	0.027	173	173		
7	4900541	500	8.88	8.886	8.92	69	73	21.97	22.030	22.07	68	2	0.009	0.015	126	126		
8	4900542	500	8.87	8.881	8.89	77	123	21.89	21.994	22.07	77	1	0.009	0.034	152	152		
9	6900803	500	8.88	8.892	9.02	19	29	22.01	22.049	22.08	120	7	2.358	0.010	120	129		
10	6900804	500	8.88	8.886	8.89	31	28	21.99	22.039	22.08	52	4	2.245	0.002	133	142		
11	6900805	500	8.88	8.890	8.90	2	312	22.00	22.052	22.09	312	260	2.391	0.023	296	319		
12	6900807	500	8.88	8.892	8.95	144	157	21.95	22.045	22.10	2	269	0.007	0.030	242	242		
13	6901828	500	8.88	8.890	8.95	2	19	21.95	22.029	22.07	31	9	0.012	0.017	56	56		
14	6901831	500	8.87	8.891	9.13	1	101	21.96	22.034	22.26	1	312	1.458	0.028	363	373		
15	6901832	500	8.88	8.892	8.91	29	383	21.97	22.039	22.08	102	21	1.188	0.020	386	393		
16	6901833	500	8.88	8.895	8.95	44	136	21.96	22.074	22.12	44	206	3.496	0.035	315	273		
17	6901834	500	8.89	8.893	9.11	6	9	21.99	22.039	22.07	306	91	0.677	0.024	344	346		
18	6901866	500	8.89	8.893	8.90	111	295	21.92	22.044	22.09	111	67	0.008	0.012	287	287		
19	6901895	500	8.88	8.891	8.94	104	255	21.99	22.040	22.08	144	98	0.012	0.017	246	246		
20	6901896	500	8.88	8.890	8.90	32	55	21.99	22.046	22.07	42	20	0.003	0.010	81	81		
21	6901899	500	8.89	8.888	8.89	2	5	22.01	22.038	22.08	33	4	0.003	0.020	34	34		
22	6901900	500	8.88	8.891	8.90	3	10	22.01	22.056	22.08	3	133	0.007	0.009	162	162		
23	6901959	500	8.88	8.888	8.90	122	129	21.94	22.036	22.08	122	70	1.395	0.028	199	204		
24	6901960	500	8.88	8.884	8.89	6	2	22.03	22.040	22.06	5	2	1.395	0.028	4	4		
25	6901961	500	8.88	8.890	9.02	121	22	22.00	22.032	22.07	169	18	0.016	0.025	162	162		
26	6901962	500	8.88	8.889	9.00	87	160	21.99	22.031	22.07	114	142	0.700	0.028	161	162		
27	6903228	500	8.89	8.895	8.94	3	12	22.01	22.035	22.07	12	4	0.017	0.022	9	9		
28	6903240	500	8.89	8.907	9.10	2	36	22.02	22.104	22.24	50	295	0.026	0.054	270	270		
29	7900590	500	8.88	8.897	9.04	120	15	21.97	22.029	22.07	120	15	1.456	0.008	110	113		
30	7900591	500	8.88	8.891	8.90	82	264	21.94	22.049	22.09	1	176	0.002	0.022	263	263		

Де: Nt, Nt+ I Ns-, Ns+ — номери станцій із екстремальними значеннями відповідних параметрів на горизонті 500 м;  
Nt, Ns — загальна кількість оброблених станцій за кожним параметром на горизонті 500 м.

но реагувати на вимірювання, проведені з різних вихідних глибин (буй № 6900807).

Багато помилок вимірювань виявляються в процесі детальної обробки даних спостережень, але здебільшого повинні бути виявлені на етапі попереднього критичного контролю даних вимірювань. Обов'язково проведення візуального перегляду всіх вертикальних профілів, проведення попередньо статистичної обробки масивів, побудова схем перенесення буїв по акваторії моря.

УДК 551.465

*Полежаєв Є. К., Тітяккин А. С.*

## **ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ВОДИ ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ**

Автор для кореспонденції polyazhaev1953@gmail.com

### **Реферат**

**Ціль.** Основною метою дослідження є аналіз просторово-часової мінливості температури поверхневого шару води Чорного та Азовського морів з 2003 по 2021 роки. Аналіз базується на середньомісячних, сезонних і кліматичних даних супутникових спостережень Aqua MODIS з просторовою роздільною здатністю 4 км. Дані з температури поверхні моря визначалися як середнє всіх точок супутникових спостережень, що потрапили в водні масиви, згідно районування Чорного та Азовського морів. Верифікація осереднених супутникових даних здійснювалася за допомогою інструментальних спостережень на морських станціях і постах.

**Актуальність.** Температура поверхні моря є ключовою кліматичною змінною, оскільки вона робить великий внесок у регулювання клімату та його мінливості. Таким чином, дослідження температури поверхні моря Чорного та Азовського морів має важливе значення для моніторингу та характеристики стану глобальної кліматичної системи.

**Висновки.** Як для Чорного, так і для Азовського морів характерний додатній тренд температури поверхні моря. У просторовому розподілі тренд температури поверхні моря досягає максимальних значень у північно-західній, південній та східній частинах Чорного моря, мінімальних значень — у центральній.

Внутрішньорічні тренди температури поверхні моря, незалежно від просторового розподілу та площ районів, об'єднує наступне: максимальні додатні тенденції у березні, липні, вересні та листопаді та мінімальні, аж до від'ємних, у травні, серпні, жовтні та листопаді.

Тенденція зростання температури поверхні моря зберігається.

**Ключові слова:** супутникові виміри, Чорне море, Азовське море, температура води, просторово-часова мінливість.

За геоморфологічними ознаками Чорне море розділяють на східну, західну і північно-західну (шельфову) частини. Північно-західна частина Чорного моря перебуває під впливом стоку трьох великих річок Дунаю, Дніпра і Дністра, стік яких складає близько 260 км<sup>3</sup> і значно впливає на формування поверхневих водних мас та формування біохімічного режиму вод як морського шельфу, так і моря в цілому. У зоні контакту прісної і солоної води формуються фронтальні зони з високими градієнтами солоності та значною зміною за іншими показниками морського середовища; однак, виділяються також і зони з відносно рівномірними характеристиками. Такі відносно рівномірні зони об'єднані в морські водні масиви різної типології для прибережних вод, ділянок морського шельфу та ділянок відкритого моря (кольор. вкл., дод. 2, рис. 1) [1].

Сучасні супутникові інструменти дають можливість визначати основні параметри океану та атмосфери над ним у різних часових та просторових масштабах. Супутникові вимірювання дозволяють здійснювати довготривалі квазінеперервні спостереження, що охоплюють весь Світовий океан.

В даний час на орбіті Землі працюють чотири великі супутникові системи, які здійснюють моніторинг океанічної та земної поверхні, а також атмосфери. Це супутники, що запуснені NASA (Terra, Aqua, Aura) та європейським космічним агентством ESA (ENVISAT).

