

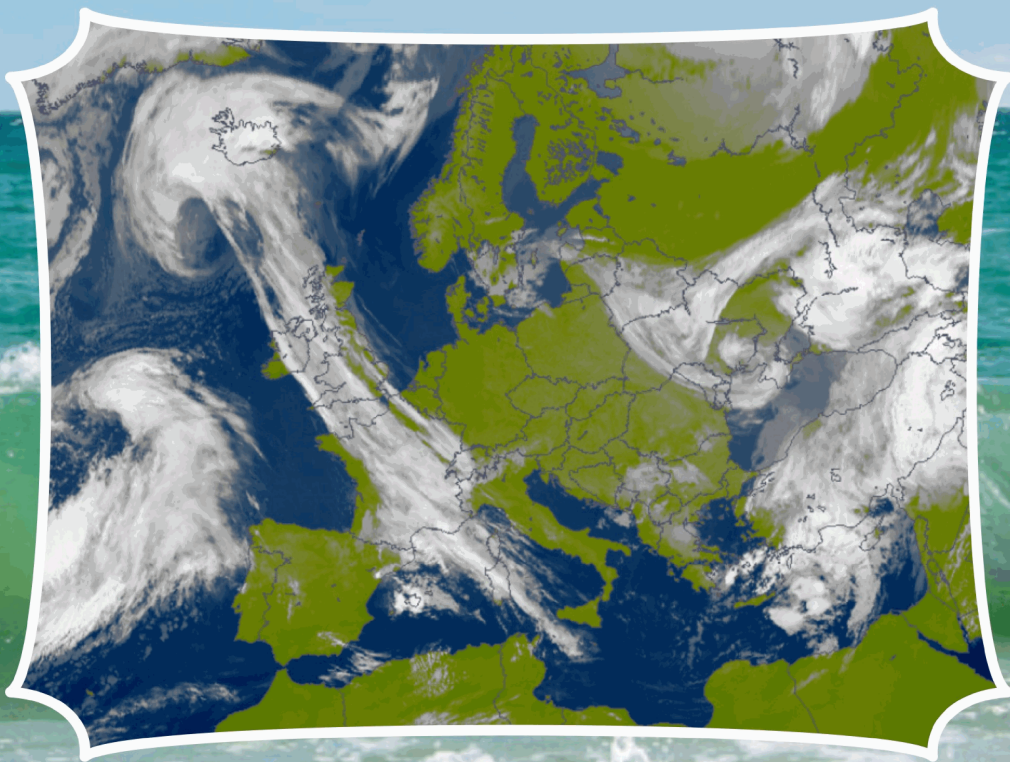


Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей

Гидрометеорологический центр
Черного и Азовского морей
Государственной гидрометеорологической
службы Украины

2018 г.

№2(22)



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

Государственная гидрометеорологическая служба Украины

Гидрометеорологический центр
Черного и Азовского морей

ВЕСТНИК

**ГИДРОМЕТЦЕНТРА
ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ**

№ 2 (22)

Одесса - 2018

**Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей.
Государственная гидрометеорологическая служба Украины.
— 2018. — № 2(22). — 212 с. — Языки: укр., рус.**

Редакционная коллегия

Главный редактор: Неверовский И. П.
Зам. гл. редактора: Савилова А. И.
Члены редколлегии: Лаврентьева В. Н.
Драган А. Н.
Компьютерная верстка: Щеголева М. А.

Адрес редакционной коллегии: Украина, 65009, г. Одесса,
ул. Французский б-р, 89
ГМЦ ЧАМ
тел. (0-482) 63-16-10
www.odessabul@ukr.net

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

ДОВГОСТРОКОВИЙ ПРОГНОЗ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ НА АКВАТОРІЯХ МОРІВ УКРАЇНИ НА ПІДСТАВІ ПРОГНОЗУ АНОМАЛІЙ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

В умовах великої мінливості термінів льодоутворення на неарктичних морях, прогнози дат появи і очищення від льоду їх акваторії дозволяють найбільш ефективно планувати роботу морського флоту, рибної промисловості та інших морегосподарських організацій. Подібні прогнози за завчасністю поділяються на довгострокові (більше 30 діб), збільшеної завчасності (10-30 діб), середньострокові (4-10 діб) і короткострокові (12-72 год).

Методи довгострокових прогнозів термінів настання фаз льодових явищ ґрунтуються на встановленні емпіричних зв'язків між термінами появи льоду (повного очищення акваторії) і передуючими їм великомасштабними термодинамічними процесами взаємодії океану і атмосфери. Предикторами для прогнозів цих явищ використовувалися як локальні чинники (температура повітря і води, атмосферний тиск і ін.) в певних пунктах, так і розрахункові характеристики полів циркуляції і тиску атмосфери. Як приклад, можна привести залежності, розроблені Тютневим Я. А. для прогнозів настання льодових фаз в портах Азовського і Чорного морів [1]:

а) рівняння для прогнозу появи льоду

$$\text{Маріуполь: } D_{nn} = 2,5A + 2,1t_n + 38,0$$

$$\text{Миколаїв: } D_{nn} = 5,34A + 39,0$$

б) рівняння для прогнозів термінів очищення морів від льоду

$$\text{Маріуполь: } D_{оч} = 2,5A' - 1,4t_a + 18,6$$

$$\text{Миколаїв: } D_{оч} = 1,3A' - t_a + 13,0$$

де D_{nn} — дата (відлік від 1 листопада) першого появи льоду; t_n — середня температура повітря третьої декади жовтня в Архангельську; A — сума нормованих коефіцієнтів ряду розкладання полів аномалій тиску за поліномами Чебишева; $D_{оч}$ — дата (відлік від 1 березня) остаточного очищення моря від льоду; t_a — середня температура повітря першої декади лютого в Маріуполі; A' — сума нормованих коефіцієнтів ряду розкладання полів тиску.

В останні роки досить успішно застосовуються методи довгострокових прогнозів льодових явищ, засновані на аналізі впливу центрів дії атмосфери на характер зимових умов для Європейських морів, в тому числі для Чорного та Азовського [2, 3].

Методика довгострокового прогнозу льодових умов для північно-західної частини Чорного моря (ПнЗЧМ) і акваторії Азовського моря на даний момент в Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів (ГМЦ ЧАМ) відсутня. При необхідності прогноз здійснюється шляхом експертних оцінок термічних умов літньо-осіннього сезонів, середньостатистичних значень дат появи льодових явищ і аналізу великомасштабних прогностичних карт світових метеоцентрів.

В оперативній практиці для довгострокових прогнозів термінів льодових фаз для неарктичних морів частіше застосовуються фізико-статистичні методи. При статистичному підході до проблем довгострокового прогнозу, як правило, використовують прості прогностичні залежності, якщо це не суперечить фізичним уявленням про гідрометеорологічні процеси. У методичній літературі докладно описані існуючі методи довгострокового прогнозування льодових явищ, які були розроблені в другій половині ХХ ст. [4] 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. За останні 17 років в середньому дати появи льоду зсунулись до 23 діб, а очищення від льоду в бік більш ранньої дати — до 15 діб. Льодовий період за 2000-2017 рр. зменшився на 15-30 діб. Тому розраховані по фактичному матеріалу ХХ століття залежності втратили свою прогностичну значимість.

ГМЦ ЧАМ не має можливості в силу різних причин самостійно розробити і надалі використовувати методику, яка ґрунтується на аналізі просторово-часової мінливості великомасштабних метеорологічних полів над Північною півкулею. Тому була зроблена спроба розробити методику, предикторами якої були б параметри атмосфери, що досить просто визначаються, або їх прогностичні значення з завчасністю до півроку.

Незважаючи на відмінність місцевих умов, які впливають на терміни настання льодоутворення на акваторіях ПнЗЧМ і Азовського моря, можлива розробка єдиного методу довгострокових прогнозів дати появи льоду на морях, оскільки основною причи-

ною, що визначає ці терміни, є інтенсивність теплообміну між морем і атмосферою, яка в значній мірі залежить від особливостей атмосферної циркуляції, масштаби якої значно перевищують акваторії ПнЗЧМ і Азовського моря.

В осінніх прогнозах появи льоду в якості основних факторів використовується кількість теплоти, накопиченої морем в весняно-літній період, яка характеризується ентальпією і інтенсивністю тепловіддачі в осінню пору.

Для весняних явищ найбільш важливими аргументами є кількість льоду, яка накопичена морем протягом зими, і інтенсивність весняних процесів в атмосфері.

Спростимо початкові умови задачі прогнозування. При складанні методики будемо допускати, що:

- глибина моря постійна;
- адвекція тепла течіями і стоком річок відсутня, тоді швидкість зменшення ентальпії мілководної водойми, якими є ПнЗЧМ і Азовське море, є лінійна функція часу, що підтверджується дослідженнями [5];
- кількість теплоти, необхідної для повного очищення акваторії від льоду визначається інтенсивністю весняних процесів в атмосфері, яка є лінійною функцією температури повітря;
- початковий запас ентальпії і негативний теплотапас кількості льоду, накопиченого за зиму, оцінюється довгостроковою тенденцією майбутніх зимових умов, яка надається відповідними офіційними прогностичними організаціями.

У таких припущеннях основним аргументом, який впливає на швидкість зміни (зменшення) температури морської води є температура повітря, а залежність між ними, в статистичному сенсі, можна вважати лінійною. Використовуючи ці припущення і залежності, можна значно спростити методи прогнозу, які описують функцію зв'язку між температурою повітря і параметрами морських вод, зокрема, льодовими фазами в акваторіях Чорного і Азовського морів.

В даний час, завдяки розвитку чисельних методів напівсферних прогнозів параметрів атмосфери, декількома прогностичними центрами Європи і США надаються в вільне користування досить забезпечені оцінки прогнозів аномалій температури повітря [6, 7]. Аналіз чисельних прогностичних моделей, які дають відповідну інформацію, дозволив вибрати модель CFSv2 з ансамблю NOAA [6].

Для прогнозу дати очищення від льоду були використані середньомісячні прогностичні значення температури повітря на сім місяців, а для дати першого замерзання — на шість місяців. Прогноз складається у вересні. Це початок періоду осіннього охолодження вод і максимальної теплоємності морських басейнів.

Для району східної Європи за даними цієї моделі можна вибрати прогностичні значення аномалії середньомісячної температури повітря на період до семи місяців. З точністю до половини діапазону колірної шкали (0,25-0,5 °C) також надається можливість зчитувати прогностичні значення аномалії температури повітря для районів міст Маріуполя і Миколаєва. На рис. 1 показані прогностичні поля температури повітря для східної Європи за даними моделі CFSv2 на зиму 2018-2019 рр. для піврічного періоду. Значення позитивних аномалій температури повітря для досліджуваних акваторій Чорного та Азовського морів становить 1,5 °C.

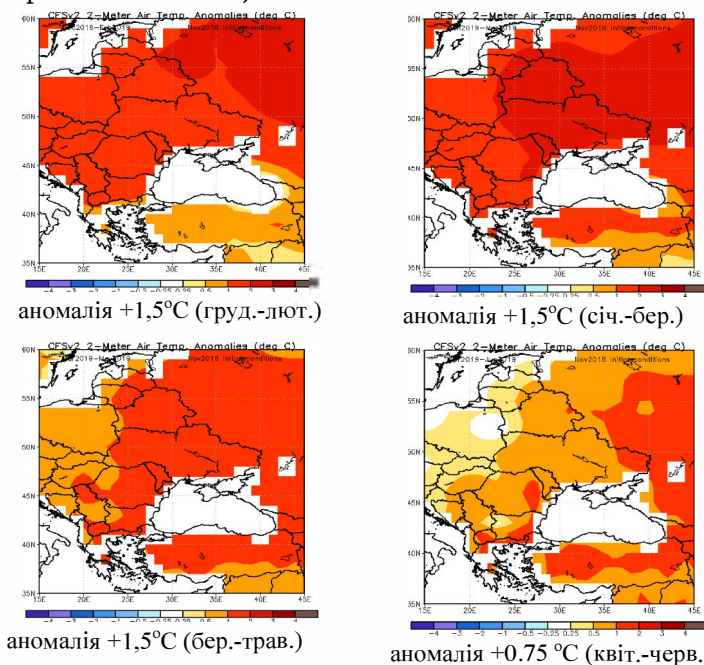


Рис. 1. Прогностичні поля відхилень середньомісячної температури повітря від норми для східної Європи по моделі CFSv2 [6]

Для складання регресійної моделі були використані дані про дати першого замерзання і повного очищення акваторії портів Маріуполь і Миколаїв за період 2000-2018 рр. Вибір такого, відносно короткого, часового ряду обумовлений його нестационарністю на більш довгому періоді. Як зазначалося вище, кліматичні зміни поля температури атмосфери передбачають ретельний вибір вихідної інформації для проведення лінійного аналізу даних функціонально або статистично пов'язаних з ним.

Регресійні залежності дат появи льоду і очищення від льоду акваторій зазначених портів від суми середньомісячних температур повітря представлені у вигляді лінійного рівняння:

$$D = C + b \sum T, \quad (1)$$

де D — дата першої появи льоду, яка відлічується від 1 вересня; C — константа лінійної регресії; b — числовий коефіцієнт; T — середньомісячна температура повітря (в даному контексті — прогностична температура).

На рис. 2, 3 показані графіки лінійної регресії і відповідні їм рівняння для дат першої появи льоду, а на рис. 4 і 5 — графіки для прогнозу дат повного очищення від льоду акваторій портів Маріуполь і Миколаїв.

Згідно Настановам [8], в оперативній практиці Українського гідрометеорологічного центру (УкрГМЦ) прогностичний метод визнається ефективним, якщо помилки прогнозів будуть менше рівня можливих відхилень розрахункового елемента від його середнього значення.

У службі морських прогнозів існують два об'єктивних критерії точності, які використовуються для визначення можливості застосування розроблених методів в практиці.

1. Відношення середньоквадратичної похибки прогнозів S до середнього квадратичного (стандартного) відхилення від норми за багаторічний ряд спостережень σ , де

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (u_{\phi i} - u_{hi})^2}{n}}, \quad (2)$$

де $u_{\phi i} - u_{hi}$ — різниця між фактичним і розрахунковим значеннями; n — число членів ряду.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (u_{\phi i} - \bar{u})^2}{n}}, \quad (3)$$

де $u_{\phi i}$ — фактичне значення елемента; \bar{u} — середнє значення елемента за багаторічний ряд спостережень (норма).

Маріуполь. Залежність першої появи льоду і суми температур за 6 місяців

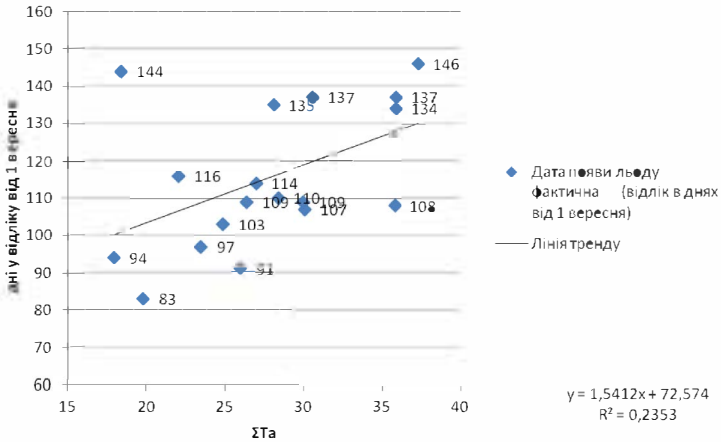


Рис. 2. Графік лінійної регресії для всього ряду спостережених дат першої появи льоду п. Маріуполь

Миколаїв. Залежність першої появи льоду і суми температур за 6 місяців

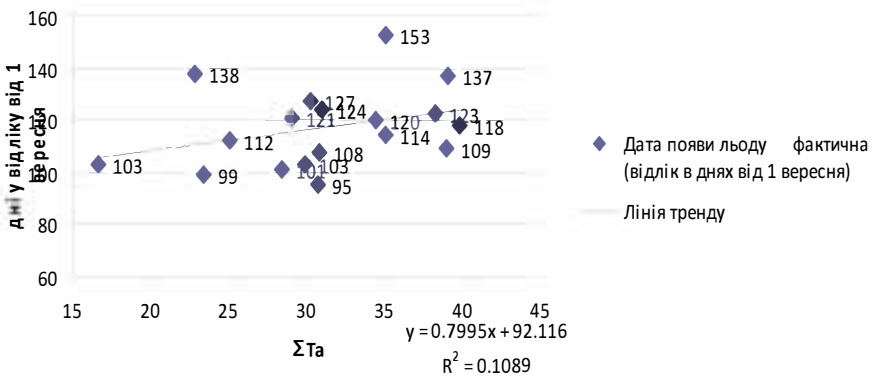


Рис. 3. Графік лінійної регресії для всього ряду спостережених дат першої появи льоду п. Миколаїв

Маріуполь. Залежність повного очищення моря і суми температур за 7 місяців

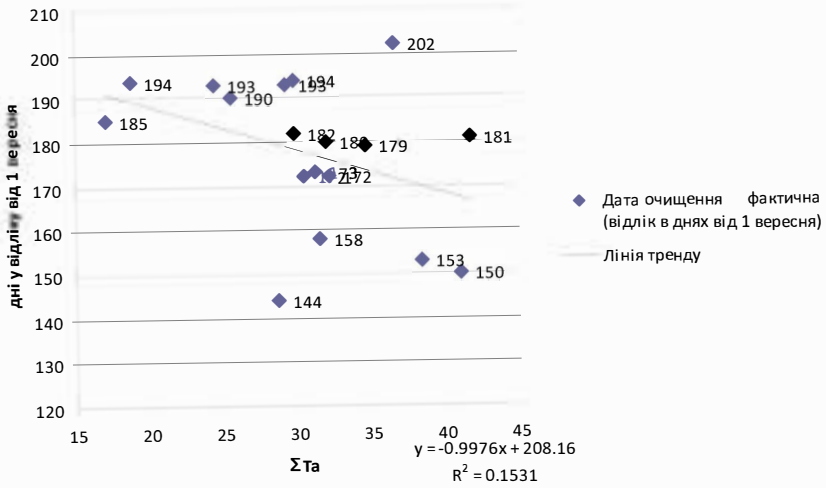


Рис. 4. Графік лінійної регресії для прогнозу дат повного очищення від льоду акваторії порту Маріуполь для всього ряду спостережень

Миколаїв. Залежність повного очищення моря і суми температур за 7 місяців

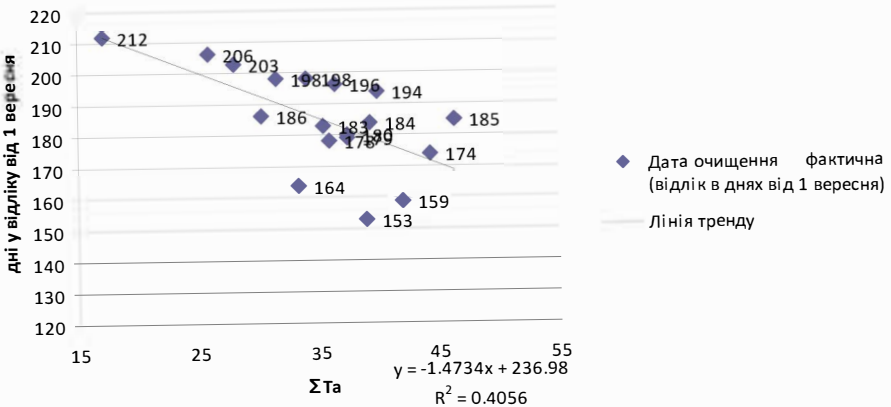


Рис. 5. Графік лінійної регресії для прогнозу дат повного очищення від льоду акваторії порту Миколаїв для всього ряду спостережень

Чим менше відношення S/σ , тим вище точність методу. Методи довгострокових морських гідрологічних прогнозів задовольняють вимогам, що пред'являються до їх точності і ефективності, якщо:

$$S/\sigma \leq 0,80, \text{ при кількості прогнозів } n > 25$$

$$S/\sigma \leq 0,75, \text{ при кількості прогнозів } 15 \leq n \leq 25$$

$$S/\sigma \leq 0,70, \text{ при кількості прогнозів } n < 15$$

2. Іншим критерієм застосовності, тісно пов'язаним з першим (при нормальному розподілі помилок прогнозу і відхиленні прогнозних величин від норми), є співвідношення між забезпеченістю методу і природною забезпеченістю.

При оцінці забезпеченості методу для довгострокових прогнозів з завчасністю до шести місяців за допустиму похибку приймається похибка $\delta = \pm 0,8\sigma$. При завчасності прогнозів більше шести місяців за критерій допустимої помилки приймається помилка $\delta = \pm \sigma$. Прогноз виправдався, якщо помилка прогнозу дорівнює або не перевищує допустиму похибку.

Методи довгострокових прогнозів задовольняють вимогам, що пред'являються до їх точності і ефективності, якщо забезпеченість методу перевищує природну забезпеченість не менш ніж на 10 % (при допустимій похибці $\delta = \pm \sigma$).

Оскільки ряди гідрологічних спостережень на морях значно коротші, ніж ряди метеорологічних і гідрологічних спостережень на суші, то при розробці методів довгострокових морських прогнозів зазвичай використовуються всі наявні (або ті, що задовольняють вимогам стаціонарності) дані спостережень. У зв'язку з цим проведення випробувань методів довгострокових морських прогнозів в оперативних умовах значно затримало б їх впровадження в оперативну практику. Тому ті методи довгострокових морських прогнозів, які задовольняють двом (або одному з двох) наведеним критеріям точності і ефективності, можуть впроваджуватися в оперативну практику, минаючи стадію оперативних випробувань.

Прогнози льодових явищ включають прогнози термінів льодових фаз (першої і стійкої появи льоду, замерзання, розкриття і очищення), товщини льоду, льодовитості, положення кромки льоду. При оцінці справджуваності прогнозів льодових фаз та інших явищ, які не мають чітко вираженого річного ходу, за допустиму похибку δ приймається величина, що дорівнює $\delta = \pm \sigma$.

Для оцінки достовірності методу в табл. 1-4 наведена також інформація про значеннях відношення S/σ (формули 2, 3), яка демонструє якість прогнозу (співвідношення 4). Оскільки, значення відношення S/σ , яке дорівнює 0,92 явно не задовольняє вимогам застосовності методу прогнозу, то для поліпшення якості прогностичного методу були залучені додаткові умови, які передбачалися при описі ідеї складання прогнозу.

У XXI столітті різко скоротилася кількість суворих зим, проте збільшилася кількість ситуацій з м'якими зимами. Тому, для об'єктивного лінійного аналізу однорідних даних, при складанні методики прогнозу льодових фаз виключимо з розгляду інформацію з суворими і дуже м'якими зимами. Як зазначалося вище, ця процедура не вплине на суть методики, тому що попередня інформація про тренд зимових умов прогнозованого року регулярно надається Українським гідрометцентром для користувачів.

Таким чином, виключивши з розгляду аномальні в сенсі “суворі” або “дуже м'які” зими, знову розглянемо результати розрахунків за рівняннями регресії і оцінки їх достовірності. Серія рис. 6-9 і табл. 5-8 демонструє результати отримані за остаточним варіантом рівнянь, що описують залежності дат появи льодових фаз в портах Маріуполь і Миколаїв.

Результати застосування отриманих рівнянь регресії показують, що модифікована методика прогнозу дат настання фаз льодових явищ в ПнЗЧМ і Азовському морі задовольняє вимогам, що пред'являються до прогнозів такого типу: відношення S/σ знаходиться в межах значень 0,77-0,63. Згідно співвідношенням (4) методики прогнозів можна застосовувати в оперативній практиці УкрГМЦ.

Випробування методу проводилося у відділі морських та річних гідрологічних прогнозів ГМЦ ЧАМ за два зимові періоди 2016-2018 рр. Прогнози по методиці ГМЦ ЧАМ повністю збігалися з прогнозами іноземних ГМЦ. Не виправдався і частково зазнав краху тільки прогноз повного очищення для п. Маріуполь на зиму 2017-2018 рр. В цьому аспекті також слід зазначити, що зима 2017-2018 рр. виявилася аномальною для дат виникнення фаз льодових явищ і їх прогнози, які були складені в світових метеоцентрах, не виправдались практично ні по одній позиції (табл. 9, 10).

Таблиця 1.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу
дати першої появи льоду в п. Маріуполь
(для повного ряду спостережень 2000-2018 рр.)

Сезон	Фактична дата появи льоду	Дата появи льоду фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата появи льоду	Похибка	Середня температура повітря за 6 місяців
2000-2001	23.12.2000	114	114	0	27,0
2001-2002	06.12.2001	97	109	-12	23,5
2002-2003	03.12.2002	94	100	-6	17,9
2003-2004	15.02.2004	137	120	17	30,6
2004-2005	16.12.2004	107	119	-12	30,1
2005-2006	25.12.2005	116	107	9	22,1
2006-2007	24.02.2007	146	130	16	37,3
2007-2008	18.12.2007	109	113	-4	26,4
2008-2009	19.12.2008	110	116	-6	28,4
2009-2010	18.12.2009	109	119	-10	30,0
2010-2011	13.01.2011	135	116	19	28,1
2011-2012	22.01.2012	144	101	43	18,4
2012-2013	17.12.2012	108	128	-20	35,8
2013-2014	12.12.2013	103	111	-8	24,9
2014-2015	30.11.2014	91	113	-22	26,0
2015-2016	12.01.2016	134	128	6	35,9
2016-2017	22.11.2016	83	103	-20	19,8
2017-2018	15.01.2018	137	128	9	35,9
Середнє значення		115,22			
σ (сер.кв. відхилення)		18,64			
S (сер.кв. похибка)		16,30			
S/σ		0,87			

Таблиця 2.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу
дати повного очищення від льоду акваторії п. Маріуполь
(для повного ряду спостережень 2000-2018 рр.)

Сезон	Фактична дата очищення моря від льоду	Дата очищення від льоду фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата повного очищення	Похибка	Середня температура повітря за 7 місяців
1	2	3	4	5	6
2000-2001	27.02.01	180	176	4	32,0
2001-2002	22.01.02	144	180	-36	28,7
2002-2003	04.03.03	185	191	-6	17,1
2003-2004	25.02.04	179	174	5	34,6

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
2004-2005	12.03.02	194	178	16	29,8
2005-2006	11.03.06	193	184	9	24,4
2006-2007	28.02.07	181	167	14	41,7
2007-2008	20.02.08	173	177	-4	31,2
2008-2009	05.02.09	158	177	-19	31,5
2009-2010	19.02.10	172	176	-4	32,2
2010-2011	12.03.00	193	179	14	29,2
2011-2012	12.03.12	194	189	5	18,8
2012-2013	31.01.13	153	170	-17	38,4
2013-2014	01.03.14	182	178	4	29,8
2014-2015	19.02.15	172	178	-6	30,5
2015-2016	28.01.16	150	167	-17	41,0
2016-2017	09.03.17	190	183	7	25,6
2017-2018	21.03.18	202	172	30	36,6
Середнє значення		177,50			
σ (сер.кв. відхилення)		16,36			
S(сер.кв. похибка)		15,06			
S/σ		0,92			

Таблиця 3.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу дати першої появи льоду в п. Миколаїв (для повного ряду спостережень 2000-2018 рр.)

Сезон	Фактична дата появи льоду	Дата появи льоду фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата появи льоду	Похибка	Середня температура повітря за 7 місяців
1	2	3	4	5	6
2000-2001	25.12.00	120	120	0	34,4
2001-2002	06.12.01	101	115	-14	28,4
2002-2003	08.12.02	103	105	-2	16,7
2003-2004	05.01.04	127	116	11	30,3
2004-2005	31.01.05	153	120	33	35,1
2005-2006	21.12.05	112	112	0	25,1
2006-2007	27.12.06	118	124	-6	39,8
2007-2008	02.01.08	124	117	7	31,0
2008-2009	23.12.08	114	120	-6	35,1
2009-2010	17.12.09	108	117	-9	30,8
2010-2011	30.12.10	121	115	6	29,1
2011-2012	16.01.12	138	110	28	22,9
2012-2013	18.12.12	109	123	-14	39,0
2013-2014	12.12.13	103	116	-13	29,9
2014-2015	04.12.14	95	117	-22	30,7
2015-2016	01.01.16	123	123	0	38,2

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6
2016-2017	08.12.16	99	111	-12	23,4
2017-2018	15.01.18	137	123	14	39,1
Середнє значення		116,94			
σ (сер.кв. відхилення)		14,88			
S(сер.кв. похибка		13,60			
S/σ		0,92			

Таблиця 4.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу дати повного очищення від льоду акваторії п. Миколаїв (для повного ряду спостережень 2000-2018 рр.)

Сезон	Дата очищення моря від льоду фактична	Дата очищення фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата повного очищення	Похибка	Середня температура повітря за 7 місяців
2000-2001	03.03.01	184	179	5	39,3
2001-2002	11.02.02	164	188	-24	33,3
2002-2003	31.03.03	212	212	0	17,1
2003-2004	01.03.04	183	185	-2	35,5
2004-2005	15.03.05	196	183	13	36,4
2005-2006	22.03.06	203	196	7	28,1
2006-2007	04.03.07	185	169	16	46,3
2007-2008	27.02.08	180	182	-2	37,4
2008-2009	31.01.09	153	180	-27	39,0
2009-2010	17.03.10	198	187	11	34,0
2010-2011	17.03.11	198	191	7	31,5
2011-2012	24.03.12	206	199	7	25,9
2012-2013	06.02.13	159	175	-16	41,9
2013-2014	26.02.14	179	182	-3	37,4
2014-2015	25.02.15	178	184	-6	36,0
2015-2016	21.02.16	174	172	2	44,3
2016-2017	05.03.17	186	192	-6	30,3
2017-2018	13.03.18	194	178	16	40,0
Середнє значення		185,11			
σ (сер.кв. відхилення)		15,66			
S(сер.кв. похибка		12,07			
S/σ		0,77			

Маріуполь. Залежність першої появи льоду і суми температур за 6 місяців.
Без аномальних значень

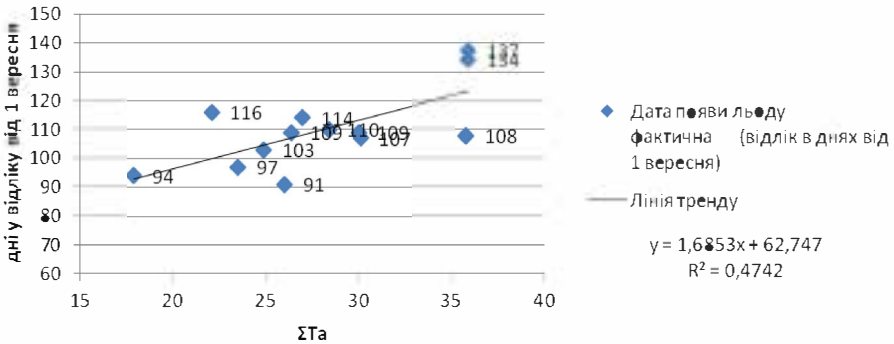


Рис. 6. Графік і рівняння лінійної регресії для прогнозу дат першої появи льоду в акваторії порту Маріуполь в помірні і м'які зими

$$D_{пз} = 62,747 + 1,6853 \sum T \quad (5)$$

Маріуполь. Залежність повного очищення моря і суми температур за 7 місяців.
Без аномальних значень

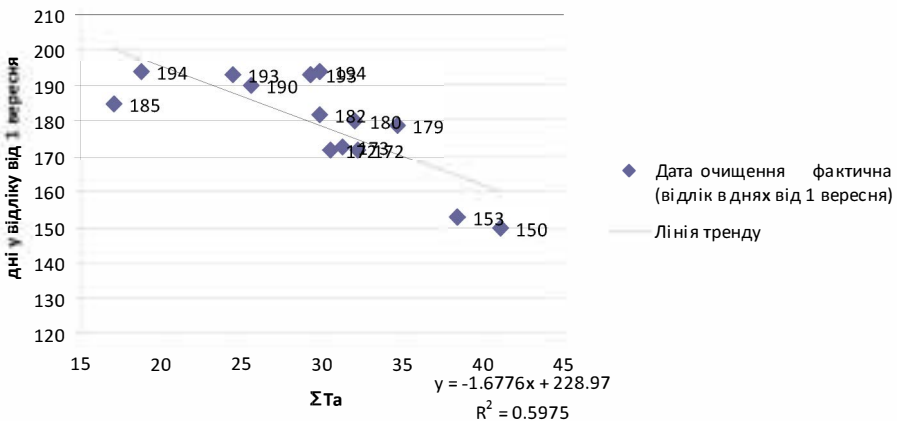


Рис. 7. Графік і рівняння лінійної регресії для прогнозу дат повного очищення від льоду акваторії порту Маріуполь в помірні і м'які зими.

$$D_{но} = 228,97 - 1,6776 \sum T \quad (6)$$

Миколаїв. Залежність першої появи льоду і суми температур за 6 місяців.
 Без аномальних значень

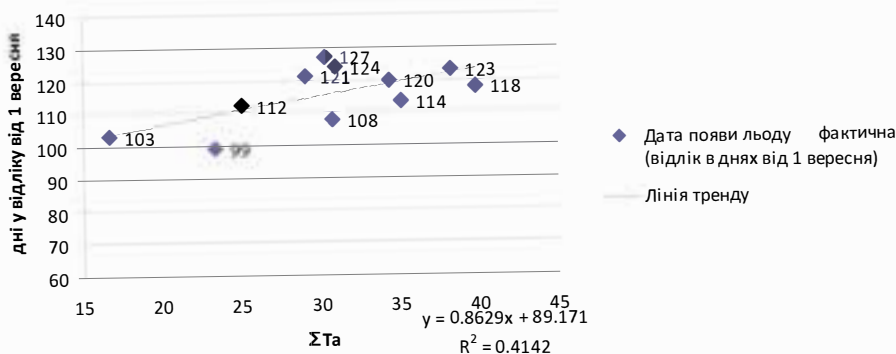


Рис. 8. Графік і рівняння лінійної регресії для прогнозу дат першої появи льоду в акваторії порту Миколаїв для помірних і м'яких зим

$$D_{пз} = 89,171 + 0,8629 \sum T \quad (7)$$

Миколаїв. Залежність повного очищення моря і суми температур за 7 місяців.
 Без аномальних значень

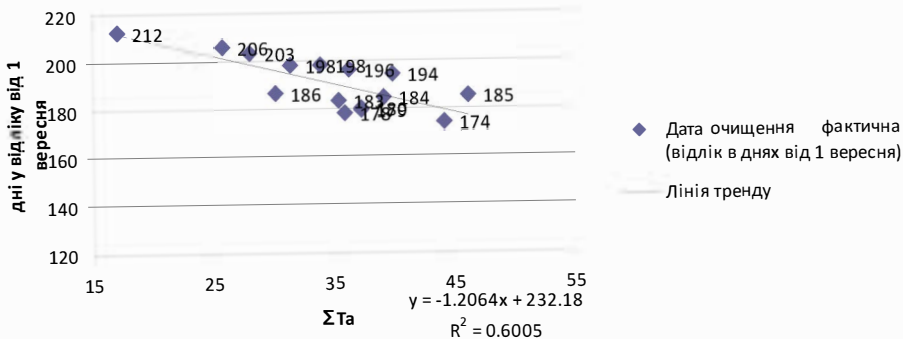


Рис. 9. Графік і рівняння лінійної регресії для прогнозу дат повного очищення від льоду акваторії порту Миколаїв в помірні і м'які зими

$$D_{но} = 232,18 - 1,12064 \sum T \quad (8)$$

Таблиця 5.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу дати першої появи льоду в п. Маріуполь (для помірних і м'яких зим)