Супутники Terra і Aqua оснащені спектрорадіометром MODIS, що дозволяє вимірювати 36 спектральних смуг в діапазоні від 0,405 мкм до 14,385 мкм і отримувати дані з трьома просторовими роздільними здатностями: 250 м, 500 м і 1000 м. Ширина смуги огляду становить 2330 км. Орбіта Terra навколо Землі побудована таким чином, що супутник проходить із півночі на південь через екватор вранці, а Aqua проходить із півдня на північ через екватор у другій половині дня. Terra MODIS та Aqua MODIS охоплюють всю поверхню Землі кожні один-два дні.

Температура поверхні моря (ТПМ) є ключовою кліматичною характеристикою, оскільки саме теплонакопичення верхнього перемішаного шару робить визначальний внесок у регулювання змін клімату [2]. Таким чином ТПМ, у тому числі Чорного та Азовського морів, є важливою ланкою для моніторингу стану глобальної кліматичної системи [3].

Довготривала мінливість ТПМ, наприклад міжрічна, дає уявлення про повільні зміни ТПМ, тобто про температурний тренд [4]. В останні десятиліття з моменту появи супутникових даних у Чорному морі відзначили тенденцію до потепління ТПМ [5, 6]. Таким чином, дуже важливо дати оцінку мінливості ТПМ Чорного моря, засновану на супутникових спостереженнях.

Для аналізу мінливості температурного режиму поверхневого шару водних масивів Чорного та Азовського морів використовувалася інформаційна база, побудована на даних супутникових спостережень Terra та Aqua [7]. А саме: перетворено формат вихідних даних (NetCDF) на зручний для користування та подальшого аналізу (txt); з глобального масиву даних для всієї Земної кулі за 2003-2021 рр. проведена вибірка даних для регіону Чорного та Азовського морів, що дозволило проаналізувати просторово-часову мінливість температури поверхні води як акваторій Чорного та Азовського морів, так і виділених водних масивів.

Для дослідження мінливості температури поверхні виділених водних масивів осереднювались дані супутникових спостережень, що в них потрапили, за алгоритмом [8]. Аналіз мінливості температурного режиму виконувався на підставі середніх місячних значень температури за період 2003-2021 рр.

### ***Верифікація даних***

Для верифікації даних супутникових спостережень використовувалися вимірювання температури води на морських гідрометеостанціях (МГ) “острів Зміїний”, “Одеса-порт”, “Хорли” та гідрометеорологічного буя SWMid-185, встановленого на відстані 1 милі від МГ “Одеса-порт” водного масиву CW6.

Результати порівняння супутникових даних температури поверхні води з виміряними на станціях дають відхилення, що не перевищують 0,5 °C (кольор. вкл., дод. 2, рис. 2). Слід зазначити, що мінімальні відхилення супутникових даних (від 0,0 °C до 0,2 °C), осереднених за площами водних масивів CW1 та CW6, відзначені в порівнянні з даними станції відкритого моря МГ “острів Зміїний” та гідрометеорологічного буя, відповідно. Максимальні відхилення супутникових значень температури води, осереднених по площі водного масиву CW10, спостерігаються в порівнянні з даними МГ “Хорли”, розташованої в глибині Каркінітської затоки, але в часовій мінливості повністю зберігають всі основні особливості.

### *Мінливість ТПМ Чорного та Азовського морів*

При дослідженні мінливості ТПМ Чорного та Азовського морів, як індикатор, вибрано відхилення від кліматичних значень температури води для чотирьох сезонів. Для розрахунків ТПМ використовувався сезонний розподіл температури води за 2021 р. та кліматичні дані. Кліматичні характеристики ТПМ розраховувалися як середні у період 2003-2021 рр. При цьому в часовому ході сезони визначалися наступним чином: зимовий сезон для кліматичних характеристик, як проміжок 21.12.2002-20.03.2021 рр., весняний сезон — 21.03.2003-20.06.2021 рр., літній сезон — 21.06.2003-20.09.2021 рр. та осінній сезон — 21.09.2003-20.12.2021 рр. Відповідно, сезонні проміжки ТПМ для 2021 р. визначалися аналогічним чином. Такий вибір дає можливість простежити зміну ТПМ, як у довгостроковому часовому ході, так і у просторовому розподілі по акваторіям (кольор. вкл., дод. 2, рис. 3).

Для Чорного моря додатній тренд відхилення ТПМ від кліматичних значень характерний для зимового, весняного та літнього сезонів. Максимальна величина відхилень відзначається в зимовий період для всього регіону Чорного моря, де додатній тренд досягає величини 1,5 °С, мінімальне відхилення — в літній сезон, до 0,5 °С. У просторовому розподілі максимальний додатній тренд ТПМ відзначається у північно-західній частині Чорного моря, вздовж південного узбережжя та узбережжя Кавказу, незалежно від сезону. Мінімальні відхилення — у центральній частині Чорного моря.

Від'ємний тренд відхилень ТПМ від кліматичних значень характерний для осіннього сезону. Величина окремих ядер відхилень ТПМ від кліматичних досягає 3 °С і знаходиться у центральній частині Чорного моря.

Для Азовського моря характерний від'ємний тренд ТПМ в осінньому та зимовому сезонах. Відхилення від кліматичних характеристик коливається від 2,0 до 4,0 °С восени та від 0,5 до 2,5 °С взимку. У літній сезон відзначається додатній тренд ТПМ від 0,5 до 1,5 °С.

Як для Чорного, так і для Азовського морів осінній сезон характеризується від'ємним трендом ТПМ. Але для зимового сезону для Чорного моря, на відміну від Азовського, додатній тренд ТПМ максимальний (до 1,5 °С ) і займає всю площу акваторії.

Таким чином, як для Чорного, так і для Азовського морів характерний додатний тренд ТПМ. У просторовому розподілі тренд ТПМ досягає максимальних значень у північно-західній, південній та східній частині Чорного моря, мінімальних значень — у центральній частині регіону. Величина додатнього тренду ТПМ у сезонному циклі всього регіону Чорного моря коливається не більше 1,0-1,5 °С, для Азовського моря — 0,9-1,2 °С. Привертають увагу від'ємні значення тренду ТПМ для осіннього сезону і великі плюсові значення ТПМ для зимового сезону, тобто, за період вимірювань з 2003 по 2021 рр. температура повітря, а отже і прогрівання ТПМ, зазнали змін, а саме восени повітря стало прохолодніше, а взимку тепліше порівняно з початковими точками відліку.

Згідно з [6], за період 1993-2017 рр. у ТПМ Чорного моря спостерігалось загальне потепління поверхні на 1,0-2,0 °С, у північно-західній — до 1,5 °С (кольор. вкл., дод. 2, рис. 4).

Згідно [9] за період 1991-2020 рр. інтегральна температура верхнього перемішаного шару значно зросла. Це свідчить про збільшення теплозапасу верхнього шару моря за останні 30 років.

Таким чином, виходячи з розрахунків, зроблених за різними джерелами, отримуємо, що ТПМ Чорного моря має додатний тренд, загальна температура поверхні підвищилася за розрахунковий період, як мінімум, на 1,2-1,5 °С залежно від регіону.

### ***Середньорічна та внутрішньорічна мінливість ТПМ виділених районів Чорного та Азовського морів***

Розглянемо тенденції зміни температури поверхневого шару води по районах (кольор. вкл., дод. 2, рис. 1). Окрім шельфових районів (ShW1-ShW9) та районів відкритого моря (OWAz, OWW1, OWC1, OWCr1, OWCr2), виходячи з факторів впливу на формування ТПМ, крім температури повітря, найбільш схильні до зовнішніх факторів впливу прибережні райони.