Сезон	Фактична дата появи льоду	Дата появи льоду фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата появи льоду	Похибка	Середня температура повітря за 6 місяців
2000-2001	23.12.2000	114	108	6	27,0
2001-2002	06.12.2001	97	102	-5	23,5
2002-2003	03.12.2002	94	92	2	17,9
2004-2005	16.12.2004	107	113	-6	30,1
2005-2006	25.12.2005	116	99	17	22,1
2007-2008	18.12.2007	109	107	2	26,4
2008-2009	19.12.2008	110	110	0	28,4
2009-2010	18.12.2009	109	113	-4	30,0
2012-2013	17.12.2012	108	123	-15	35,8
2013-2014	12.12.2013	103	104	-1	24,9
2014-2015	30.11.2014	91	106	-15	26,0
2015-2016	12.01.2016	134	123	11	35,9
2017-2018	15.01.2018	137	123	14	35,9
Середнє значення		109,92			
σ (сер.кв. відхилення)		13,03			
S (сер.кв. похибка)		9,46			
S/σ		0,73			

Таблиця 6.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу дати повного очищення від льоду акваторії порту Маріуполь (для помірних і м'яких зим)

Сезон	Фактична дата очищення моря від льоду	Дата повного очищення фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата повного очищення від льоду	Похибка	Середня температура повітря за 7 місяців
2000-2001	27.02.01	180	175	5	32,0
2002-2003	04.03.03	185	200	-15	17,1
2003-2004	25.02.04	179	171	8	34,6
2004-2005	12.03.05	194	179	15	29,8
2005-2006	11.03.06	193	188	5	24,4
2007-2008	20.02.08	173	177	-4	31,2
2009-2010	19.02.10	172	175	-3	32,2
2010-2011	12.03.11	193	180	13	29,2
2011-2012	12.03.12	194	197	-3	18,8
2012-2013	31.01.13	153	165	-12	38,4
2013-2014	01.03.14	182	179	3	29,8
2014-2015	19.02.15	172	178	-6	30,5
2015-2016	28.01.16	150	160	-10	41,0
2016-2017	09.03.17	190	186	4	25,6
Середнє значення		179,28			
σ (сер.кв. відхилення)		13,78			
S (сер.кв. похибка)		8,74			
S/σ		0,63			

Таблиця 7.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу дати першої появи льоду в п. Миколаїв (для помірних і м'яких зим)

Сезон	Фактична дата появи льоду	Дата появи льоду фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата появи льоду	Похибка	Середня температура повітря за 6 місяців
2000-2001	25.12.00	120	119	1	34,4
2002-2003	08.12.02	103	104	-1	16,7
2003-2004	05.01.04	127	115	12	30,3
2005-2006	21.12.05	112	111	1	25,1
2006-2007	27.12.06	118	124	-6	39,8
2007-2008	02.01.08	124	116	8	31
2008-2009	23.12.08	114	119	-5	35,1
2009-2010	17.12.09	108	116	-8	30,8
2010-2011	30.12.10	121	114	7	29,1
2015-2016	01.01.16	123	122	1	38,2
2016-2017	08.12.16	99	109	-10	23,4
Середнє значення		115,36			
σ (сер.кв. відхилення)		8,62			
S(сер.кв. похибка)		6,59			
S/σ		0,77			

Таблиця 8.

Оцінка відношення S/σ для прогнозу дати повного очищення від льоду акваторії порту Миколаїв (для помірних і м'яких зим)

Сезон	Фактична дата очищення моря від льоду	Дата повного очищення від льоду фактична (відлік в днях від 1 вересня)	Розрахована дата повного очищення від льоду	Похибка	Середня температура повітря за 7 місяців
2000-2001	03.03.01	184	185	-1	39,3
2002-2003	31.03.02	212	212	0	17,1
2003-2004	01.03.04	183	189	-6	35,5
2004-2005	15.03.05	196	188	8	36,4
2005-2006	22.03.06	203	198	5	28,1
2006-2007	04.03.07	185	176	9	46,3
2007-2008	27.02.08	180	187	-7	37,4
2009-2010	17.03.10	198	191	7	34,0
2010-2011	17.03.11	198	194	4	31,5
2011-2012	24.03.12	206	201	5	25,9
2013-2014	26.02.14	179	187	-8	37,4
2014-2015	25.02.15	178	189	-11	36,0
2015-2016	21.02.16	174	179	-5	44,3
2016-2017	05.03.17	186	196	-10	30,3
2017-2018	13.03.18	194	184	10	40,0
Середнє значення		190,00			
σ (сер.кв. відхилення)		11,06			
S (сер.кв. похибка)		6,99			
S/σ		0,63			

Таблиця 9.

Припустимі похибки для дат першої появи льоду та повного очищення від льоду для Маріуполя та Миколаєва

	Для дати першої появи льоду		Для дати повного очищення акваторії від льоду	
	Маріуполь	Миколаїв	Маріуполь	Миколаїв
Припустима похибка (днів) $\delta = \pm \sigma$	13	9	14	11
Забезпеченість (%)	69	82	86	100

Таблиця 10.

Результати випробування методик прогнозу дат першої появи льоду і повного очищення від льоду акваторій портів Маріуполь і Миколаїв в 2016-2019 рр. згідно формулам (5-8).

	Перша поява льоду	Повне очищення
<i>Маріуполь</i>		
Рівняння	$D_{пп} = 67.672 + 1.3283 \Sigma T$	$D_{по} = 228.97 - 1.6776 \Sigma T$
	Похибка (дни)	Похибка (дни)
2016-2017	13+	4+
2017-2018	13+	30(-)
2018-2019	20(-)	10+
S/ σ	0,73	0,63
<i>Миколаїв</i>		
Рівняння	$D_{пп} = 89.171 + 0.8629 \Sigma T$	$D_{по} = 232.18 - 1.12064 \Sigma T$
2016-2017	9+	10+
2017-2018	7+	10+
2018-2019	8+	3 +
S/ σ	0,77	0,63

Примітки.

1. Перша поява льоду початкових форм вважалася його стійка поява.
2. “+” — прогноз, що виправдався; “-” — прогноз, що не виправдався.

Література

1. Руководство по морским гидрологическим прогнозам / Под ред. З. К. Абузярова. — С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1994. — 526 с.
2. Думанская И. О. Анализ влияния центров действия атмосферы на характер зим на морях европейской части России // Труды ГМЦ России. — 2011, Вып. 345. — С. 51-73.
3. Думанская И. О. Метод долгосрочного прогноза ледовых условий на Белом и Азовском морях // Труды ГМЦ России. — 2011, Вып. 345. — С. 74-93.

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

Чепурна В., Гаврілюк Р., Матигін А.

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

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

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

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

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

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

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

Чорноморськ. Прогноз рівня. Січень 2015.

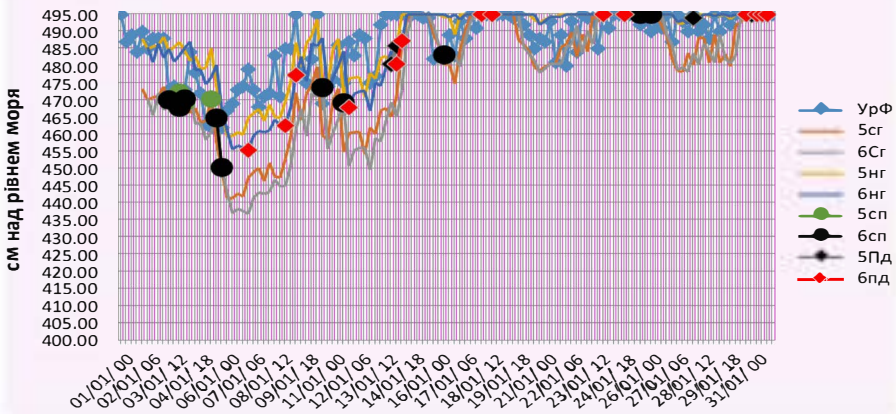


Рис. 1. Фактичні та прогностичні значення рівня моря в п. Чорноморськ при використанні рівнянь (3-6) і прогнозів із завчасністю 24 і 30 годин

Чорноморськ. Похибки. Січень 2015



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

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

Рівняння множинної регресії у загальному вигляді:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Спочатку розглянемо графіки та забезпеченість для рівнянь з використанням максимальної швидкості вітру.

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 1.

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

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

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

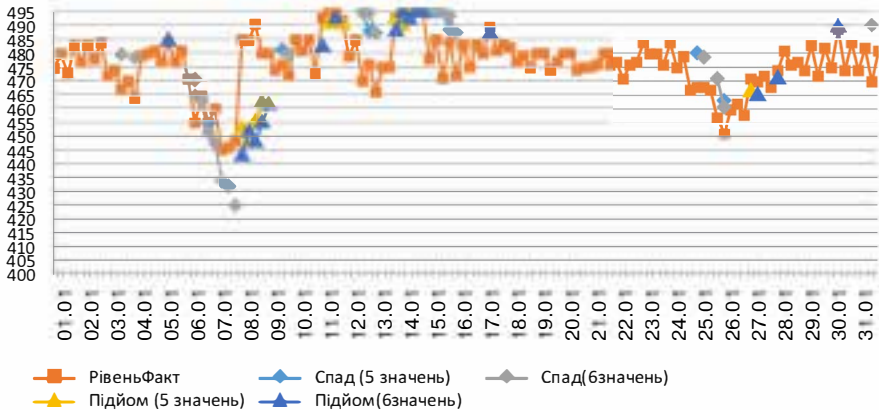


Рис. 3. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року

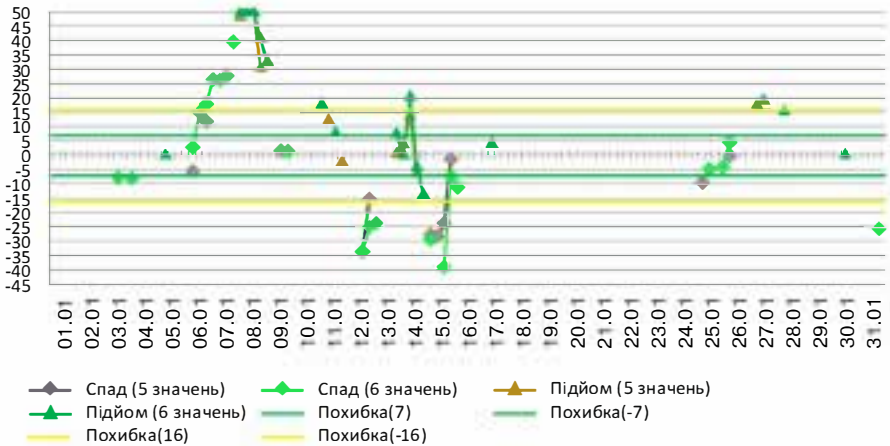


Рис. 4. Часові ряди розподілу похибок прогнозів рівня моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для згону і нагону рівня.

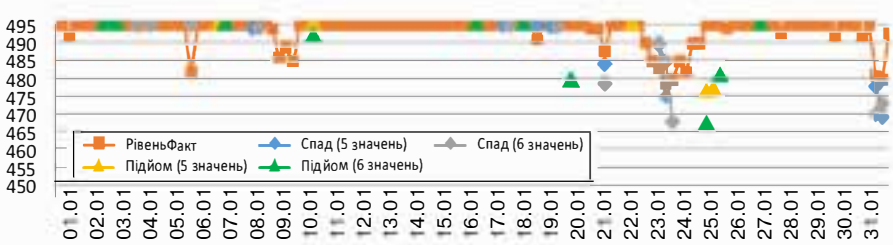


Рис. 5. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 року.

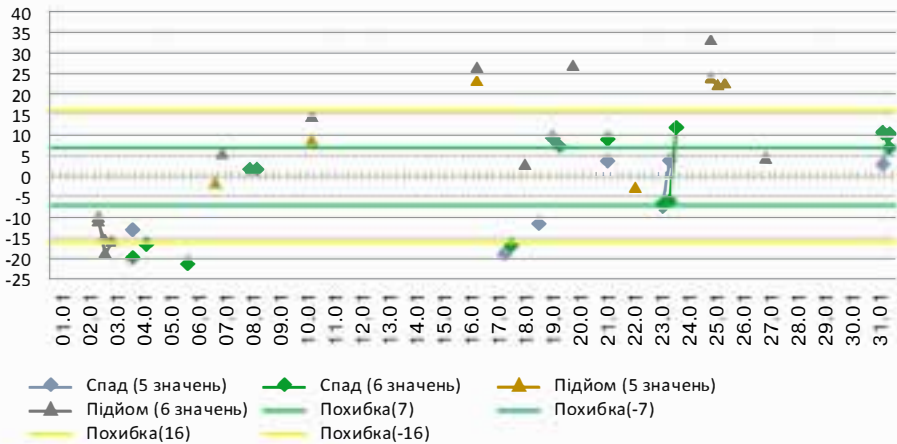


Рис. 6. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

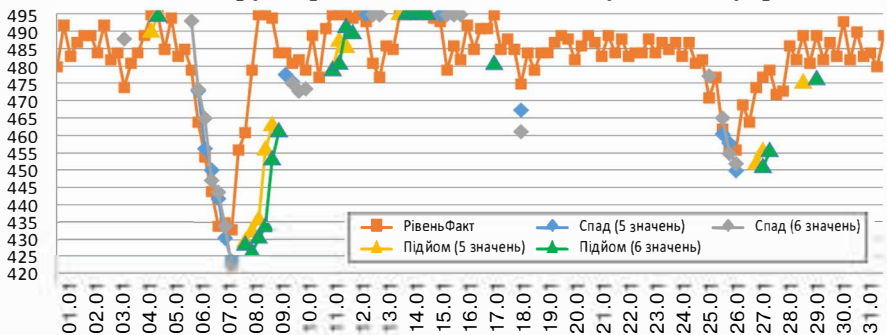


Рис. 7. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Южный у січні 2017 року

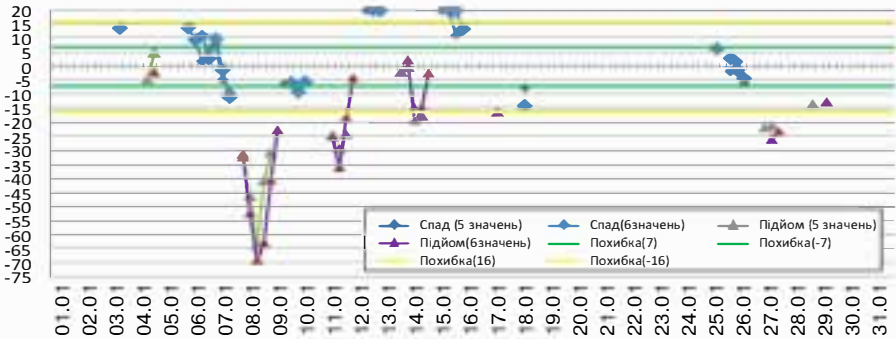


Рис. 8. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Южний у січні 2017 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

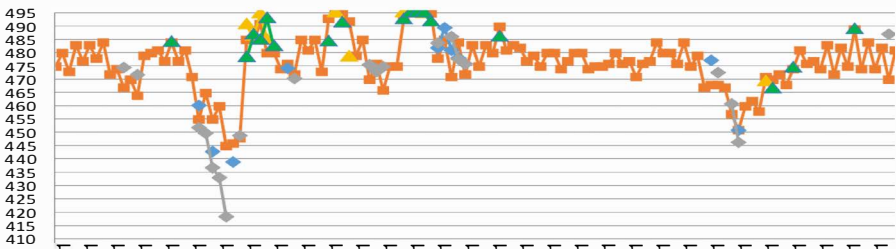


Рис. 9. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 р. після застосування коригувальних умов для прогностичних рівнянь

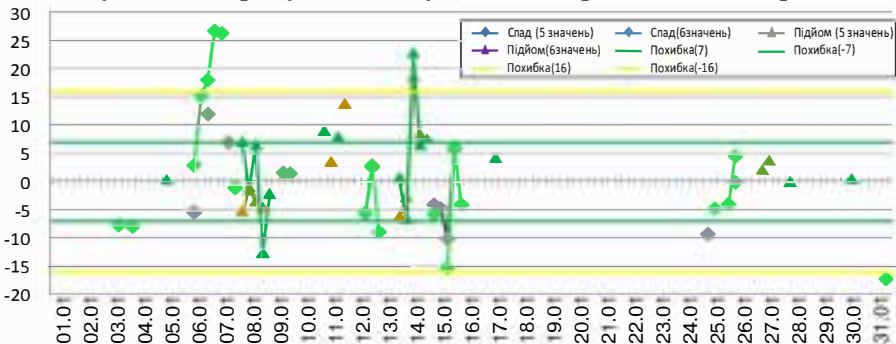


Рис. 10. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

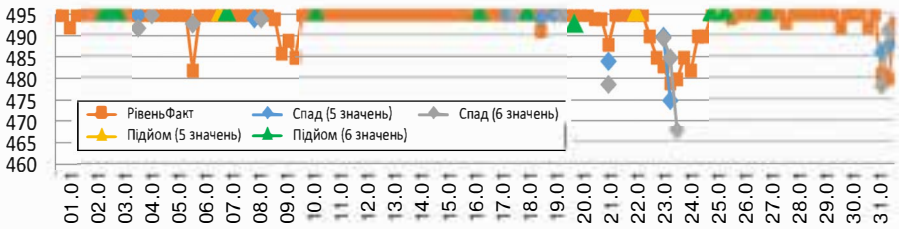


Рис. 11. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 року після застосування коригувальних умов для прогностичних рівнянь