Ці райони можна розділити на наступні:

- 1) TW5, CW1-CW6 — райони, де на формування ТПМ впливає стік прісноводних річок;
- 2) райони Каламітської та Каркінітської заток (CW7-CW11);
- 3) прибережні райони півострова Крим — CW12-CW22;
- 4) прибережні райони Азовського моря — CW23-CW32.

Чисельні значення міжрічних та внутрішньорічних змін ТПМ у виділених районах Чорного та Азовського морів за період 2003-2021 рр. представлені у табл. 1.

Таблиця 1.

Внутрішньорічні та середньорічні тенденції ТІМ  
по водним масивам

Table 1.

Intra-annual and average annual trends of SST by water bodies

Район / місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середня річна
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TW5	2,0	3,0	2,6	0,6	-0,8	2,5	2,0	1,0	2,9	0,1	2,2	0,5	1,6
CW1	2,3	0,8	1,7	2,2	1,4	1,4	1,6	0,2	1,5	-0,5	2,0	0,8	1,3
CW2	1,0	2,4	2,6	1,0	-0,6	2,1	1,8	0,8	3,0	0,5	2,5	-0,3	1,4
CW3	1,0	1,8	2,5	1,0	0,0	2,0	1,9	0,7	3,2	0,6	2,5	-0,3	1,4
CW4	1,0	2,0	2,6	1,6	-1,6	2,5	2,0	0,5	3,3	0,4	3,0	0,9	1,5
CW5	1,4	1,5	2,3	0,9	-1,2	1,8	2,2	0,7	3,0	0,5	2,8	-0,3	1,3
CW6	1,6	1,6	2,0	0,5	-1,3	1,8	1,3	0,5	2,6	0,4	2,4	1,3	1,2
середні значення	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2,3</b>	<b>1,1</b>	<b>-0,6</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>0,6</b>	<b>2,8</b>	<b>0,3</b>	<b>2,5</b>	<b>0,4</b>	<b>1,4</b>
CW7	1,0	1,4	2,3	1,4	-0,3	1,3	1,2	0,5	2,9	0,3	2,0	-0,5	1,1
CW8	1,0	1,5	2,6	1,5	0,5	1,0	1,4	0,0	2,7	-1,0	2,1	-0,2	1,1
CW9	0,7	1,6	2,7	1,4	0,2	1,7	1,0	0,6	2,6	-0,4	1,7	-0,5	1,1
CW10	1,5	1,7	2,8	1,4	1,5	1,4	1,4	0,1	2,3	-1,1	2,5	-0,8	1,2
CW11	1,4	2,2	3,1	1,8	1,7	1,0	1,1	0,4	2,5	0,1	1,7	-0,3	1,4
середні значення	<b>1,1</b>	<b>1,7</b>	<b>2,7</b>	<b>1,5</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,3</b>	<b>2,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>2,0</b>	<b>-0,5</b>	<b>1,2</b>
CW12	0,7	2,2	2,4	1,5	1,5	1,0	1,2	0,4	2,5	0,0	1,2	0,5	1,3
CW13	1,1	2,0	2,0	1,3	1,0	1,6	1,6	0,5	2,2	-0,2	1,3	0,1	1,2
CW14	1,4	2,0	1,9	1,5	1,9	1,1	1,4	0,5	1,8	-0,1	1,4	0,4	1,3
CW15	1,0	1,6	1,7	1,5	1,5	0,9	1,6	0,3	2,0	-0,4	1,3	0,6	1,1
CW16	1,2	1,6	1,6	1,4	1,1	1,7	1,5	0,4	1,9	-0,4	0,8	-0,2	1,1
CW17	1,7	1,6	1,7	1,3	0,5	2,0	1,4	0,3	1,6	0,0	0,8	0,3	1,1
CW18	1,4	1,7	1,9	1,3	0,7	1,7	1,3	0,3	1,8	0,3	0,5	0,5	1,1
CW19	2,0	2,1	1,7	1,0	-0,3	2,0	1,5	0,4	2,5	0,1	0,9	0,5	1,2
CW20	2,3	2,0	1,8	1,1	0,3	2,1	1,7	0,5	2,8	-0,5	0,9	1,0	1,3
CW21	2,0	1,1	1,8	1,3	0,4	1,7	1,5	0,5	2,7	-1,0	1,0	1,7	1,2
CW22	1,6	1,7	2,2	1,0	0,9	2,0	1,7	0,5	1,9	-1,2	0,5	1,6	1,2
середні значення	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,4</b>	<b>2,2</b>	<b>-0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>
CW23	0,5	0,5	2,1	1,2	1,1	1,3	2,0	0,5	1,8	-2,0	1,0	-2,1	0,7
CW24	0,7	1,0	2,6	1,5	1,0	1,0	1,9	0,6	1,4	-1,5	0,7	-0,5	0,9
CW25	0,7	0,5	1,7	1,6	0,9	1,0	2,0	0,7	1,7	-1,6	0,9	0,0	0,8
CW26	0,7	0,7	1,9	1,4	0,5	0,9	2,1	0,5	2,1	-1,1	1,7	-0,7	0,9
CW27	-0,1	0,7	2,5	1,4	0,5	1,8	2,0	0,5	1,9	-1,4	2,5	-0,2	1,0
CW28	0,2	0,8	2,5	1,5	1,3	2,0	2,2	0,7	1,4	-1,6	1,1	-1,0	0,9
CW29	0,2	0,4	2,5	1,7	1,4	1,9	2,0	1,0	1,0	-2,4	1,3	-1,2	0,8
CW30	0,5	0,1	2,2	1,4	1,3	2,1	1,9	0,8	0,8	-1,8	1,4	-1,4	0,8
CW31	-0,3	-0,4	2,2	0,6	0,5	1,7	1,8	0,6	0,5	-1,6	0,9	-2,0	0,4
CW32	-0,4	-0,5	2,1	0,8	1,0	1,6	1,6	0,6	0,5	-2,1	2,3	-1,5	0,5
середні значення	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>2,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>-1,7</b>	<b>1,4</b>	<b>-1,1</b>	<b>1,1</b>

## Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ShW1	1,3	1,1	1,9	1,5	0,3	1,6	1,6	0,3	2,3	0,1	2,3	0,7	1,3
ShW2	0,9	1,5	2,3	1,3	-0,1	1,8	1,9	0,5	2,8	0,5	2,0	0,1	1,3
ShW3	1,3	1,5	2,2	1,2	-0,4	1,4	1,6	0,5	2,7	0,6	2,2	-0,3	1,2
ShW4	0,8	1,2	2,3	1,7	0,8	0,9	1,4	0,4	2,5	0,4	1,7	-0,1	1,2
ShW5	1,1	0,9	2,0	1,6	0,1	0,9	1,5	0,3	2,3	0,3	2,5	0,5	1,2
ShW6	1,4	1,0	1,7	1,2	0,5	1,2	0,8	-0,1	1,8	0,0	2,2	0,9	1,1
ShW7	0,6	1,5	1,7	1,3	0,8	1,3	1,0	0,1	1,8	0,2	1,7	0,4	1,0
ShW8	0,9	1,8	2,9	2,0	1,6	1,0	1,0	0,5	2,6	0,4	1,1	-0,1	1,3
ShW9	1,4	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,5	0,5	2,1	0,0	1,3	0,1	1,2
середні значення	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>0,3</b>	<b>2,3</b>	<b>0,3</b>	<b>1,9</b>	<b>0,2</b>	<b>1,2</b>
OWW1	1,1	1,4	1,7	1,3	0,9	1,4	1,8	0,5	1,4	-0,6	1,6	0,5	1,1
OWC1	1,3	1,3	1,8	1,4	0,9	1,5	1,6	0,3	0,9	-1,2	1,6	0,9	1,0
OWCr1	1,5	1,3	1,8	1,4	0,8	1,5	1,8	0,0	1,4	-0,5	1,0	0,5	1,0
OWCr2	1,6	1,3	2,4	1,4	0,5	1,9	1,7	0,3	2,3	-0,5	1,5	1,2	1,3
середні значення	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>0,3</b>	<b>1,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>
OWAz	0,3	0,8	2,5	1,7	1,2	1,5	2,2	0,7	1,4	-1,9	0,9	-0,6	<b>0,9</b>

З отриманих результатів випливає, що середньорічна температура поверхневого шару води за період 2003-2021 рр. для усіх водних масивів Чорного і Азовського морів підвищилася. Максимальне підвищення від 1,2 °С до 1,6 °С характерне для прибережних водних масивів північно-західної частини Чорного моря (максимальне значення 1,6 °С для масиву TW5). Мінімальні значення підвищення температури відзначені для прибережних водних масивів Азовського моря 0,4 ÷ 0,5 °С (масиви CW31, CW32). Для шельфових ділянок підвищення температури становило від 1,0 °С до 1,3 °С. Для ділянок відкритого моря температура поверхневого шару зросла від 1,2 °С до 1,5 °С.

На рис. 5 (кольор. вкл., дод. 2) представлені внутрішньорічні тенденції ТПМ, характерні для прибережних районів, районів шельфу та відкритого моря. Незалежно від просторового розподілу та площі районів їх поєднують максимальні додатні тенденції у березні, липні, вересні та листопаді. Максимальних величин додатня тенденція ТПМ досягає в районі змішування стоку Дунаю та прилеглих вод Чорного моря (TW5) і становить 3,0 °С у квітні та 2,9 °С у вересні. Для районів шельфових вод та відкритого моря величини тенденцій ТПМ дещо менші і коливаються в межах 2,0-2,5 °С для шельфових зон, 1,6-1,9 °С — для зон відкритого моря та 1,4-2,5 °С — для Азовського моря.

Часовий перебіг зменшення значень тенденції ТПМ також є характерним для всіх районів Чорного і Азовського морів. Мінімум, аж до від'ємних величин, припадає на травень, серпень, жовтень та грудень. При цьому, при аналогічному загальному ході тренду, є відчутна різниця у величинах для окремих районів (табл.1). Загальним, для всіх районів, характерний від'ємний тренд ТПМ у жовтні, тобто, починаючи з початкової точки вимірів (2003 р.), ТПМ максимально зменшувалася цього місяця. Від'ємний тренд у жовтні досягав своїх максимальних величин для всіх прибережних районів Азовського моря (в середньому  $-1,7$  °C), безпосередньо Азовського моря в цілому ( $-1,9$  °C) і районів відкритих вод ( $-0,7$  °C).

Таким чином, незважаючи на загальний додатний тренд ТПМ, внутрішньорічна мінливість має складний характер, а саме прогрівання ТПМ у березні, липні, вересні, листопаді та охолодження у жовтні. Виходячи з того, що ТПМ формується атмосферними процесами, можна зробити висновок, що маємо в цілому підвищення температури повітря в перерахованих місяцях і різке зниження в жовтні (стосовно всього ряду спостережень).

#### ***Висновки***

1. Отримано, що як для Чорного, так і для Азовського морів є характерним додатний тренд ТПМ.
2. У просторовому розподілі максимальних значень тренд ТПМ досягає у північно-західній, південній та східній частині Чорного моря, мінімальних значень — у центральній.
3. Внутрішньорічні тренди ТПМ, незалежно від просторового розподілу та площ районів, об'єднує наступне: максимальні додатні тенденції у березні, липні, вересні та листопаді та мінімальні, аж до від'ємних, у травні, серпні, жовтні та листопаді.
4. Тенденція зростання ТПМ зберігається.

#### ***Література***

1. Морська природоохоронна стратегія України [Електронний ресурс] // Схвалено Кабінетом Міністрів України від 11 жовтня 2021 р. № 1240-р. Київ — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#n126> — Назва з екрана.
2. Deser Cl., Alexander M. A., Xie Sh.-P., and Phillips A. S. Sea Surface Temperature Variability: Patterns and Mechanisms

- // Annual Review of Marine Science. — 2010. — 2: pp. 115-143.  
— <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120408-151453>
3. ГСНК. Глобальная система наблюдения за климатом. 2010. Обновление плана реализации Глобальной системы наблюдений за климатом в поддержку РКИК ООН (GCO-138).
  4. Pezzulli, S., Stephenson, D. B., Hannachi, A. The Variability of Seasonality // Journal of Climate. — 2005. — 18 (1). 71-88 doi:10.1175/jcli-3256.1.
  5. Nardelli B.B., Colella S., Santoleri R., Guarracino M., Kholod A. A re-analysis of Black Sea surface temperature // Journal of Marine Systems, 2010. — Vol. 79, Iss. 1-2. — pp. 50-64, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.07.001>
  6. Mulet S., Nardelli B.B., Good S., Pisano A., Greiner E., Monier M., Autret E., Axell L., Boberg F., Ciliberti S., Dr?villon M., Droghei R., Embury O., Gourrion J., H?yer J., Juza M., Kennedy J., Lemieux-Dudon B., Peneva E., Reid R., Simoncelli S., Storto A., Tinker J., von Schuckmann K., Wakelin S.L. 2018. Ocean temperature and salinity. In: Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 2, Journal of Operational Oceanography, 11:sup1, s5-s13, DOI: 10.1080/1755876X.2018.1489208.
  7. NASA Ocean Color <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>
  8. Tityapkin A. On the method of a point localization in a polygon in relation to ecological and geographical problems. International Scientific and Practical Conference “Intellectual Systems and Information Technologies”: Conference Proceedings. Odessa: Odessa State Environmental University. — 2021. — P. 165-169.
  9. Маркова Н. В. Оценка климатических полей температуры и солености вод Черного моря для современного периода (1991-2020) / Н. В. Маркова [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 4. С. 423-435. doi:10.22449/0233-7584-2021-4-423-435.

UDC 551.465

**SPATIAL-TEMPORAL VARIABILITY OF THE TEMPERATURE OF THE SURFACE WATER LAYER OF THE BLACK AND AZOV SEAS**

*Polezhaev E.K., Tityapkin A.S.*

Author for correspondence:polyazhaev1953@gmail.com

**Abstract**

**Target.** The main goal of the study is to analyze the spatio-temporal variability of the temperature of the surface water layer (SST) of the Black

and Azov seas from 2003 to 2021. The analysis is based on average monthly, seasonal and climatic data of satellite observations with a spatial resolution of 4 km. Data from SST were determined as the average of all satellite observation points that fell into water bodies, according to the zoning of the Black and Azov Seas. Verification of the averaged satellite data was carried out with the help of instrumental observations at sea stations and posts.