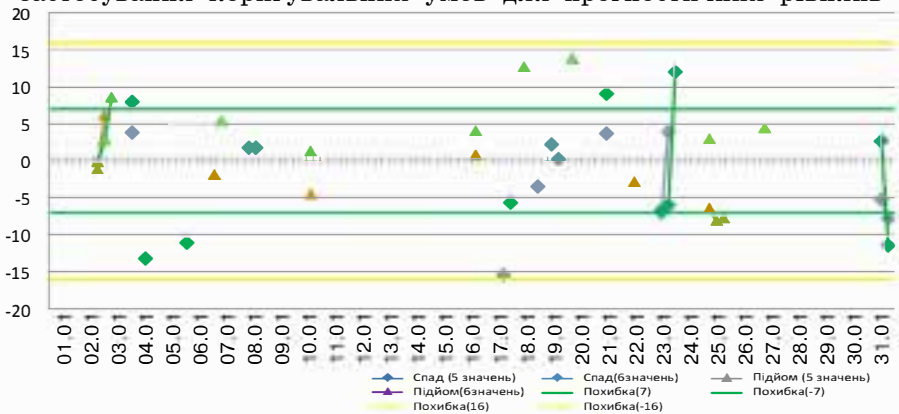


Рис. 12. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

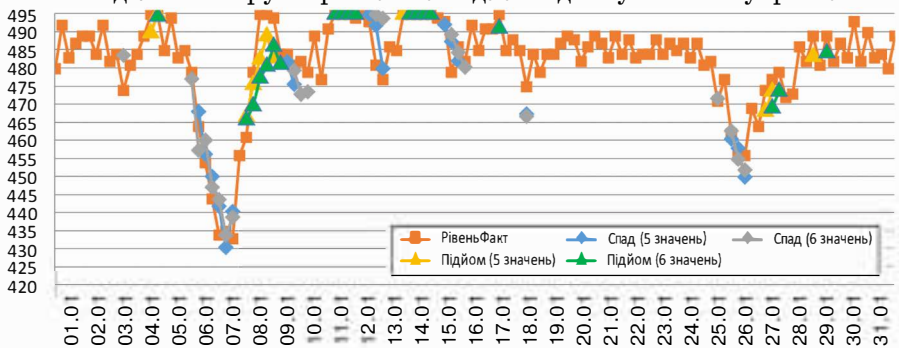


Рис. 13. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Южний у січні 2017 р. після застосування коригувальних умов для прогностичних рівнянь

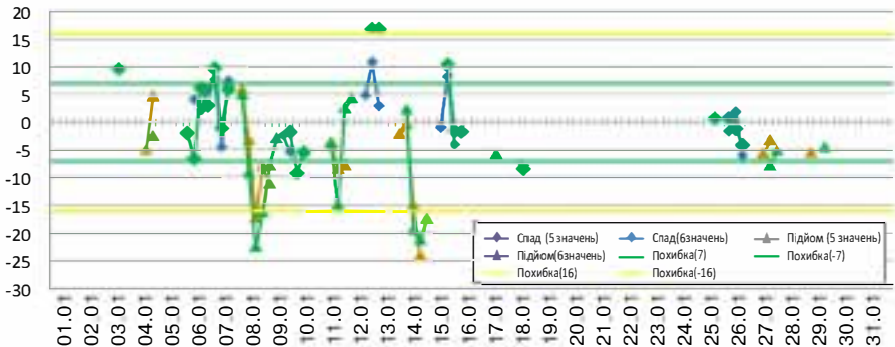


Рис. 14. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2018 р. для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

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

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

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

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

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

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

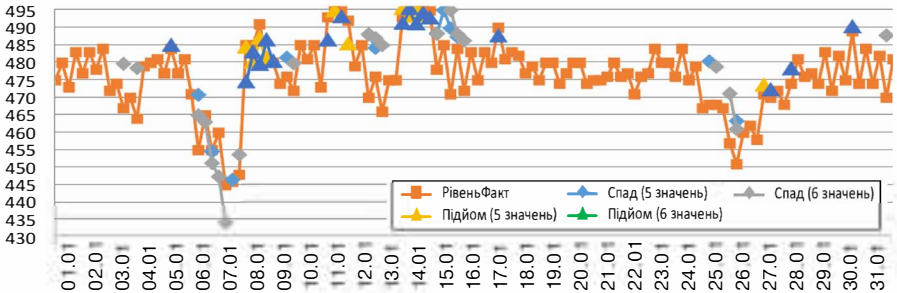


Рис. 15. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року після застосування скоригованих прогностичних рівнянь

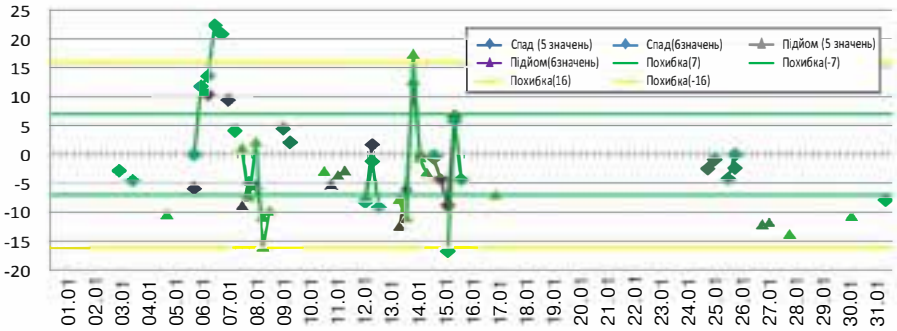


Рис. 16. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Чорноморськ у січні 2017 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

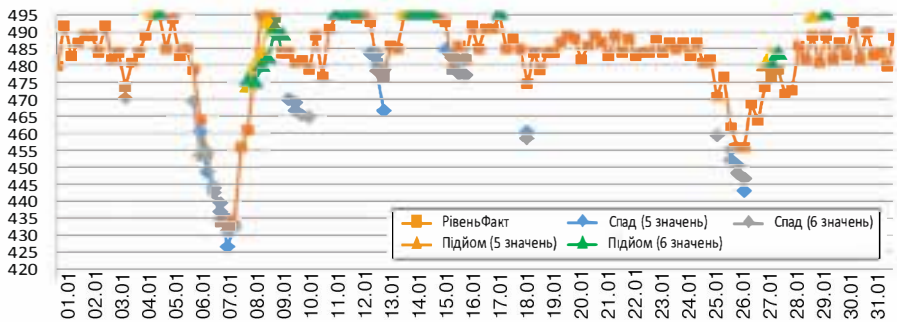


Рис. 17. Часові ряди зміни фактичного та прогностичного рівнів моря в п. Южный у січні 2017 року після застосування скоригованих прогностичних рівнянь

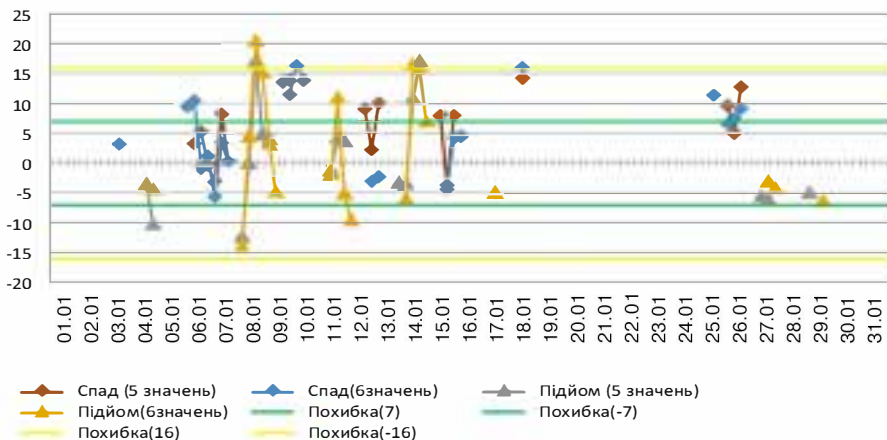


Рис. 18. Часові ряди похибок прогностичних рівнів моря в п. Южний у січні 2018 року для 5 і 6 проєкцій швидкості вітру в рівняннях для відгону і нагону рівня

Таблиця 2.

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

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

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

Література

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

УДК:551.467

Гаврилюк Р. В.

ЛЬДОВІ ЯВИЩА В ЧОРНОМУ І АЗОВСЬКОМУ МОРЯХ І ЇХ ПРОГНОЗУВАННЯ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

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

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

1. Вступ

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

Навіть на частково замерзаючих морях — Чорне та Азовське моря — льодова обстановка буває доволі складною та потребує використання криголамів. Урахування фактичних та прогностичних льодових умов суттєво зменшує ризик плавання суден в льодах та оптимізує використання криголамів.

Сучасні глобальні кліматичні зміни відобразились й на змінах характерних показників льодового режиму в північно-західній частині Чорного моря та в Азовському морі. Дослідження багаторічної мінливості льодового режиму показали, що за останні 30 років в обох морях повторюваність м'яких зим збільшилась приблизно на 15 %. Повторюваність помірних зим в Чорному морі зменшилась на 6 %, а в Азовському — збільшилась на 4 %. Найбільші зміни відбулись в повторюваності суворих зим — в Чорному морі вона скоротилась на 9 %, в Азовському на 19 %. Відбулись зміни й в строках появи льоду та очищення моря від льоду. На Азовському морі строки появи льоду настають пізніше на 4-7 діб, а очищення від льоду відбувається раніше на 4-17 діб. В північно-західній частині Чорного моря льодоутворення настає пізніше на 2-3 тижні, а очищення від льоду відбувається на 1-2 тижні раніше в порівнянні з попередніми роками. Зменшилась також тривалість льодового періоду — в Азовському морі на декаду, а в Чорному морі приблизно на місяць [1, 2].

Наведені результати свідчать про суттєві кліматичні зміни льодового режиму в Чорному і Азовському морях за останні роки, причинами яких є зміни макроциркуляційних атмосферних процесів і зростання температури повітря, особливо помітне в зимовий період. В науковій літературі зміни льодових умов на морях пояснюються впливом різних форм циркуляції атмосфери (W, E і C форм Вангенгейма-Гірса для євроатлантичного сектору) [3]. В роботі [4] показано, що починаючи з 1991 року ми живемо в умовах W+E епохи, яка є найбільш м'якою з усіх епох в плані льодових умов на всіх європейських морях, включаючи Чорне і Азовське моря.

Виявлено також взаємозалежності між льодовими умовами в Чорному морі і змінами індексів Північно-Атлантичного коливання (ПАК), які відображають кількість, траєкторії і інтенсивність атлантичних циклонів, що визначають погодні умови в Європі [5, 6]. При позитивній фазі Північно-Атлантичного коливання траек-

торії переносу повітряних мас і циклонів проходять над північною Європою, а над Середземним і Чорним морем переважає антициклонічна погода. Над північно-західною частиною Чорного моря спостерігаються позитивні аномалії температури повітря і легкі льодові умови. У зв'язку з трендом позитивної фази Північно-Атлантичного коливання, які спостерігались в останні десятиріччя минулого століття, структура зимового потепління в Східній Європі подібна зі структурою кореляцій індексу ПАК з температурою повітря, а саме і з льодовими умовами в Чорному морі.

На теперішній час в прогностичній практиці рекомендовано використовувати методи прогнозу льодових умов, які розроблено в 80-х роках ХХ століття [7]. В той же час наукові дослідження, в яких аналізуються результати перевірки емпірико-статистичних схем прогнозу льодових явищ в морі, показують значне зниження виправданості цих прогнозів в останні роки [8,9]. Відомо, що основним недоліком емпірико-статистичних методів є той факт, що статистичні залежності мають обмеження по “строку придатності”, тобто прогностичні рівняння потребують оновлення та перерахунку з певною періодичністю. При цьому можлива заміна не тільки коефіцієнтів в прогностичних рівняннях, але ж й самих провісників [4]. Розроблені в минулому методи прогнозування характеристик льодового режиму в північно-західній частині Чорного моря та в Азовському морі не ураховують кліматичні зміни, які відбулись в останні роки, тому потребують перевірки, переосмислення та суттєвого вдосконалення.

Мета роботи полягає в перевірці і модифікації емпірико-статистичного методу прогнозу дати появи льоду і дати очищення від льоду в Чорному і Азовському морях на матеріалах спостережень останніх років.

2. Огляд методів прогнозування льодових явищ в Чорному і Азовському морях

Згідно з [10] морські прогнози в залежності від завчасності розділяються на короткострокові, завчасність яких складає від декількох годин до трьох діб, прогнози малої завчасності — від десяти-п'ятнадцяти діб до місяця, і довгострокові — з завчасністю більш місяця. В науковій та методичній літературі докладно представлено методи прогнозування характеристик льодового режиму моря різної завчасності, які розроблено переважно в

80-х роках минулого століття [4, 7], а також деякі нові методи [8, 9]. Розглянемо фізичні основи і деякі методи короткострокових прогнозів льодових явищ для Чорного і Азовського морів.

Короткострокові прогнози льодових фаз — дати появи льоду, замерзання моря, руйнування льоду та очищення моря від льоду — складаються на основі знання про витрати або надходження тепла через поверхню моря, тепловмісту діючого шару води, товщини льоду, а також динамічних факторів — вітру, течій та хвилювання моря. Урахування всіх факторів, які обумовлюють появу льоду та замерзання моря, при складанні прогнозів навіть з невеликою завчасністю практично неможливо. Тому, частіш за все визначають головні фактори та обмежуються їх урахуванням.

Процес льодоутворення починається з того моменту, коли вода в результаті охолодження досягає температури кристалізації льоду. Це настає тим скоріше, чим більш тепловіддача води (визначається перш за все температурою повітряної маси, яка знаходиться над акваторією моря) та чим менш теплонакопичення за попередній весняно-літній період (визначається температурою води). В мілководних районах за період, який передує льодоутворенню, конвективне перемішування досягає дна, перенос тепла течіями незначний, роль хвилювання та коливань рівня невелика. Такі умови є характерними для прибережних районів, закритих бухт та заток, де, як правило, розташовані морські порти. Тому короткострокові прогнози появи льоду тут представляють особливу значимість, так як замерзання акваторій портів обмежує строки навігації.

Для прибережних районів прогноз появи льоду базується на урахуванні теплозапасу за попередній період та інтенсивності охолодження моря. В багатьох емпіричних дослідженнях показано, що в холодну частину року втрати тепла через поверхню моря залежать від температури повітря. Тому, в прогностичних рівняннях в якості аргументу вводиться сума негативних середніх добових температур повітря — сума градусів-днів морозу.

Між сумою градусів-днів морозу, яка необхідна для появи льоду, та температурою поверхневого шару моря в момент переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію існує тісна взаємозалежність. Чим вище температура води, тим більше повинна бути сума градусів днів морозу для появи льоду. Такі залежності у вигляді рівнянь регресії отримано на основі натур-

них даних для більшості прибережних районів моря. Наприклад, для деяких районів прибережній зони Чорного та Азовського моря такі рівняння опубліковані в [9] і мають вигляд:

$$\text{Одеса:} \quad \sum(-t_a) = 10,7t_w^o + 7,0 \quad (1)$$

$$\text{Миколаїв:} \quad \sum(-t_a) = 4,0t_w^o + 10,0 \quad (2)$$

$$\text{Очаків:} \quad \sum(-t_a) = 5,5t_w^o + 1,4 \quad (3)$$

$$\text{Маріуполь:} \quad \sum(-t_a) = 8,8t_w^o - 4,8 \quad (4)$$

де $\sum(-t_a)$ — сума градусів-днів морозу; t_w^o — температура поверхневого шару моря в момент переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію.

Наведені залежності використовують для прогнозу дати появи льоду, тобто, обчислюють праву частину рівняння, що дорівнює кількісному значенню величини $\sum(-t_a)$, а за прогнозом температури повітря визначають, коли ця величина зрівняється з необхідною для появи льоду.

Строки руйнування льодового покриву та очищення моря від льоду залежать від його стану на початок танення, від висоти снігу на льодовій поверхні, метеорологічних умов та динамічних факторів. Найбільш важливими з них є товщина льоду і снігу та тепловий баланс поверхні льоду. З багатьох спостережень відомо, що товщина льоду значно змінюється в просторі, та при обмеженій кількості фактичних вимірювань важко отримати правильну оцінку середній товщини льоду. Тому за показник середньої товщини льоду приймається величина суми негативних температур повітря з початку льодоутворення.

При складанні прогнозів весняних льодових явищ необхідно встановити момент, коли лід досягає максимальній товщини та починається його танення. За початок танення льоду приймається момент стійкого переходу температури повітря через нуль градусів в бік позитивних значень в 13 годин дня. Між цим моментом та датою досягнення товщини льоду максимального значення існує тісна залежність.

Існування такої залежності пояснюється тим, що зміна знаку суми потоків тепла через поверхню льодового покриву з негативного на позитивний відбувається при позитивних денних температурах повітря, навіть якщо середні добові температури

повітря залишаються негативними. Денні позитивні температури повітря призводять до того, що поверхня льоду стає розпушеною, а ямки заповнюються талою водою. Негативні нічні температури призводять до утворення тонкої льодової корки, яка утворює так званий парниковий ефект. Цей ефект полягає в тому, що льодова корка пропускає короткохвильову радіацію і не пропускає довгохвильову, іншими словами температура води під льодом поступово підвищується, що обумовлює початок танення.

В [7] наведено рівняння, яке дозволяє прогнозувати дату очищення моря від льоду:

$$\Delta \sum(+t_a) = 0,08 \Delta \sum(-t_a) \quad (5)$$

де $\sum(+t_a)$ — зміни сум позитивних значень температури повітря від одного дня до другого з моменту переходу через нуль градусів Цельсія; $\sum(-t_a)$ — зміни сум негативних значень температури повітря від одного дня до другого за весь період.

Це рівняння дозволяє по сумі градусів днів морозу за зиму визначити суму градусів тепла, необхідну для повного руйнування льоду без урахування даних про товщину льоду. Але ж вказано також, що для окремих пунктів коефіцієнти пропорційності треба перераховувати.

З аналізу цих методів можна зробити такі висновки. Для прогнозу дат появи льоду необхідно використовувати метеорологічний прогноз, на основі якого постійно розраховувати суму градусів днів морозу. Так як метеорологічний прогноз має певну похибку, це впливатиме на похибку льодового прогнозу. Що стосується прогнозу дати очищення моря від льоду, то рівняння потрібно уточнити, що передбачає додаткових досліджень.