**Topicality.** Sea surface temperature is a key climate variable because it makes a major contribution to climate regulation and variability. Thus, the study of the SST of the Black and Azov Seas is important for monitoring and characterizing the state of the global climate system.

**Conclusions.** As a result, it was found that both the Black Sea and the Sea of Azov are characterized by a positive trend of SST. In the spatial distribution, the SST trend reaches maximum values in the northwestern, southern, and eastern parts of the Black Sea, and minimum values in the central part.

The intra-annual trends of SST, regardless of the spatial distribution and areas of districts, have the following: maximum positive trends in March, July, September and November and minimum, up to negative, trends in May, August, October and November.

The trend of SST growth continues.

**Key words:** satellite measurements, Black Sea, Sea of Azov, water temperature, spatio-temporal variability.

## НАШІ АВТОРИ

- **Барсукова О. А.**, канд. геогр. наук, доцент каф. агрометеорології і агроекології ОДЕКУ
- **Божко Л. Ю.**, канд. геогр. наук, доцент каф. агрометеорології і агроекології ОДЕКУ
- **Вовкодав Г. М.**, канд. хім. наук, доцент каф. екології та охорони довкілля ОДЕКУ
- **Гаврилов С. В.**, науковий співробітник відділу стійкості до абіотичних факторів СГІ НЦНС
- **Гرابко Н. В.**, ст. викладач каф. екології та охорони довкілля ОДЕКУ
- **Даус М. Є.**, канд. географ. наук, доцент каф. безпеки життєдіяльності, екології та хімії ОНМУ
- **Корень В. В.**, магістр першого року навчання, каф. агрометеорології та агроекології ОДЕКУ
- **Костюкєвич Т. К.**, канд. географ. наук, асистент каф. агрометеорології та агроекології ОДЕКУ
- **Крамаренко Д. К.**, бакалавр, каф. агрометеорології та агроекології ОДЕКУ
- **Крутий А.-В. В.**, магістр каф. екології та охорони довкілля ОДЕКУ
- **Лабунський М. В.**, студент 1 курсу ОНМУ, спеціальність 122 Комп'ютерні науки
- **Лубенська М. В.**, магістр каф. екології та охорони довкілля ОДЕКУ
- **Манаківа Д. С.**, студентка 1 курсу ОНМУ, спеціальність 122 Комп'ютерні науки
- **Матигін О. С.**, канд. фіз.-мат. наук, провідний метеоролог ГМЦ ЧАМ
- **Недогода А. В.**, Державний університет «Одеська політехніка»
- **Недострелова Л. В.**, канд. географ. наук, доцент каф. метеорології та кліматології ОДЕКУ
- **Оніщенко Е.**, ГМЦ ЧАМ

- *Полежаєв Є. К.*, ГМЦ ЧАМ
- *Польовий А. М.*, доктор географ. наук, професор, академік АН ВШ України
- *Помонд С. А.*, мол. наук. співробітник відділу стійкості до абіотичних факторів Селекційно-генетичний інститут, Національний центр насіннезнавства та сортовивчення
- *Попов Ю. І.*, канд. географ. наук, ГМЦ ЧАМ
- *Романчук М. Є.*, канд. геогр. наук, доцент ОДЕКУ
- *Стрільбіцька В. В.*, студентка 1 курсу ОНМУ, спеціальність 122 Комп'ютерні науки
- *Тітик А. В.*, Державний університет «Одеська політехніка»
- *Тітянкін А. С.*, ГМЦ ЧАМ
- *Усачов О. Д.*, магістр ОДЕКУ
- *Феоктістов П. О.*, канд. біол. наук, зав. відділу стійкості до абіотичних факторів, Селекційно-генетичний інститут, Національний центр насіннезнавства та сортовивчення
- *Чаленко В. В.*, студент, каф. метеорології та кліматології ОДЕКУ
- *Чепурна В. Ю.*, ГМЦ ЧАМ
- *Черновалюк Р. Г.*, магістр ОДЕКУ
- *Шалімов М. О.*, професор Державного університета «Одеська політехніка»
- *Щербина К. Д.*, магістр каф. екології та охорони довкілля ОДЕКУ
- *Ярмольська О. Є.*, канд. геогр. наук, ст. наук. співробітник відділу стійкості до абіотичних факторів, Селекційно-генетичний інститут, Національний центр насіннезнавства та сортовивчення

## ЗМІСТ

**Недострелова Л. В., Чаленко В. В.**

Розподіл кількості днів з туманами  
по сезонах на півдні України ..... 3

**Вовкодав Г. М., Щербина К. Д.**

Формування підземних вод в зоні впливу  
шламонакопичувача відходів у балці Ясинова  
міста Кам'янське Дніпропетровської області ..... 11

**Даус М. Є., Лабунський М. В.**

Оцінювання екологічного ризику  
у басейні річки Хаджидер ..... 15

**Даус М. Є., Стрільбицька В. В.**

Багаторічні зміни гідрохімічних показників  
та оцінювання екологічної обстановки  
(на прикладі пункту спостережень  
р. Хаджидер - с. Сергіївка) ..... 21

**Даус М. Є., Манакова Д. С.**

Антропогенне навантаження у басейні річки Хаджидер  
та оцінювання якості води ..... 30

**Романчук М. Є, Усачов О. Д.**

Аналіз розподілу речовин токсичної дії  
по фазах водного режиму  
в межах басейну р. Тетерів - м. Житомир ..... 37

**Щербина К. Д, Вовкодав Г. М.**

Узагальнена характеристика впливу промислових  
хвостосховищ на навколишнє природне середовище ..... 45

**Польовий А. М.**

Наукова школа “моделювання продукційного процесу рослин:  
підсумки та перспективи розвитку” ..... 48

**Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.**

Вплив змін клімату на продуктивність  
плодових овочевих культур в степовій зоні України ..... 54

<b>Феоктістов П. О., Ярмольська О. Є., Гаврилов С. В., Помонд С. А.</b>	
Особливості формування морозостійкості сортів ячменю типово озимих та дворучок при проходженні I фази загартування на різних фотоперіодах .....	64
<b>Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Черновалюк Р. Г.</b>	
Аналіз та ймовірна оцінка часових рядів урожайності чечевиці в Одеській області .....	71
<b>Корень В. В., Костюкєвич Т. К.</b>	
Сучасний стан та перспективи вирощування кукурудзи на зерно в умовах Чернігівської області .....	78
<b>Крамаренко Д. К., Костюкєвич Т. К.</b>	
Сучасний стан та перспективи вирощування соняшнику в Запорізькій області .....	85
<b>Лубенська М. В., Вовкодав Г. М.</b>	
Зв'язок вмісту фторидів в питних водах на стан стоматологічного здоров'я населення Одеської області .....	91
<b>Грабко Н. В., Вовкодав Г. М., Крутій А.-В. В.</b>	
Оцінка складу деяких засобів особистої гігієни (на прикладі шампунів) щодо негативного впливу на організм людини .....	95
<b>Грабко Н. В., Вовкодав Г. М., Крутій А.-В. В.</b>	
Негативні наслідки застосування деяких засобів особистої гігієни на прикладі окремих шампунів .....	100
<b>Шалимов Н. А., Недогода А. В.</b>	
Биоклиматическая характеристика отопительного періода в Одессе: в настоящем и будущем .....	104
<b>Шалимов Н. А., Титык А. В.</b>	
Разработка основ стратегического теплоснабжения Украины и Одесского региона .....	111