В [4, 7] представлено також метод прогнозу дат появи льоду і дати очищення від льоду для Чорного і Азовського морів з більшою завчасністю — від 10 до 15 діб. Основна концепція методу полягає в наступному. По прогнозу погоди на 7 діб можна визначити дату переходу температури повітря через нуль градусів Цельсія для відповідного порту. Вважається, що температура води в день переходу температури повітря через нуль градусів Цельсія в значній мірі визначається температурою повітря за деякий інтервал часу, що передує цій даті. Оптимальний інтервал часу визначено на основі кореляційного аналізу і становить для Чорного і Азовського морів 20 діб. Осереднена температура

повітря за 20 добовий попередній інтервал є характеристикою тепловмісту води до початку льодоутворення. Таким чином, по осередненні за такий інтервал часу температурі повітря і даті переходу її через нуль градусів отримано прогностичні рівняння для різних портів. Зокрема, для портів Чорного моря (Одеса і Миколаїв) і Азовського моря (Маріуполь) рівняння є такими:

$$\text{Одеса:} \quad D_{нл} = 0,92 T_{20} + 0,90 ДТ_{a(o)} + 33 \quad (6)$$

$$\text{Миколаїв:} \quad D_{нл} = 0,62 T_{20} + 0,74 ДТ_{a(o)} + 35 \quad (7)$$

$$\text{Маріуполь:} \quad D_{нл} = 0,66 T_{20} + 0,93 ДТ_{a(o)} + 40 \quad (8)$$

де $D_{нл}$ — дата появи льоду у відхиленнях від 1 вересня; T_{20} — осереднена за попередні 20 діб до дати переходу через нуль градусів Цельсію температура повітря; $ДТ_{a(o)}$ — дата переходу температури повітря через нуль градусів у відхиленнях від 1 вересня.

Для прогнозу весняних льодових явищ (дати очищення моря від льоду) в якості провісників приймається максимальна товщина льоду за зимовий період і дата стійкого переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію в 15 годин Московського часу. Прогностичні рівняння є такими:

$$\text{Одеса:} \quad D_{оч} = 0,93 H_{max} + 0,18 ДТ_o + 122 \quad (9)$$

$$\text{Миколаїв:} \quad D_{оч} = 0,47 H_{max} + 0,35 ДТ_o + 119 \quad (10)$$

$$\text{Маріуполь:} \quad D_{оч} = 1,06 H_{max} + 0,03 ДТ_o + 164 \quad (11)$$

де $D_{оч}$ — дати очищення моря від льоду у відхиленнях від 1 вересня; $ДТ_o$ — дата стійкого переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію в 15 годин Московського часу; H_{max} — максимальна за зимовий період товщина льоду, в см.

Таким чином в наведеному методі прогностична метеорологічна інформація не використовується, а тільки фактичні данні, що повинно приводити до зменшення помилки прогнозу. Інформацію, необхідну для виконання розрахунків за рівняннями регресії можна отримати з даних стандартних гідрометеорологічних спостережень, які містяться в таблицях ТГМ. Так як прогностичні рівняння отримані на матеріалах спостережень минулого століття і не враховують кліматичні зміни льодових умов в Чорному останніх років, необхідна їх перевірка і визначення можливості використання методу в теперішній час і в майбутньому.

3. *Опис об'єкту та методи дослідження*

Об'єктом дослідження є деякі характеристики льодового режиму Чорного і Азовського морів — дати першої появи льоду і дати очищення від льоду. Дослідження полягає у перевірці методу прогнозування цих характеристик [4, 7] за матеріалами спостережень останніх років. Для перевірки методу і виконання розрахунків за прогностичними рівняннями регресії використовувались дані стандартних спостережень, які містяться в таблицях ТГМ-1 і ТГМ-2: дати першої появи льоду і дати очищення від льоду, максимальна товщина льоду за зимовий період, температури повітря і дати стійкого переходу її вбік позитивних і негативних значень весною і восени. Перевірка виконувалась для наступних рядів спостережень: для станції Миколаїв — 1990-2016 рр., для станції Одеса — 1984-2014 рр., для станції Маріуполь — 1985-1988 рр., і 1996-2017 рр. Тривалість рядів спостережень по даті появи льоду склала для станції Одеса 13 років, для станції Миколаїв — 16 років, а для станції Маріуполь — 24 роки. По даті очищення від льоду для станції Миколаїв і Маріуполь тривалість рядів спостережень склала 21 рік. Для станції Одеса в таблицях за деякі роки були відсутні дані по товщині льоду, що суттєво скоротило довжину ряду і зумовило неможливість перевірки. Після перевірки прогнозів за рівняннями (6-11) і їх аналізу рівняння регресії перераховувались і виконувались розрахунки прогнозів дат появи льоду і дат очищення від льоду.

4. *Аналіз результатів*

Перш за все, за даними спостережень за досліджуваний період розраховувались статистичні характеристики мінливості дат появи льоду і дат очищення від льоду, які порівнювались з нормами з [1, 2]. Дані спостережень для станції Миколаїв відображають зміни льодових умов в Чорному морі, а дані для станції Маріуполь — в Азовському. В табл. 1 і 2 представлено результати розрахунків статистичних характеристик мінливості дат появи і дат очищення від льоду для станції Миколаїв і Маріуполь відповідно.

За досліджуваний період на станції Миколаїв лід з'являється в середньому 22 грудня, в той час, як за нормою — 16 грудня, тобто на 6 днів пізніше. Очищення від льоду за нормою відбувається 12 березня, а за досліджуваний період — 1 березня, що на 12 днів раніше. Розмах коливань дат появи льоду становить

68 днів, а дат очищення від льоду — 63 дні. Тривалість льодового періоду за досліджуваний період склала 68 днів, а за нормою — 86 днів, тобто зменшення становить 18 днів.

Таблиця 1.
Статистичні характеристики мінливості дат появи і очищення від льоду на станції Миколаїв за досліджуваний період і за нормою [1]

Льодова фаза	Середня дата	Стандартне відхилення (дні)	Пізня дата	Рання дата	Розмах (дні)
Дата очищення від льоду за досліджуваний період	1 березня	17	3 квітня 1996 р.	31 січня 2009 р.	63
Дата очищення від льоду за нормою	12 березня	-	17 квітня	23 січня	84
Дата появи льоду за досліджуваний період	22 грудня	16	31 січня 2005 р.	24 листопада 1998 р.	68
Дата появи льоду за нормою	16 грудня	-	3 лютого	9 листопада	80

Таблиця 2.
Статистичні характеристики мінливості дат появи і очищення від льоду на ст. Маріуполь за досліджуваний період і за нормою [2]

Льодова фаза	Середня дата	Стандартне відхилення (дні)	Пізня дата	Рання дата	Розмах (дні)
Дата очищення від льоду за досліджуваний період	6 березня	19	11 квітня 2012 р.	1 лютого 2002 р.	70
Дата очищення від льоду за нормою	14 березня	-	24 квітня	1 березня	54
Дата появи льоду за досліджуваний період	18 грудня	19	24 січня 2007 р.	22 листопада 2016 р.	63
Дата появи льоду за нормою	16 грудня	-	5 лютого	8 листопада	89

Середня дата появи льоду на станції Маріуполь за розрахунковий період настає на два дні пізніше середньої дати за багаторічними даними. Рання дата появи льоду спостерігалася пізніше на 14 днів, а сама пізня дата — раніше на 12 днів. Середня дата очищення моря від льоду за останні 20 років змістилася на 8 днів раніше за норму. Сама рання дата спостерігалася на місяць раніше, а пізня дата на 13 днів раніше норми. Тривалість льодового періоду на станції Маріуполь за досліджуваний період склала 78 днів, а за нормою — 88 днів, тобто зменшення становить 10 днів.

Ці результати свідчать про збереження тенденції полегшення льодових умов в Чорному і Азовському морях в останні роки.

Прогнози дати появи льоду

Перевірка полягала в складанні прогнозів дати появи льоду на станціях Чорного і Азовського морів за рівняннями (6), (7), (8) за матеріалами спостережень за досліджуваний період. Для цього з таблиць ТГМ визначалась дата стійкого переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію у відхиленнях від 1 вересня і від цієї дати розраховувалась осереднена за попередні 20 діб температура повітря. За прогностичними рівняннями виконувались розрахунки дат появи льоду для станції Одеса, Миколаїв і Маріуполь, результати яких представлено в таблицях 3, 4 і 5 відповідно. Допустима помилка при оцінках прогнозів дат осінніх і весняних льодових явищ згідно з [10] залежить від завчасності прогнозів і приймалася 5 або 6 днів. Знак мінус перед помилкою дат появи льоду означає, що за прогнозом дата настає пізніше фактичної дати.

Для станції Одеса проміжок часу між датою переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію і датою появи льоду в середньому дорівнює 17 днів, але ж за досліджуваний період змінюється в широкому діапазоні — від 5 до 43 днів, при цьому чим вища температура повітря за попередні 20 діб, тим більш цей проміжок. Згідно з розрахунками за рівнянням (6) помилки прогнозів знаходяться в межах від 4 до 17 днів, і в більшості випадків за прогнозом дата появи льоду настає пізніше фактичної дати. При допустимій похибці 5 днів лише в одному випадку прогноз можна вважати виправданим, тобто забезпеченість складає 8 %. Забезпеченість кліматичного і інерційного прогнозів за цим рядом склала 23 %.

За фактичними даними рівняння було перераховано і має вигляд:

$$D_{ли} = -0,26 \cdot T_a^{20} + 0,638 \cdot DT_{a(0)} + 62,438 \quad (12)$$

Множинний коефіцієнт рівняння дорівнює $R = 0,885$ і є значущім на рівні не нижче 95 %. Якщо порівнювати рівняння (6) і (12), можна бачити, що вагові коефіцієнти провісників значно змінились. Результати розрахунків за модифікованим рівнянням представлено також в табл. 3 і свідчать про зниження помилки прогнозів, але ж в чотирьох випадках помилки є достатньо ве-

ликими, що може бути обумовлено недостатньою довжиною ряду, на якому виконано розрахунки. Забезпеченість розрахунків за новим рівнянням склала 70 %, що не є дуже великою, але ж значно вище ніж інерційний і кліматичний прогнози.

Таблиця 3.

Вихідні дані, результати розрахунків дати появи льоду за рівняннями (6) і (12) і помилки прогнозів для станції Одеса

№	Сезон, роки	Фактична дата появи льоду у відхиленнях від 01.09	Дата переходу температури повітря через 0 °С у відхиленнях від 01.09	Середня температура повітря за попередні 20 днів, (°С)	Прогнози дати появи льоду за рівняннями (6) — а, (12) — б		Помилки прогнозів (дні) за рівняннями (6) — а, (12) — б	
					а	б	а	б
1	84-85	161	151	-4,1	165	160	4	1
2	85-86	161	153	1,8	172	160	-11	1
3	86-87	130	124	-1,2	143	142	-13	-12
4	97-98	150	145	3,5	167	154	-17	-4
5	98-99	95	75	9,9	110	108	-15	-13
6	01-02	137	94	4,1	121	121	16	16
7	02-03	112	92	9,2	124	119	-12	-7
8	05-06	143	128	2,3	150	143	-7	0
9	07-08	127	106	5,0	133	129	-6	-2
10	09-10	146	104	6,8	133	127	13	19
11	10-11	152	145	2,0	165	154	-13	-2
12	11-12	152	138	4,0	161	149	-8	3
13	13-14	153	143	4,3	165	152	-12	1

Аналогічні розрахунки виконано для перевірки прогнозу дати появи льоду на станції Миколаїв за рівнянням (7), а результати представлено в табл. 4. Проміжок часу між датою переходу температури повітря через нуль градусів Цельсієм і датою появи льоду на станції Миколаїв в середньому складає 7 днів і змінюється протягом досліджуваного періоду від 2 до 17 днів. Помилки прогнозів значно менші, ніж для станції Одеса, а максимальна досягає 10 днів і за прогнозом дата поява льоду в більшості випадків настає пізніше фактичної дати. Виправданість прогнозів за цим рівнянням при допустимій похибці 5 днів склала 56 %, що є незадовільною. Забезпеченість розрахунків інерційним методом склала 27 %, а кліматичним 50 %. Тому рівняння було переховано і має вигляд:

$$D_{nl} = 0,654 \cdot T_a^{20} + 0,963 \cdot DT_{a(0)} + 8,79 \quad (13)$$

Множинний коефіцієнт кореляції цього рівняння дорівнює $R = 0,971$ і є значущим на рівні не нижче ніж 99 %. Результати розрахунків за модифікованим рівнянням представлено в табл. 4 і свідчать про зниження помилок. При допустимій похибці 5 днів забезпеченість прогнозів за отриманим рівнянням склала 94 %.

Таблиця 4.

Вихідні дані, результати розрахунків дати появи льоду за рівняннями (7) і (13) і помилки прогнозів для станції Миколаїв

№	Сезон, роки	Фактична дата появи льоду у відхиленнях від 01.09	Дата переходу температури повітря через 0 °C у відхиленнях від 01.09	Середня температура повітря за попередні 20 днів, (°C)	Прогнози дати появи льоду за рівняннями (7) — а, (13) — б		Помилки прогнозів (дні) за рівняннями (7) — а, (13) — б	
					а	б	а	б
1	90-91	139	136	2,8	137	142	2	-3
2	94-95	110	107	-0,7	114	111	-4	-1
3	96-97	114	111	3,2	119	118	-5	-4
4	97-98	108	106	0,7	114	111	-6	-3
5	98-99	85	75	4,4	92	84	-7	1
6	99-00	114	112	3,6	120	119	-6	-5
7	00-01	116	111	2,1	118	117	-2	-1
8	01-02	97	93	2,3	105	100	-8	-3
9	02-03	99	91	6,4	106	101	-7	-2
10	03-04	102	93	3,9	106	101	-4	1
11	04-05	153	145	1,9	143	150	10	3
12	05-06	112	101	3,2	112	108	0	4
13	06-07	118	111	4,3	120	118	-2	0
14	07-08	124	107	2,2	114	113	10	11
15	08-09	114	103	5,2	114	111	0	3
16	09-10	108	101	5,2	113	110	-5	-2

За рівнянням (8) розраховувались прогнози дат появи льоду в Азовському морі за даними спостережень на станції Маріуполь для ряду довжиною 24 роки (1985-1988, 1996-2017 рр.). В таблицях ТГМ за деякі роки данні по температурі повітря були пропущенні, тому розрахунки прогнозів неможливо було зробити. Результати перевірки представлено в табл. 5. Проміжок часу між датою переходу температури повітря через нуль градусів Цельсія і датою появи льоду в середньому дорівнює 5 днів, що декілька менш, ніж на станції Миколаїв. При перевірці рівняння помилки в розрахунках склали від 19 до 36 днів, тобто забезпеченість дорівнює 0 %. Забезпеченість розрахунків інер-

ційним методом склала 25 %, а кліматичним дорівнює 29 %. Після перерахування рівняння має вигляд:

$$D_{mi} = 0,65 \cdot T_a^{20} + 1,0 \cdot DT_{a(0)} + 4,1 \quad (14)$$

Якщо порівнювати рівняння (8) і (14), можна бачити, що вагові коефіцієнти провісників майже не змінились, але ж вільний член в перерахованому рівнянні зменшився на порядок. Множинний коефіцієнт кореляції модифікованого рівняння дорівнює 0,98 і є значимим на рівні не нижче ніж 99 %. Забезпеченість прогнозів за новим рівнянням при допустимій похибці 5 днів дорівнює 92 %.

Таблиця 5.

Вихідні дані, результати розрахунків дати появи льоду і помилки прогнозів за рівняннями (8) і (14) на станції Маріуполь

№	Сезон, роки	Фактична дата появи льоду у відхиленнях від 01.09	Дата переходу температури повітря через 0 °C у відхиленнях від 01.09	Середня температура повітря за попередні 20 днів, (°C)	Прогнози дати появи льоду за рівняннями (8) — а, (14) — б		Помилки прогнозів (дні) за рівняннями (8) — а, (14) — б	
					а	б	а	б
1	85-86	86	78	5,43	116	86	-29	0
2	86-87	90	84	1,87	119	89	-29	1
3	87-88	99	95	2,78	130	101	-31	-2
4	96-97	116	112	2,53	146	118	-30	-2
5	97-98	109	98	2,32	133	104	-24	5
6	98-99	90	80	6,62	119	88	-29	2
7	99-00	87	78	3,56	115	84	-28	3
8	00-01	114	111	1,26	144	116	-30	-2
9	01-02	97	93	2,70	128	99	-31	-2
10	02-03	94	91	5,61	128	99	-34	-5
11	03-04	167	165	0,71	194	170	-29	-3
12	04-05	107	105	0,82	138	110	-31	-3
13	05-06	116	111	2,51	145	117	-29	-1
14	06-07	176	174	0,54	202	178	-26	-2
15	07-08	109	106	1,30	139	111	-30	-2
16	08-09	110	102	4,31	138	109	-28	1
17	09-10	109	104	4,19	139	111	-30	-2
18	10-11	135	127	1,96	159	132	-20	3
19	11-12	144	139	1,10	170	144	-26	0
20	12-13	108	103	4,16	138	110	-30	-2
21	13-14	103	99	2,59	134	105	-31	-2
22	14-15	91	83	3,59	120	89	-29	2
23	15-16	134	120	2,48	153	126	-19	8
24	16-17	83	82	4,56	119	89	-36	-6

Прогнози дат очищення моря від льоду

Розрахунки дат очищення від льоду на станціях Чорного і Азовського морів згідно з [2] виконуються за рівняннями (9), (10) і (11). Данні таблиць ТГМ-2 для станції Одеса, показують, що продовж зимового періоду відбувається неодноразова поява і танення льоду без створення припаю, тому спостереження за товщиною льоду не проводяться зовсім, або епізодично і такі данні в таблицях відсутні. Крім цього для станції Одеса найбільш частіше лід з'являється в результаті його приносу з Дніпровського лиману, а очищення затоки від льоду відбувається в результаті його виносу у відкрите море під дією вітру. Тому виконати розрахунки дати очищення за рівнянням (9) неможливо. В статті наведено результати перевірки розрахунків дат очищення від льоду для станцій Миколаїв і Маріуполь.

Для розрахунків прогнозів дат очищення від льоду з таблиць ТГМ визначалась дата стійкого переходу температури повітря через нуль градусів Цельсію в 15 годин Московського часу, а також максимальна за зимовий період товщина льоду. Вихідні дані для перевірки результатів розрахунків і помилки прогнозів за рівнянням (10) для станції Миколаїв представлено в табл. 6.