***Чепурна В. Ю., Матигін О. С.***

Методика середньострокового прогнозу  
першої появи льоду і повного очищення від льоду  
в Українських портах Чорного та Азовського морів ..... **115**

***Онищенко Э.***

Многолетняя динамика стока реки Днестр  
в условиях меняющегося климата  
и влияния водохранилищ ..... **136**

***Попов Ю. И.***

Деякі зауваження щодо якості даних  
буїв-профілемерів ARGO,  
що працюють у басейні Чорного моря ..... **144**

***Полежаєв Є. К., Тітяккин А. С.***

Просторово-часова мінливість  
температури поверхневого шару води  
Чорного та Азовського морів ..... **152**

***НАШІ АВТОРИ*** ..... **162**

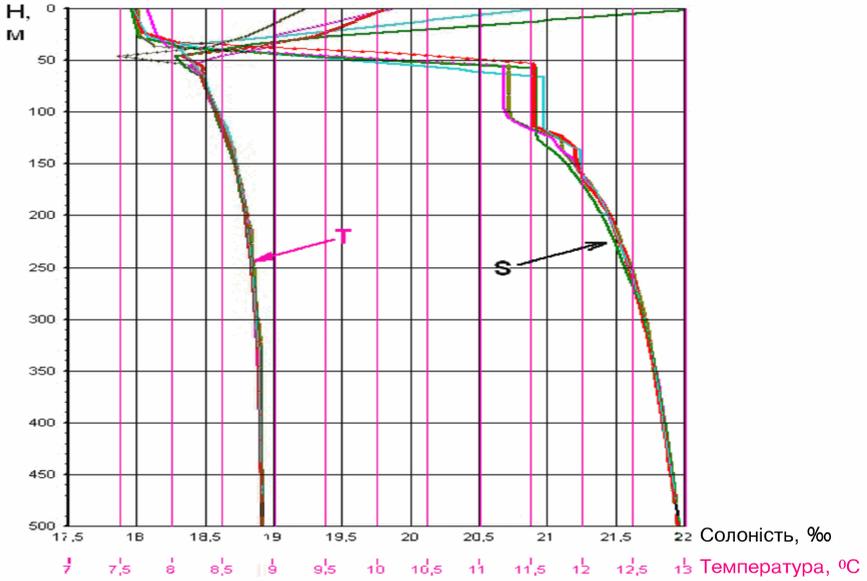


Рис. 1. Вертикальні розподіли температури та солоності води за зондуванням № 102, 104, 107, 110 та 113. Буй-профілемер ARGO № 1901200

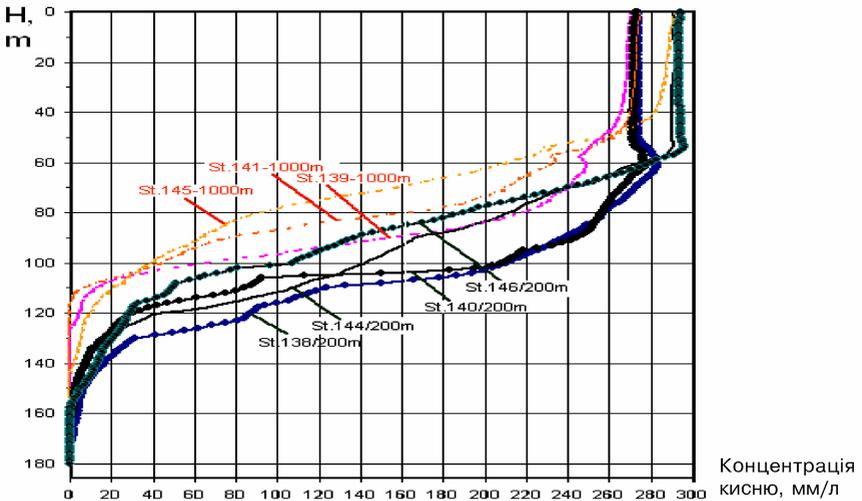
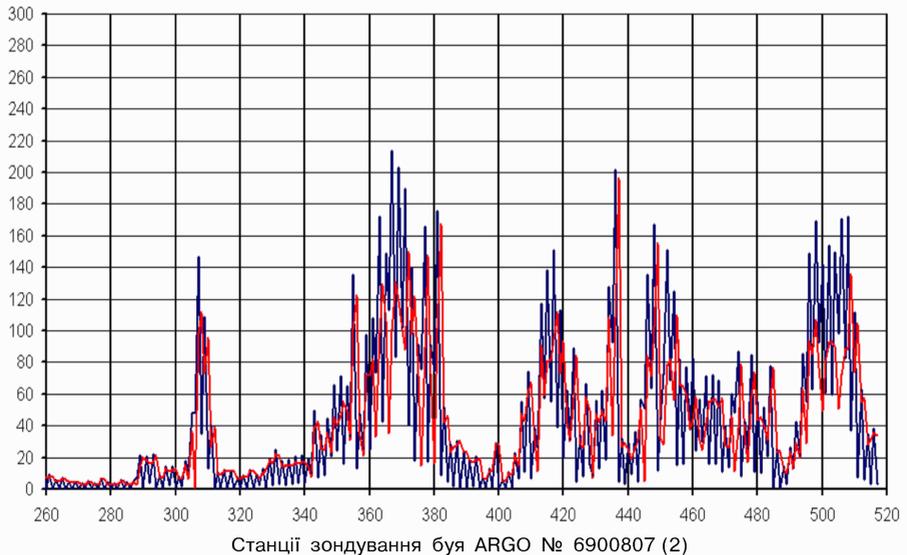
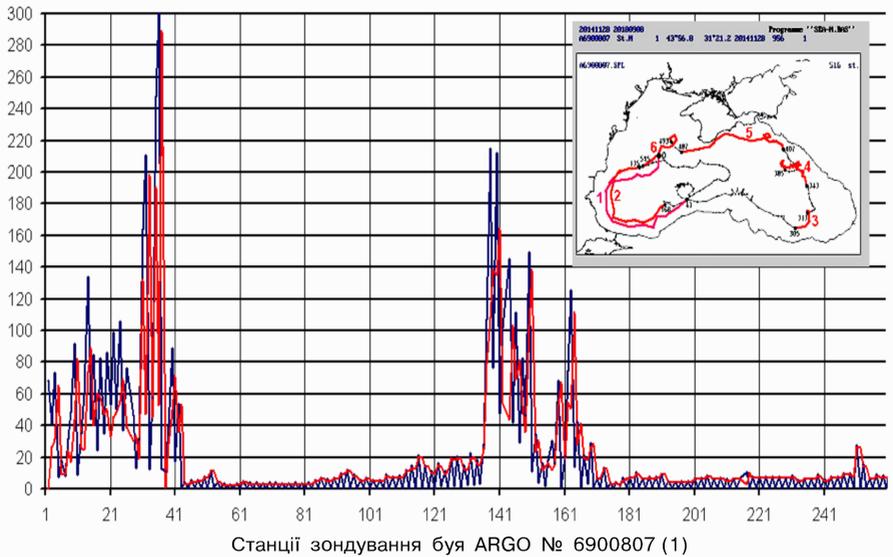


Рис. 2. Вертикальний розподіл розчиненого кисню на станціях буй-профілемера ARGO № 6900807, виконаних з великих та малих вихідних глибин (зазначені на рис.)