Проміжок часу між датою стійкого переходу температури повітря через 0 °С за даними спостережень в середньому дорівнює 11 днів і перевищує проміжок часу для дати появи льоду. Але ж між річна мінливість цієї характеристики доволі значна — від 2 до 23 днів. Мінливість другого провісника — максимальної за зимовий період товщини льоду, також значна — від 3 до 37 см. Розрахунки за рівнянням показують, що при допустимій помилці 5 днів, виправданість прогнозів складає 33 %, тобто є незадовільною. Забезпеченість розрахунків інерційним методом дорівнює 30 %, а кліматичним — 24 %. Тому за вихідними даними рівняння було перераховано, і має вигляд:

$$D_{оч} = 0,007 \cdot H_{max} + 0,81 \cdot DT_{a(0)} + 43,806 \quad (15)$$

Множинний коефіцієнт кореляції рівняння регресії $R = 0,956$ і є значущим на рівні не нижче 99 %. Розрахунки за отриманим рівнянням и помилки прогнозів представлено також в табл. 6. Забезпеченість прогнозів за отриманим рівнянням склала 81 % і значно перевищує забезпеченість кліматичного і інерційного прогнозів. Вагові коефіцієнти модифікованого рівняння (15) сут-

тево відрізняється від коефіцієнтів рівняння (10), а саме, підвищився внесок дати переходу температури повітря через 0 °С весною і значно зменшився вплив максимальної товщини льоду на дату очищення від льоду.

Таблиця 6.

Вихідні дані, результати розрахунків дати очищення від льоду і помилки прогнозів за рівняннями (10) і (15) для станції Миколаїв

№	Сезон, роки	Фактична дата очищення від льоду у відхиленнях від 01.09	Дата переходу температури повітря через 0 °С у відхиленнях від 01.09	Максимальна товщина льоду за зимовий період, см	Прогнози дати очищення від льоду за рівняннями (10) — а, (15) — б		Помилки прогнозів (дні) за рівняннями (10) — а, (15) — б	
					а	б	а	б
1	95-96	216	201	28	202	207	14	9
2	96-97	178	175	32	195	186	-17	-8
3	97-98	173	163	10	181	176	-8	-3
4	98-99	166	157	17	182	171	-16	-5
5	99-00	183	170	12	184	182	-1	1
6	00-01	184	161	3	177	174	7	10
7	01-02	164	143	26	181	160	-17	4
8	02-03	212	206	34	207	211	5	1
9	03-04	183	177	13	187	187	-4	-4
10	04-05	196	193	9	190	200	6	-4
11	05-06	203	191	17	194	199	9	4
12	06-07	185	172	5	181	183	4	2
13	07-08	180	173	16	187	184	-7	-4
14	08-09	153	136	16	174	154	-21	-1
15	09-10	198	194	32	202	201	-4	-3
16	10-11	198	192	27	199	199	-1	-1
17	11-12	206	194	37	204	201	2	5
18	12-13	159	138	15	174	156	-15	3
19	13-14	178	161	24	186	174	-8	4
20	14-15	178	176	17	189	186	-11	-8
21	15-16	174	163	20	185	176	-11	-2

Вихідні дані для розрахунків дати очищення від льоду на станції Маріуполь за рівнянням (11) представлено в табл. 7. Для Азовського моря проміжок часу між датою стійкого переходу температури повітря через 0 °С за даними спостережень в середньому дорівнює 9 днів, що менш, ніж для станції Миколаїв в Чорному морі. Мінливість цієї характеристики знаходиться в межах від 1 до 24 днів. Максимальна за зиму товщина змінюється за багаторічний період від 5 см до 68 см.

Забезпеченість розрахунків за цим рівнянням при допустимій похибці 6 днів складає 29 %, що є незадовільною. Забезпеченість розрахунків інерційним методом складає 10 %, а кліматичним — 29 %. Після перерахування рівняння має вигляд:

$$D_{оч} = 0,279 \cdot H_{\max} + 0,924 \cdot DT_{a(0)} + 16,64 \quad (16)$$

Таблиця 7.

Вихідні дані, результати розрахунків дати очищення від льоду і помилки прогнозів за рівняннями (11) і (16) для станції Маріуполь

№	Сезон, роки	Фактична дата очищення від льоду у відхиленнях від 01.09	Дата переходу температури повітря через 0 °С у відхиленнях від 01.09	Максимальна товщина льоду за зимовий період, см	Прогнози дати очищення від льоду за рівняннями		Помилки прогнозів (дні) за рівняннями	
					(11) — а,	(16) — б	а	б
1	95-96	209	195	40	212	208	-3	1
2	96-97	187	180	38	210	194	-23	-7
3	97-98	208	201	29	201	210	7	-2
4	98-99	157	147	18	187	157	-30	0
5	99-00	185	161	30	185	174	0	11
6	00-01	188	180	12	182	186	6	2
7	01-02	154	144	37	208	160	-54	-6
8	02-03	206	185	49	221	201	-15	5
9	03-04	186	179	5	175	183	11	3
10	04-05	195	194	23	194	202	1	-7
11	05-06	206	193	45	217	208	-11	-2
12	06-07	189	181	5	175	185	14	4
13	07-08	179	173	34	205	186	26	-7
14	08-09	168	158	27	197	170	-29	-2
15	09-10	182	172	31	202	184	-20	-2
16	10-11	198	193	20	191	201	7	-3
17	11-12	224	194	68	242	215	-18	9
18	12-13	172	153	30	200	166	-28	6
19	13-14	189	182	22	193	191	-4	-2
20	14-15	180	172	10	180	178	0	2
21	15-16	156	150	21	191	161	-35	5

Вагові коефіцієнти в новому рівнянні порівняно з старим значно змінились — у старому рівнянні внесок максимальної товщини льоду у три рази більший, ніж внесок цього параметру у новому рівнянні. Також дуже змінились ваговий коефіцієнт, який ураховує дату переходу температури через 0 °С та вільний член. Для модифікованого рівняння коефіцієнт множинної коре-

ляції $R = 0,95$ і є значущим на рівні не нижче, ніж 99 %. Результати розрахунків за новим рівнянням та похибки в порівнянні з фактичними даними представлено в табл. 7. При допустимій похибці 6 днів забезпеченість прогнозів за новим рівнянням складає 76 %.

Таким чином, перевірка показала, що забезпеченість прогнозів льодових фаз на станціях Чорного і Азовського морів за старими рівняннями не є задовільною. Після перерахування отримано нові модифіковані прогностичні рівняння, розрахунки за якими виявились такими: забезпеченість прогнозів для дати появи льоду на станції Одеса — 70 %, на станції Миколаїв — 94 % і для станції Маріуполь — 92 %; для дат очищення від льоду: для станції Миколаїв — 81 %, а для станції Маріуполь — 76 %.

Для оцінки методу крім забезпеченості повинна визначатися і друга важлива величина, яка має назву ефективність. Ця величина показує вигравш, який дає розглянутий метод прогнозу в порівнянні з інерційним, або кліматичним методами.

Критерієм ефективності є величина $S \cdot \sigma_u^{-1}$, де S — середня квадратична похибка прогнозу, а σ_u — стандартне відхилення, які розраховуються за формулами:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (u - u_p)^2}{n - m}} \quad (17)$$

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum (u - \bar{u})^2}{n - 1}} \quad (18)$$

де m — число ступенів свободи, яке дорівнює кількості постійних величин в рівнянні регресії; n — кількість членів ряду; u_0 — фактичні, середні і розрахункові значення відповідно.

Згідно з [2], для короткострокових і середньострокових прогнозів при різних значеннях довжини ряду n критерії ефективності є такими:

$$\begin{aligned} S \cdot \sigma_u^{-1} &\leq 0,57, \text{ при } n \leq 15 \\ S \cdot \sigma_u^{-1} &\leq 0,62, \text{ при } 15 < n \leq 25 \\ S \cdot \sigma_u^{-1} &\leq 0,67, \text{ при } n > 25 \end{aligned} \quad (19)$$

Для всіх перерахованих нами прогностичних рівнянь показники ефективності методу наведено в табл. 8, де також представ-

лено самі рівняння, забезпеченість прогнозів, множинні коефіцієнти кореляції і забезпеченість кліматичного та інерційного прогнозів. Як видно, показники ефективності для всіх рівнянь відповідають встановленим критеріям, а забезпеченість прогнозів значно перевищує забезпеченість кліматичного і інерційного прогнозів. Все це дозволяє зробити висновок про можливість апробації перерахованих рівнянь для середньострокового прогнозу дат появи льоду і очищення від льоду для акваторій портів Чорного і Азовського морів в оперативній практиці.

Таблиця 8.

Модифіковані прогностичні рівняння, коефіцієнти множинної регресії (R), забезпеченість прогнозів (%), показники ефективності методу ($S \cdot \sigma_u^{-1}$) прогнозу дат появи і очищення від льоду на станції Маріуполь, Миколаїв і Одеса

Станція, льодова фаза, довжина ряду (n)	Рівняння регресії	R	Забезпеч. прогн. (%)	$S \cdot \sigma_u^{-1}$	Забезпеченість прогнозів (%)	
					кліматичного	інерційного
Маріуполь, дата появи льоду, (n=24)	$D_{ли} = 0,65 \cdot T_a^{20} + 1 \cdot DT_{a(0)} + 4,1$	0,98**	92	0,16	29	25
Маріуполь, дата очищення від льоду, (n=21)	$D_{оч} = 0,28 \cdot H_{max} + 0,92 \cdot DT_{a(\bullet)} + 16,64$	0,96**	76	0,32	29	10
Миколаїв, дата появи льоду, (n=16)	$D_{ли} = 0,65 \cdot T_a^{20} + 0,96 \cdot DT_{a(0)} + 8,79$	0,97**	94	0,20	50	27
Миколаїв, дата очищення від льоду, (n=21)	$D_{оч} = 0,007 \cdot H_{max} + 0,81 \cdot DT_{a(\bullet)} + 43,81$	0,96**	81	0,31	24	30
Одеса, дата появи льоду, (n=13)	$D_{ли} = 0,64 \cdot DT_{a(0)} - 0,26 \cdot T_a^{20} + 62,44$	0,89*	70	0,51	23	23

Примітка: *, ** — значущість коефіцієнту кореляції R на рівні не нижче ніж 95 і 99 % відповідно.

5. Висновки

Аналіз матеріалів спостережень за характеристиками льодового режиму в Чорному морі показав, що на станції Миколаїв в останні десятиліття лід з'являється на 6 днів пізніше, а очищення від льоду відбувається на 12 днів раніше, ніж за багаторічною нормою. Тривалість льодового періоду зменшилась за досліджувані роки на 18 днів. В Азовському морі за даними спостережень на станції Маріуполь середня дата появи льоду за досліджува-

ний період настає на 2 дні пізніше, а дата очищення на 8 днів раніше середньої дати за багаторічними даними. Зменшення льодового періоду на станції Маріуполь становить 10 днів. Ці результати свідчать про збереження тенденції полегшення льодових умов в Чорному і Азовському морях в останні роки.

Перевірка прогнозів дат появи льоду і очищення від льоду на станціях Одеса, Миколаїв і Маріуполь за рівняннями, розробленими в 80-х роках минулого століття, показала незадовільні результати. В результаті перерахування отримано нові модифіковані прогностичні рівняння, розрахунки за якими забезпечують набагато більшу виправданість прогнозів і ефективність в порівнянні з інерційним і кліматичним методами, що свідчить про можливість їх апробації в оперативній практиці.

Література

1. Гидрометеорологические условия морей Украины. — Т. 2. Черное море / Ю. П. Ильин и др. — Севастополь, 2012. — 420 с.
2. Гидрометеорологические условия морей Украины. — Т. 1. Азовское море / Ю. П. Ильин и др. — Севастополь, 2009. — 400 с.
3. Вангенгейм Г. Я. Основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для Арктики // Труды ААНИИ. — 1952. -Т. 34. — 314 с.
4. Абузяров З. К., Думанская И. О., Нестеров Е. С. Оперативное океанографическое обслуживание. — М., 2009. — 275 с.
5. Ильин Ю. П. Климатические изменения гидрометеорологических условий Черного моря. Глобальные и региональные изменения климата. — К., 2011. — С. 322-333.
6. Hurrell J,W. et.al.(2003). An overview of the North Atlantic Oscillation, in: The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact, Geophys. Monogr., vol. 134, Amer. Geophys. Union, Washington, DC, 1-35.
7. Руководство по морским гидрологическим прогнозам / Под. ред. З. К. Абузярова. — С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1994. — 521 с.
8. Думанская И. О., Котилевская А. М. Оценка возможности использования прогностических методик XX века в современной практике ледового обслуживания мореплавания на арктических морях России // Труды ГМЦ России. — 2009, Вып. 343. — С. 61-79.
9. Думанская И. О. Анализ влияния центров действия атмосферы на характер зим на морях европейской части России // Труды ГМЦ России. — 2011. Вып. 345. — С. 51-73.

10. Наставление по службе прогнозов. — Раздел 3, Ч. 3. Служба морских гидрологических прогнозов. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 143 с.

ЛЕДОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЧЕРНОМ И АЗОВСКОМ МОРЯХ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Р. В. Гаврилюк

Ледовый покров является одним из наиболее важных факторов, определяющих состояние поверхности моря. Исследование и прогнозирование его параметров представляет не только научный, но и большой практический интерес для морских отраслей хозяйства.

На основе наблюдений за ледовыми явлениями в Черном и Азовском морях за последние десятилетия выполнена проверка метода среднесрочного прогноза (с заблаговременностью до 15 суток) дат появления льда и очищения ото льда, которая показала неудовлетворительные результаты, не соответствующие требованиям практики. После пересчета предложены новые модифицированные уравнения регрессии. Расчеты по предложенным уравнениям обеспечивают более высокую оправданность прогнозов и эффективность по сравнению с климатическим и инерционным прогнозами, что свидетельствует о возможности их апробации в оперативной практике.

Ключевые слова: Черное море; Азовское море; ледовые явления; климатические изменения; статистические методы прогноза ледовых явлений.

Вовкодав Г. М., Саченко І. С.

**ЗАГАЛЬНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМА ГРУПИ
ТУЗЛОВСЬКИХ ЛИМАНІВ**

Тузловська група лиманів — в її складі виділяють три основних лиману: Шагани, Алібей і Бурнас, а також ряд дрібніших лиманів: Карачаус, Хаджидер і Курудіол. Лимани розглядаються як єдиний лиманний комплекс, загальна площа якого становить 206 км². Вони розташовані в центральній частині Дунай-Дністровського межиріччя і відносяться до типу мілководних водойм. Водойма відділена від прилеглої акваторії моря піщаною косою (пересипом), яка може частково розмиватися навесні і восени, в період сильних штормів.

Крім того для потреб рибальства в пересипу створюються штучні канали, які періодично відкриваються, число яких може змінюватися. Режим рибогосподарської експлуатації Тузловської групи лиманів передбачає обов'язкове відкриття каналів навесні

для зариблення водойми. У літній період (червень-вересень) лимани ізолюються від моря, щоб кефаль не зникла в морі. У період літньої ізоляції рівень лиманів за рахунок переважання випаровування над опадами рівень лиманів знижується на 20-50 см. В порівнянні з рівнем моря, а в екстремально маловодні роки — на 90 см. При цьому солоність вод лиманів підвищується до 35-40 ‰. Якщо в інші періоди року не забезпечити наповнення лиманів шляхом надходження морських вод, то може статися засолення і обміління водойми до критичних значень. При відсутності водообміну з морем для повного пересихання лиманів і перетворення їх в гіпергалинні болотні солонці з солоністю вод до 150-200 ‰ досить 3-4 роки.

Перші відомості про рибогосподарське використання Тузловської групи лиманів є в звіті відділу рибальства Херсоно-Бессарабського Управління землеробства і державного майна (1911 р.). У періоди, коли лимани втрачали зв'язок з морем, вони перетворювалися в солоні озера, де навіть були солепромисли й добували сіль. У роки, коли в Тузловській косі утворювалися природні промоїни — прірви, лимани оживали. Солоність знижувалася, з'являлися представники морської іхтіофауни (бички, глоса, кефаль, атерин), що сприяло стрімкому розвитку рибальства. Виллов бичків в найкращі роки досягав кілька тисяч центнерів. Успішно ловили також глосу. У мілководних верхів'ях лиманів (нині в більшості своїй висохлих) в той час утворювались гарди для осіннього вилову кефалі. Залишки пальових споруд в висохлих частинах лиманів збереглися подекуди і до нашого часу. Перші кустарно обладнані морські канали з'явилися в 1920-1925 рр. В умовах було значно більше бичка й глоси, ніж кефалі. До 1940 року в морському пересипу Тузловських лиманів діяло три канали. Під час війни вони були зруйновані, лимани не експлуатувалися, сильно обміліли та осолонились. Незважаючи на наявність зв'язку з морем через Малий Сасик, в Дженшейському озері і Сасику, з'єднаних з Тузловськими лиманами природньою протокою, в 1945 р, солоність по хлору дорівнювала 57 мг/дм³. Прірви, які утворилися в 1947-1949 рр. сприяли значному зниженню солоності й зарибленню лагун молоддю морських риб. Промисел в ці роки вели безпосередньо в лиманах сітями, неводами, вентерями і ін. знаряддями лову, а також на гарди, встановлені в каналі, який з'єднує Шаганський лиман з лиманом

Малий Сасик. Влітку 1950 солоність по хлору в Тузовських лиманах змінювалась від 7,1 до 22 г/дм³. З весни 1951 р. до 1990 р. на Тузовській косі постійно діяло від 2 до 5 обловно-запускних каналів. Кефалево-вирощувальні господарства на Тузовських лиманах завжди експлуатувались тільки під час однорічного обороту. Тому основу виловів становив сингіль — 75-97 %. В окремі роки численним був гостроніс — 3-29 %, а частка лобана ніколи не перевищувала 3-5 %. Зазвичай кефаль в Тузовських лиманах зустрічалася одинично. Через високу солоність швидкість росту кефалі в Тузовських лиманах, як правило, була нижчою, ніж в Шаболатському лимані. Багата кормова база лагуни використовувалась недостатньо повно через слабе зариблення. Навіть при максимальному вилові, який був зареєстрований в 1958 році, — 1705 ц (8,5 кг/га) на один гектар нагульних угідь лиману з врахуванням промвозврату припадало лише 100-150 риб, а кормова база за найбільш грубими оцінкам, і сьогодні здібна забезпечити продукцію в 10-15 разів вищу. У 60-х роках, для поліпшення гідрологічного режиму водойм та їх зариблення, в морській косі був споруджений ще один канал, але за наступні 30 років вилов кефалі не перевищував 100 т, а середня рибопродуктивність складала 0,95 кг/га. У 1990-1991 рр. вилов кефалі впав до декількох десятків кілограм, а з 1992 по 1997 рр. канали не працювали, а водойми практично не зарибнювали.