**Додаток 1**



**Рис. 3.** Просторово-часовий розподіл концентрацій розчиненого кисню (синя лінія) за даними всіх станцій на горизонті 100 метрів поєднаний із різницею у вмісті між сусідніми глибокими та неглибокими станціями (червона лінія). Буй ARGO № 6900807.

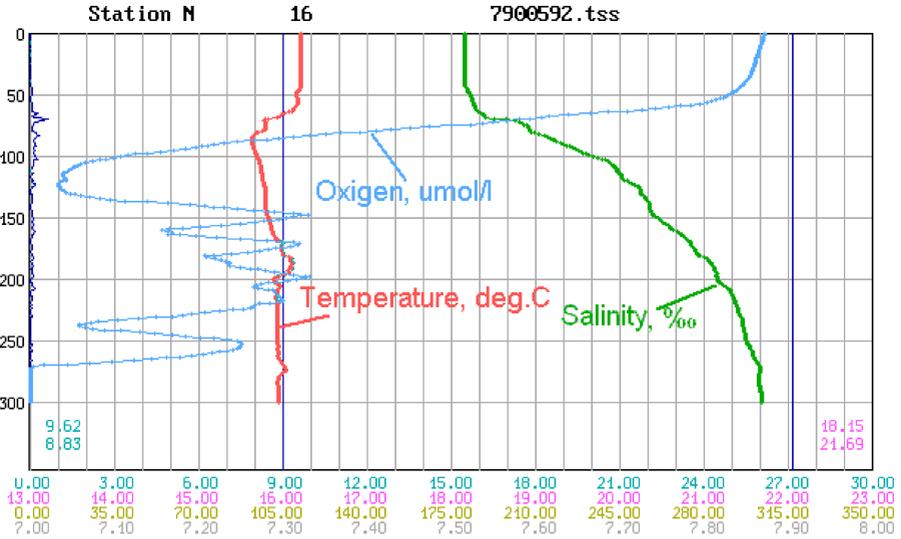


Рис. 4. Вертикальні профілі температури, солоності та розчиненого кисню на ст. 16, буй АРГО № 7900592

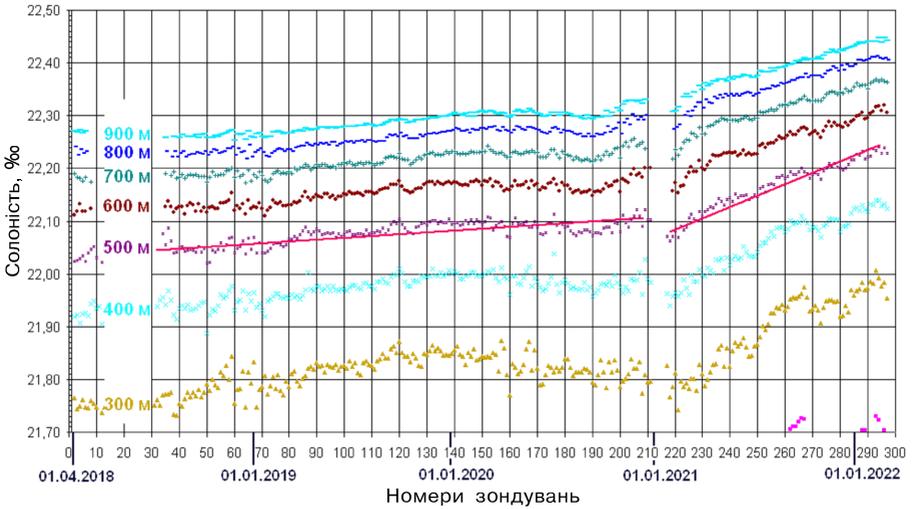


Рис. 5. Мінливості солоності води на горизонтах 300-900 метрів за даними буй профілемера АРГО № 6903240 за період з 06.04.2018 р. по 10.03.2022 р.

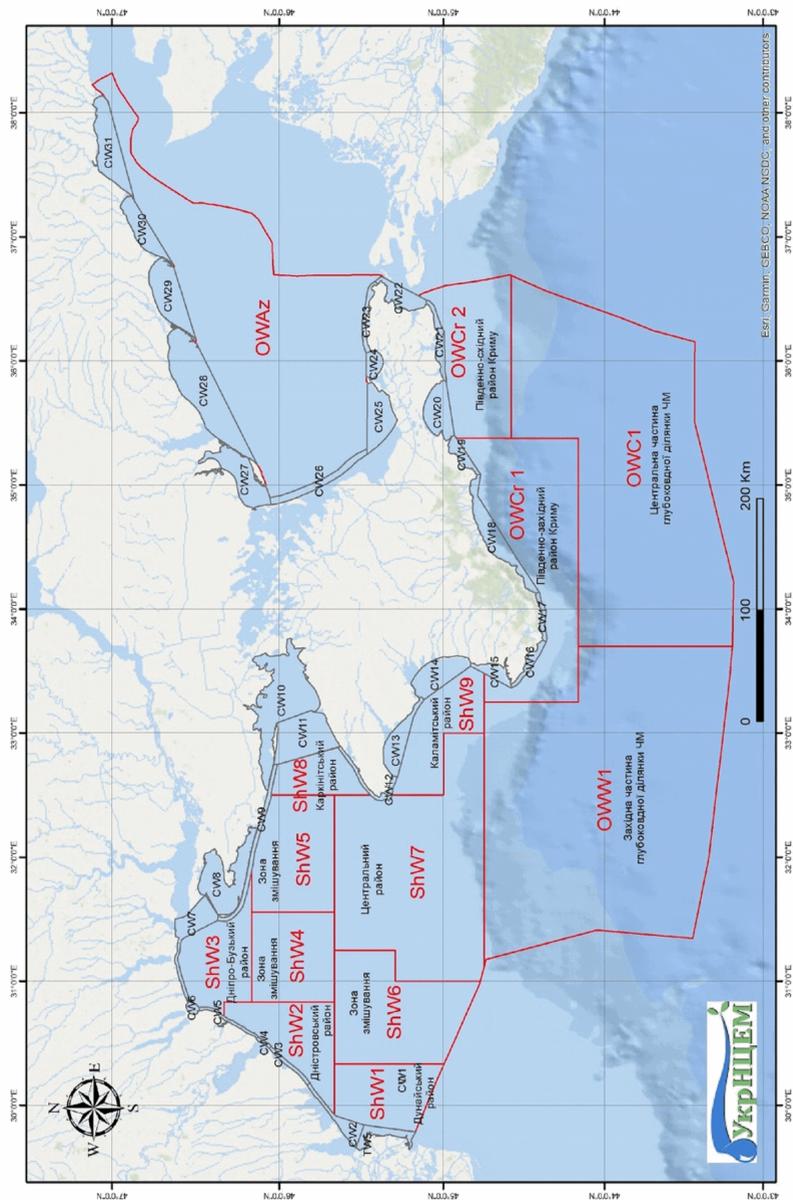


Рис. 1. Районування Чорного та Азовського морів

Fig. 1. Area of the Black Sea and the Sea of Azov

CW — (Coastal Waters) прибережні води;

ShW — (Shelf Waters) ділянки морського шельфу;

OW — (Open Waters) ділянки відкритого моря;

TW — (Transitional Waters) ділянки транзитних вод.

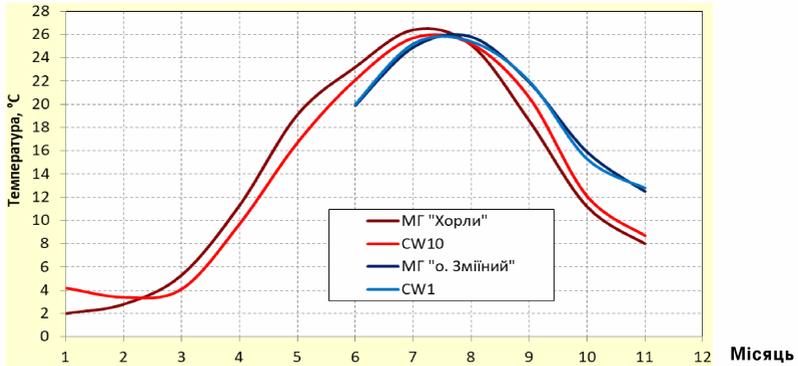


Рис. 2. Часовий хід температури поверхні води у 2021 році за даними МГ “острів Зміїний”, МГ “Хорли” та відповідних ім осереднених супутникових даних водних масивів CW1 та CW10

Fig. 2. Temporal variation of water surface temperature in 2021 according to the data of the “Snake Island” and “Khorly” MGs and the corresponding averaged satellite data of water bodies CW1 and CW10

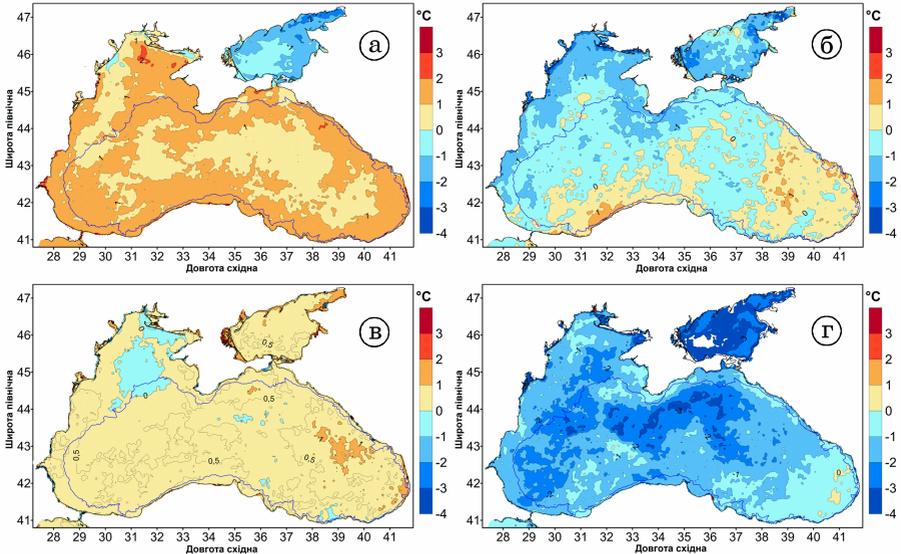


Рис. 3. Відхилення ТПМ від кліматичних: а) зимовий сезон; б) весняний сезон; в) літній сезон; г) осінній сезон

Fig. 3. Deviations of SST from climatic: a) winter season; b) spring season; c) summer season; d) autumn season

**Додаток 2**

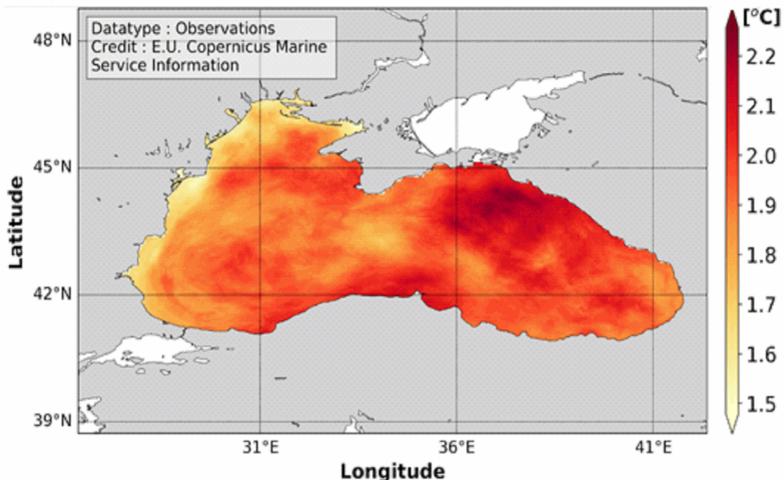


Рис. 4. Тренд ТПМ у Чорному морі за період 1993-2017 рр.  
Fig. 4. SST trend in the Black Sea for the period 1993-2017

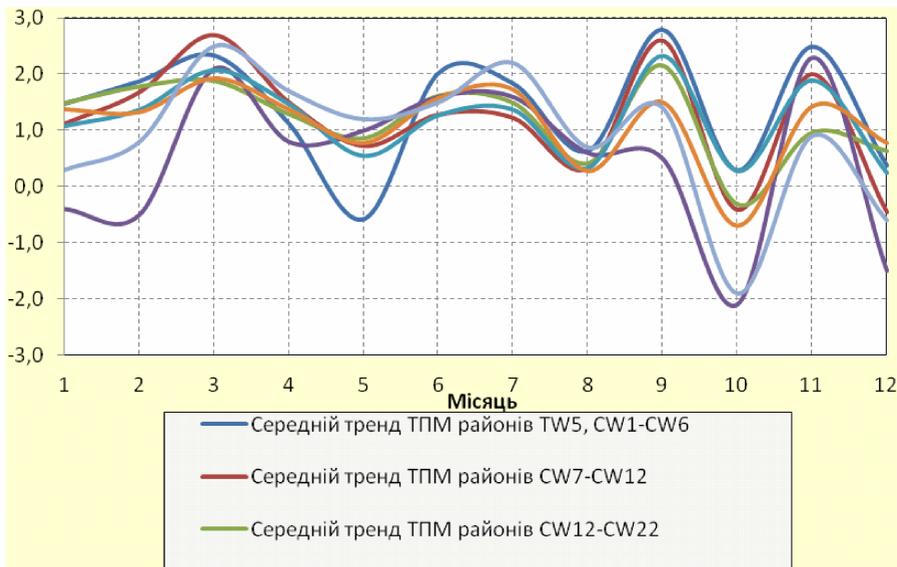


Рис. 5. Внутрішньорічні тенденції ТПМ районів Чорного та Азовського морів  
Fig. 5. Intra-annual trends of TPM in the regions of the Black and Azov seas