Висновки: не дивлячись на те, що лиманний вид рибальства має вигульний характер який можна порівняти до випасу худоби в загонах, так як вся робота рибовода полягає в тому, щоб:

- по-перше, впустити молодь морських риб в лиман;
- по-друге, затримати її там;
- по-третє, виловити рибу, яка досягла товарних розмірів.

Даний процес в три дії має також безліч факторів від яких залежить: кількість сезонного вилову, стан водного середовища і рівень популяції кефалі в цілому. Не зрозумівши і не вивчивши принципи цього господарського виду природокористування він не може називатися стійким.

Література

1. Указ Президента України “Про створення національного природного парку “Тузовські лимани” від 01.01.2010 № 1/2010
Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?user=a&stru=2&sp=i> — Загол. з екрану

2. Водний Кодекс України // Верховна Рада України; Кодекс України, Закон № 213/95-ВР (від 06.06.1995, остання редакція від 04.06.2008 на підставі 309-17, чинний). — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?user=a&stru=2&sp=i>
3. Сафранов Т. А., Цыкало А. Л., Гержик И. П., Черная Т. Г. Категорийность водоемов Дунай-Днестровского междуречья. — Режим доступа: <http://www.eco-mir.net/show/274/>
4. Марушевський Г. Б., Жарук І. С. Водно-болотні угіддя України — К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2006. — 312 с.
5. Гопченко Е. Д., Тучковенко Ю. С. Сценарное моделирование водно-солевого режима Тузловских лиманов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. трудов. Вып.10 / НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ. — Севастополь, 2004. — С. 243-255.
6. Розробка заходів щодо відновлення і підтримання сприятливих гідрологічного і гідрохімічного режимів в районі Тузловської групи лиманів: Звіт про НДР / Одес. Держ. Екол. Ун-т; № ДР 0103и006209 — Одеса, 2003. — 314 с.

Вовкодав Г. М., Саченко І. С.

ПРОБЛЕМИ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В ГРУПІ ТУЗЛОВСЬКИХ ЛИМАНІВ

Людина кожному секунду свого життя є природокористувачем. Цей безперервний процес супроводжує його протягом усього існування, він обумовлений складними зв'язками людини з природою, досягнувши і зрозумівши суть яких, ми здатні перебудувати нашу парадигму мислення таким чином, щоб стереотип гребущіх під себе егоцентричних споживачів, який гальмує соціальне і культурне зростання людства і може призвести до деградації навколишнього середовища зник назавжди.

Отже, змінивши лише наші погляди на навколишній світ і зрозумівши перебіг процесів сукцесії в ньому будь-яка людська діяльність здатна досягти квінтесенції мудрості і творчості в усіх сферах життєдіяльності, також і в природокористуванні.

В чому полягають три основні парадигми природокористування

Перша парадигма заснована на ідеї про те, що найкращим є мінімальне використання природних ресурсів. Відповідно до

принципу “мінімалізації впливу”, право на використання ресурсів повинні знаходитися в руках локальних груп населення, тобто людей які проживають в невеликих поселеннях і зацікавлених в тому щоб жити в гармонії з природою.

Друга парадигма базується на ідеї оптимального використання природних ресурсів. Під оптимальністю розуміється вилучення з природи такого обсягу ресурсів, які дозволять кожному члену зростаючого суспільства неухильно підвищувати рівень свого добробуту.

Третя парадигма базується на принципі максималізації використання природних ресурсів для максимально можливого збільшення добробуту населення. Згідно цій парадигмі всі члени суспільства прагнуть до максималізації використання природних ресурсів.

Нова екологічна парадигма природокористування

Нова екологічна парадигма природокористування полягає в тому, щоб направити цей процес в русло стійкої взаємовигоди і взаємопроцвітання. Так, щоб метою будь-якого природокористування було не компенсація завданих збитків, а навпаки — розкриття більш повного потенціалу середовища.

Раціональне і нераціональне природокористування

Природокористування може бути раціональним (розумним) і нераціональним. Саме поняття раціональності передбачає опору на розум і знання. Тому під природокористуванням розуміють також науку, що розробляє загальні принципи здійснення будь-якої діяльності, пов'язаної з використанням природних ресурсів і впливом на них, які допоможуть уникнути екологічної катастрофи.

Природокористування включає в себе:

- охорону, відновлення і відтворення природних ресурсів, їх вилучення та переробку;
- використання та охорону природних умов середовища життя людини;
- збереження, відновлення та раціональну зміну екологічної рівноваги природних систем;

В основі природокористування повинні лежати екологія і відкрити нею закони взаємодії різних природних систем. Під раціональним природокористуванням розуміється вивчення при-

родних ресурсів, їх дбайлива експлуатація, охорона і відтворення з урахуванням не тільки справжніх, а й майбутніх інтересів розвитку народного господарства і збереження здоров'я людей.

Нераціональне природокористування не забезпечує збереження природно-ресурсного потенціалу, веде до зубожіння і погіршення якості природного середовища, супроводжується забрудненням і виснаженням природних систем, порушенням екологічної рівноваги і руйнуванням екосистем.

Раціональне природокористування означає комплексне науково-обгрунтоване використання природних багатств, при якому досягається максимально можливе збереження природно-ресурсного потенціалу, при мінімальному порушенні здатності екосистем до саморегуляції і самовідновлення.

Національним багатством будь-якої країни і однією з найважливіших основ її економічного розвитку є водні ресурси. На узбережжі нашого Північно-західного Причорномор'я — 21 лиман. Як не дивно проблеми збереження і примноження цих багатств, а так само організації людської діяльності на цих водоймах полягають в їх природній унікальності, що вимагає окремого підходу до вирішення проблем кожного окремого водоймища індивідуально.

Висновки: щоб не допустити перетворення Тузовських лиманів в гіпергалинні болотні солонці, необхідність реставрації кефально-го господарства на її акваторії говорить сама за себе. За допомогою вмілого та раціонального ведення даного виду природокористування можуть вирішитися як мінімум дві основні проблеми — одна з них екологічна, а інша має економічний характер. Рішення яких призведе до неминучого загального процвітання регіону.

Література

1. Указ Президента України “Про створення національного природного парку “Тузовські лимани”” від 01.01.2010 № 1/2010
Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?user=a&stru=2&sp=i> — Загол. з екрану
2. Водний Кодекс України // Верховна Рада України; Кодекс України, Закон № 213/95-ВР (від 06.06.1995, остання редакція від 04.06.2008 на підставі 309-17, чинний.) — Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?user=a&stru=2&sp=i>

3. Сафранов Т. А., Цыкало А. Л., Гержик И. П., Черная Т. Г. Категорийность водоемов Дунай-Днестровского междуречья. — Режим доступа: <http://www.eco-mir.net/show/274/>.
4. Марушевський Г. Б., Жарук І. С. Водно-болотні угіддя України. — К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешл, 2006. — 312 с.
5. Гопченко Е. Д., Тучковенко Ю. С. Сценарное моделирование водно-солевого режима Тузловских лиманов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. трудов. Вып.10 / НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ. — Севастополь, 2004. — С. 243-255.
6. Розробка заходів щодо відновлення і підтримання сприятливих гідрологічного і гідрохімічного режимів в районі Тузловської групи лиманів: Звіт про НДР / Одес. Держ. Екол. Ун-т; № ДР 0103и006209 — Одеса, 2003. — 314 с.

УДК 504.4

Чугай А. В., Джура О. С.

АНАЛІЗ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Основною причиною незадовільної якості природних вод є їх забруднення через скидання великої кількості стічних вод. Забруднення водних джерел досягло такого рівня, що очисні споруди не в змозі перешкодити надходженню у воду речовин, які становлять загрозу життю та здоров'ю людини.

Особливо гостро ця проблема постає в Одеській області. Ситуацію значно ускладнює відсутність якісної очистки господарсько-побутових і виробничих стоків. Головними джерелами забруднення водних об'єктів регіону є об'єкти житлово-комунального господарства.

Матеріали і методи досліджень. Метою роботи є аналіз гідрохімічного режиму поверхневих вод Одеської області, а також оцінка якості вод. В якості вихідних даних в роботі використані матеріали Регіональних доповідей і Екологічних паспортів про скиди стічних вод і забруднювальних речовин, дані моніторингових спостережень за 2017 р.

Для оцінки якості поверхневих вод була застосована методика оцінки якості поверхневих вод суші за гідрохімічними показниками (методика Гідрохімічного інституту), наведена у роботі [1].

Якість води згідно методики визначається через комплексний показник, який називається комбінаторним індексом забруднення (КІЗ):

$$KIZ = \sum_{i=1}^n S_i \quad (1)$$

де S_i — загальний оціночний бал, отриманий шляхом перемноження показника повторюваності випадків перевищення $ГДК$ і показника кратності перевищення $ГДК$.

Із загального числа врахованих інгредієнтів і показників якості води визначаються лімітуючі показники забруднення (ЛПЗ). Величина сумарного оціночного балу за таким інгредієнтом дорівнює чи більше 11. Виділяють 4 класи якості води: слабо забруднена, забруднена, брудна, дуже брудна [1].

Результати дослідження та їх аналіз. Для аналізу гідрохімічного режиму і оцінки якості поверхневих вод Одеської області були використані дані моніторингу за 2017 р., наведені у [2]. Дані представлені по басейнам р. Дністер, річок Причорномор'я, р. Дунай і р. Південний Буг. Аналіз проводився по 10 показникам якості: залізо, нітрити, нітрати, азот амонійний, BCK_5 , сульфати, хлориди, нафтопродукти (НП), розчинений кисень і фосфати.

На першому етапі було проаналізовано динаміку зміни концентрацій показників якості вод басейнів річок Одеської області (рис. 1-10).

Аналіз наведених рисунків показує, що по більшості показників якості вод відзначалися постійні перевищення $ГДК$. Виключення складають нітрати, нафтопродукти (НП), залізо і хлориди (разове перевищення).

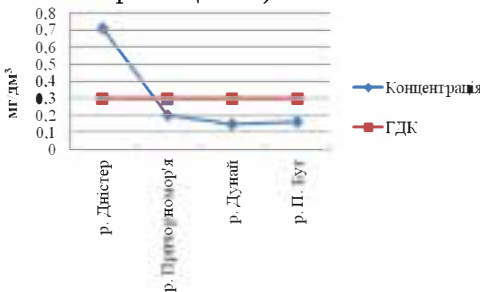


Рис. 1. Вміст заліза у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

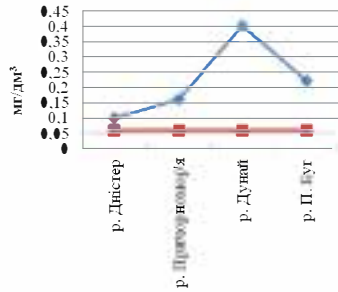


Рис. 2. Вміст нітритів у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

Концентрації заліза (рис. 1) є максимальними у басейні р. Дністер і перевищували ГДК більше, ніж в 2 рази. Найбільші концентрації нітритів (рис. 2) відзначалися у басейнах р. Дунай і р. Південний Буг. Вміст азоту амонійного (рис. 4) був майже на рівні ГДК за виключенням басейну річок Причорномор'я. Концентрації сульфатів (рис. 5) у 2-3 рази перевищували ГДК у басейні річок Причорномор'я і р. Дунай. Концентрації хлоридів (рис. 6) є максимальними у басейні річок Причорномор'я. Вміст БСК₅ (рис. 3) і розчиненого кисню (рис. 9) не має єдиної залежності. Можна відзначити невідповідність нормативам якості у басейні річок Причорномор'я і р. Дунай.

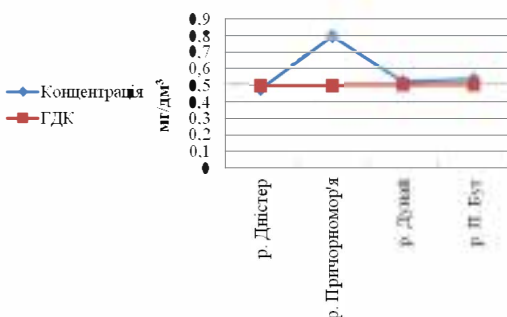
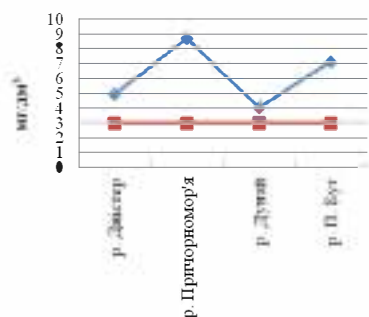


Рис. 3. Вміст БСК₅ у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

Рис. 4. Вміст азоту амонійного у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

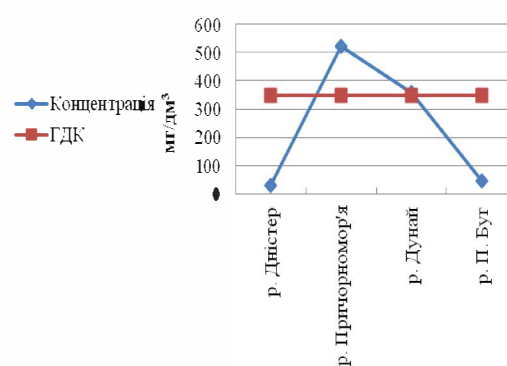
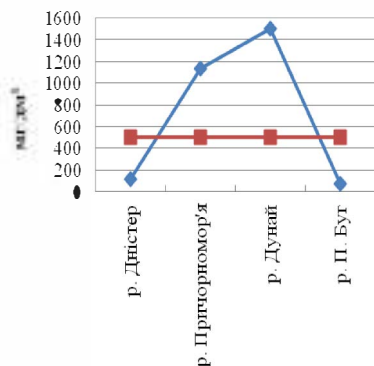


Рис. 5. Вміст сульфатів у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

Рис. 6. Вміст хлоридів у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

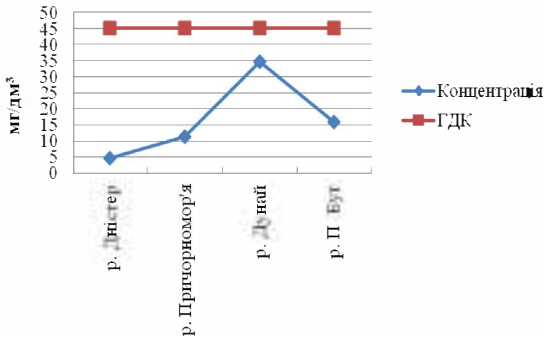


Рис. 7. Вміст нітратів у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

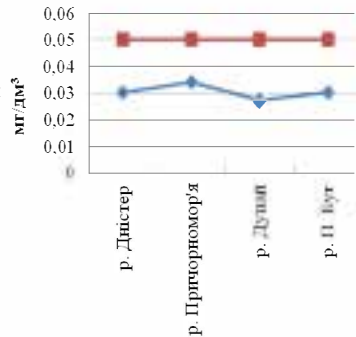


Рис. 8. Вміст НП у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

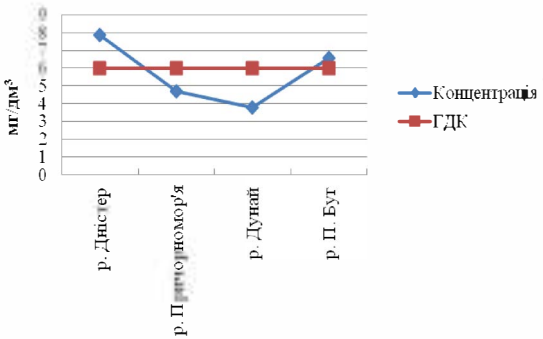


Рис. 9. Вміст розчиненого кисню у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

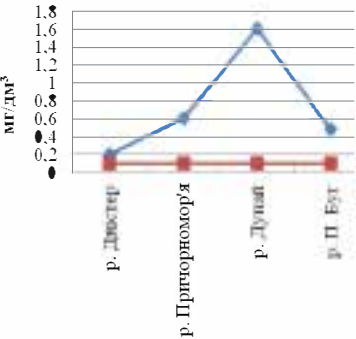


Рис. 10. Вміст фосфатів у поверхневих водах Одеської області у 2017 р.

Концентрації фосфатів (рис. 10) є максимальними у басейні р. Дунай (перевищення ГДК в 16 разів).

На наступному етапі була виконана оцінка якості поверхневих вод Одеської області. Попередньо було проаналізовано рівень антропогенного навантаження на природні води Одеської області за офіційними даними.

За використанням води на різні види потреб (рис. 11) на першому місці знаходиться використання води на зрошення. Також значний об'єм води використовується на господарсько-питні потреби. Мінімальні значення відзначаються по використанню вод у сільсько-господарській галузі. Скид зворотних вод

(рис. 12) здійснюється переважно у поверхневій водні об'єкти. Близько 40-50 % зворотних вод, що скидаються, характеризуються як “нормативно очищені”. Слід відзначити незначне зменшення об'ємів скидів зворотних вод в цілому за період 2015-2017 рр.

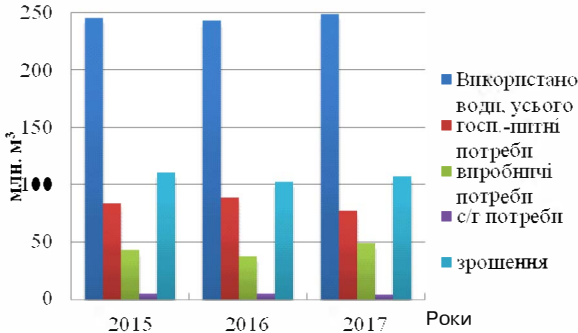


Рис. 11. Динаміка водокористування в Одеській області у 2015-2017 рр. [2]

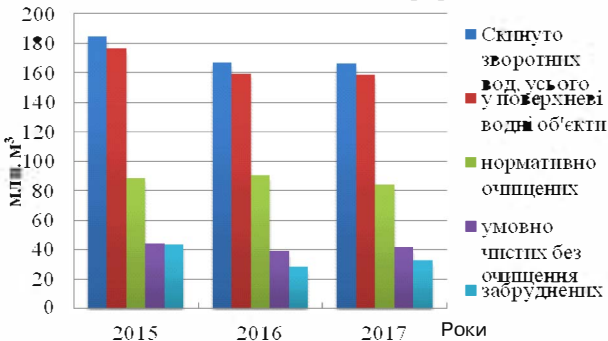


Рис. 12. Динаміка скиду зворотних вод в Одеській області у 2015-2017 рр. [2]

На рис. 13 наведено діаграму розподілу використання водних ресурсів за видами економічної діяльності. Як видно 92 % ресурсів використовує у своїй діяльності житлово-комунальний сектор.

На території Одеської області налічується 132 підприємство, які скидають стічні води в поверхневі водойми, у тому числі 24 господарства, які здійснюють скид в канали зрошувальних систем. Затверджені проекти норм гранично допустимих скидів забруднювальних речовин мають 70 підприємств, у 62 підприємств проекти ГДС відсутні. Основними забруднювачами являються: ТОВ “Інфокс” філія “Інфоксводоканал”, КП “Іллічівськводоканал”,

КП “Водоканал” м. Арциз, КВЕП “Котовськводоканал”, КП “Білгород-Дністровськводоканал”, ПАТ “Целюлозно-картонний комбінат”, МКП “Теплодарводоканал” та ін. [3]. Тобто головними забруднювачами водних об’єктів є, в першу чергу, підприємства житлово-комунального господарства.

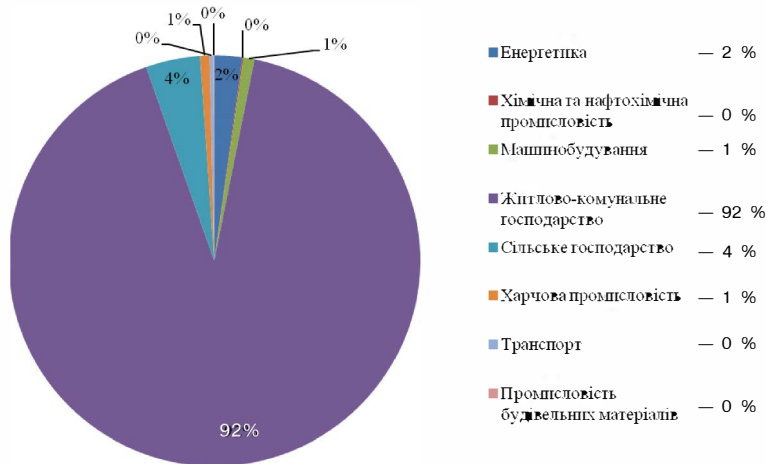


Рис. 13. Використанні водних ресурсів Одеської області за видами економічної діяльності [3]

За результатами оцінки якості поверхневих вод у басейнах річок Одеської області згідно з методикою не було виявлено жодного ЛПЗ.

На рис. 14 наведено значення КІЗ по басейнах річок Одеської області у 2017 р. Як видно, максимальний рівень забруднення відзначається у басейні річок Причорномор'я, мінімальний — у басейнах р. Дністер і р. Південний Буг.

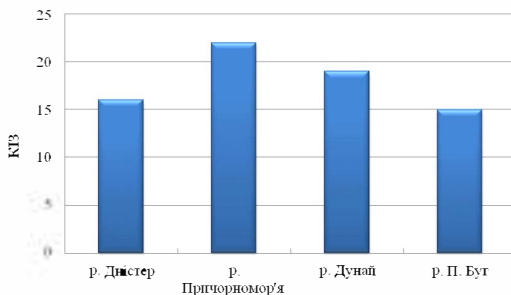


Рис. 14. Значення КІЗ басейнів річок Одеської області у 2017 р.

Згідно з методикою, якість поверхневих вод Одеської області можна характеризувати як клас II, “забруднена”.

Висновки. В роботі було проаналізовано основні джерела антропогенного навантаження на природні води Одеської області, динаміку зміни гідрохімічних показників якості вод, а також виконано оцінку якості поверхневих вод. В результаті можна зробити такі висновки:

1. За використанням води на першому місці знаходиться використання води на зрошення. Також значний об’єм води використовується на господарсько-питні потреби. Скид зворотних вод здійснюється переважно у поверхневі водні об’єкти. Близько 40-50 % зворотних вод, що скидаються, характеризуються як “нормативно очищені”.
2. За видами економічної діяльності 92 % ресурсів використовує житлово-комунальний сектор. Головними забруднювачами водних об’єктів є також підприємства житлово-комунального господарства.
3. По більшості показників якості вод відзначалися постійні перевищення ГДК. Виключення складають нітрати, НП, залізо і хлориди (разове перевищення).
4. Максимальний рівень забруднення відзначається у басейні річок Причорномор’я, мінімальний — у басейнах р. Дністер і р. Південний Буг. Якість поверхневих вод Одеської області можна характеризувати як клас II, “забруднена”.

Отримані в даній роботі результати є частиною загальної роботи, яка присвячена оцінці і порівняльному аналізу якості вод і рівня техногенного навантаження на водні об’єкти Північно-Західного Причорномор’я.

Література

1. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: Ніка-Центр, 2001. — 262 с.
2. Екологічний паспорт Одеської області за 2017 рік. — Одеса, 2018. — 133 с.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2016 році. — Одеса, 2017. — 216 с.

АНТРОПОГЕННІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Основною причиною незадовільної якості вод є їх забруднення через скидання великої кількості стічних вод. Особливо гостро ця проблема постає в маловодній Миколаївській області. Ситуацію значно ускладнює відсутність якісної очистки господарсько-побутових і виробничих стоків.

Миколаївська область територіально належить до басейнів р. Південний Буг, р. Дніпро і річок Причорномор'я. На території області налічується 121 річка та балки, з яких шість середніх річок (Жодима, Синюха, Чорний Ташлик, Чичиклея, Інгул, Інгулець) та одна велика р. Південний Буг. До поверхневих водних ресурсів області, окрім річок, належать озера, водосховища, ставки та болота [1].

Матеріали досліджень. Питанням оцінки якості поверхневих вод регіону і аналізу факторів впливу присвячено чимало робіт. Метою даної роботи є загальний аналіз антропогенних факторів впливу на поверхневі водні об'єкти Миколаївської області.

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали Регіональних доповідей за 2015-2017 рр.

Результати дослідження та їх аналіз. Аналіз в роботі проводився за даними про обсяги водоспоживання, використання води на різні потреби, обсяги скидів стічних вод (СВ) у поверхневі водні об'єкти.

На рис. 1 наведено відомості щодо динаміки водозабору з різних джерел за 2010-2017 рр. Як видно з рис. 1, до 2014 р. відзначалось постійне збільшення обсягів водозабору за рахунок збільшення забору води з поверхневих джерел. У 2015 р. відзначено зменшення заборів майже до рівня 2010 р. Обсяги забору води з підземних джерел за даний період майже не змінювались.

За даними [1] водоспоживання на виробничі потреби є найбільшим. Динаміка використання води на різні потреби наведена на рис. 2. Аналіз наведеного рисунку показує, що за період дослідження збільшилося використання води для потреб зрошення і зменшилося на господарсько-питні потреби і суттєво на сільськогосподарське використання (на порядок).

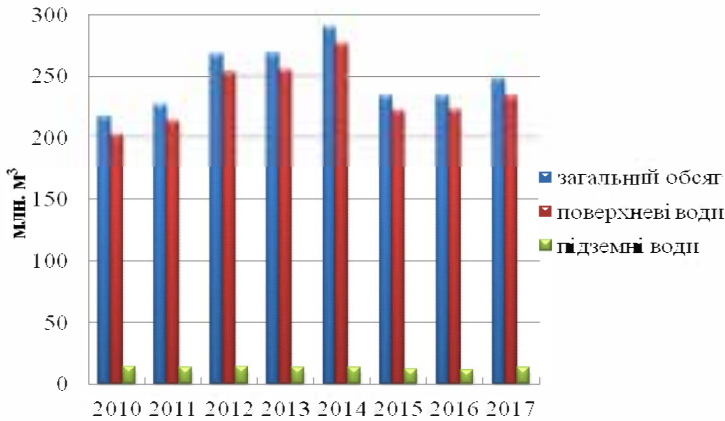


Рис. 1. Динаміка водозабору в Миколаївській області у 2010-2017 рр. [1; 2]

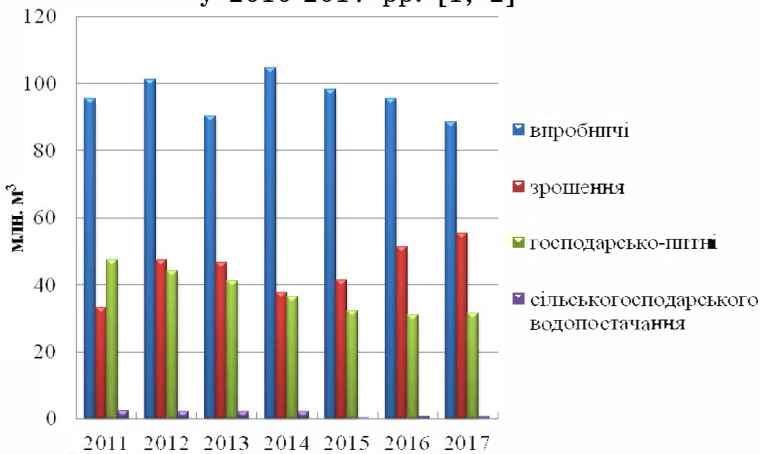


Рис. 2. Динаміка використання води на різні потреби в Миколаївській області у 2011-2017 рр. [1; 3]

Найбільш водоспоживаючі галузі економіки в Миколаївській області — це промисловість, енергетика та сільське господарство (рис. 3).

Показником антропогенного навантаження на поверхневі води є обсяги скидів СВ. На рис. 4 наведено динаміку скидів забруднених СВ у поверхневі водні об'єкти Миколаївської області. За даними [1] вони характеризуються як недостатньо очищені. Скидів СВ без очищення не здійснюється.

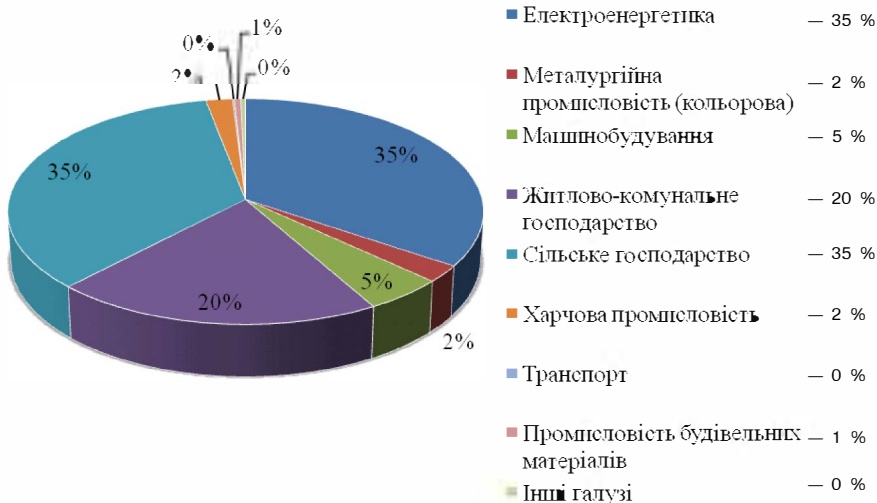


Рис. 3. Використання води за галузями економіки у Миколаївській області у 2017 р. [1]

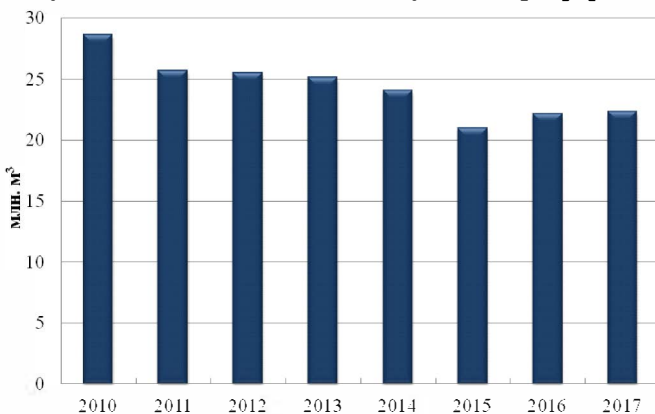


Рис. 4. Динаміка скидів забруднених СВ у поверхневі водні об'єкти Миколаївської області у 2010-2017 рр. [1; 2]

Як видно з рис. 4, обсяги скидів забруднених СВ за період дослідження зменшились. При цьому слід відзначити, що загальний водозабір, як зазначалось вище, збільшувався у 2010-2014 рр.

Основними забруднювачами водних об'єктів за даними [1] є МКП “Миколаївводоканал”, КП “Ольшанське” (Миколаївський район), КП “Первомайський міський водоканал”, КП “Прибузь-

ке” (м. Нова Одеса), КП “Міський водоканал” (м. Баштанка) і КП “Очаківводоканал”.

Висновки. В роботі було проаналізовано основні джерела антропогенного навантаження на природні води Миколаївської області. Так, визначено основні джерела забруднення водних об’єктів, проаналізовано динаміку водоспоживання, використання води на різні потреби галузей економіки, скидів забруднених СВ тощо.

Отримані результати є частиною загальної роботи, яка присвячена оцінці і порівняльному аналізу якості вод і рівня техногенного навантаження на водні об’єкти Північно-Західного Причорномор’я.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2017 році. — Миколаїв, 2018. — 199 с.
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2016 році. — Миколаїв, 2017. — 247 с.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області у 2015 році. — Миколаїв, 2016. — 228 с.

Нагаєва С. П., Кот Я. С.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД МАЛИХ РІЧОК БАСЕЙНУ ДНІСТРА В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

На території нижньої частини басейна Дністра в межах Одеської області протікає значна кількість малих річок, які широко використовуються для рибальства, рекреаційних цілей, а також для господарчо-побутових потреб.

Основне антропогенне навантаження на нижню частину басейна річки Дністер здійснюється в результаті використання земельних ресурсів, водних ресурсів та скидання і надходження в природні водні об’єкти забруднюючих речовин із стічними водами промислових підприємств, сільськогосподарського виробництва, комунального господарства.

Одним з найбільш значних джерел забруднення малих річок є мінеральні добрива і пестициди, які потрапляють у водотоки внаслідок змиву з ґрунту поверхневими стоками, винесення їх скидними колекторно-дренажними водами.

Серед серйозних причин, загрозливих нашим річкам, можна назвати також розорювання заплав, що обумовлює, як правило, обміління і пересихання річок.

Зарегульованість штучними водоймами — один із основних факторів деградації малих річок басейну Дністра на Одещині.

Дослідження екологічного стану малих річок має важливе практичне значення, тому що саме вони формують водні ресурси, гідрологічний та гідрохімічний режим, якість вод р. Дністер.

В роботі виконана екологічна оцінка якості вод малих річок р. Білоч, р. Окна, р. Ягорлик (ліві притоки р. Дністра), р. Турунчук (рукав р. Дністра), р. Кучургани за період 2010-2014 рр.

За водним режимом досліджувані річки відносяться до східно-європейського типу. Живлення річки переважно змішане, з переважанням талих і підземних вод. Гідрологічна вивченість режиму річки в цілому незадовільне. Освоєння басейну річок високе. У межах басейнів річок розташовані селища міського типу та села. Крупних підприємств немає.

Аналіз матеріалів спостережень за даними 2010-2014 рр. показав, що на всіх малих річках спостерігається перевищення ГДК за такими показниками: рН, БСК₅, розчинений кисень, сульфати, хлориди, ХСК, азот нітритів, нітратів, амонійний, фосфор фосфатів, залізо загальне, марганець, мідь, цинк, хром, нікель, алюміній, свинець, ртуть, миш'як, нафтопродукти, СПАР.

Екологічна оцінка якості вод виконувалась за індексом забруднення води (ІЗВ), який розраховується за формулою [1; 2]:

$$ІЗВ = (1/n) \sum (C / ГДК) , \quad (1)$$

де ГДК — гранично допустима концентрація хімічного компонента, мг/дм³; *C* — фактична концентрація, мг/дм³; *n* — кількість інгредієнтів.

Враховуючи перевищення ГДК по значній кількості гідрохімічних показників в роботі виконана оцінка якості річкових вод за модифікованим ІЗВ, за показниками з найбільшим перевищенням ГДК, а саме розчинений кисень, БСК₅ та ХСК, сульфати, хлориди, СПАР. Результати розрахунків наведені в табл. 1.

За розрахованими значеннями ІЗВ побудована гістограма їх зміни за 2010-2014 роки для досліджуваних річок, яка представлена на рис. 1.

Як видно з графіка, найбільш забрудненою є річка Кучургани, ІЗВ змінюються від 1,33 в 2010 р. і в 2014 році досяг зна-

чення 7,83, що відповідає VII класу якості води “надзвичайно брудна”. Найкращий екологічний стан спостерігалось на річці Турунчук якість вод відповідає II класу якості води “Чиста”.

Таблиця 1.

Розрахункові значення ІЗВ за 2010-2014 рр.

Річка-створ	2010 р.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.
Ягорлик – с. Артирівка	1,37	1,17	0,70	0,70	0,57
Кучургани - с. Степанівка	1,33	1,63	2,87	3,86	7,83
Турунчук - с. Троїцьке	1,01	0,82	0,48	0,56	0,74
Окна - с. Лабушне	1,10	0,82	0,72	0,81	0,94
Білоч	0,97	0,94	0,77	0,76	1,13

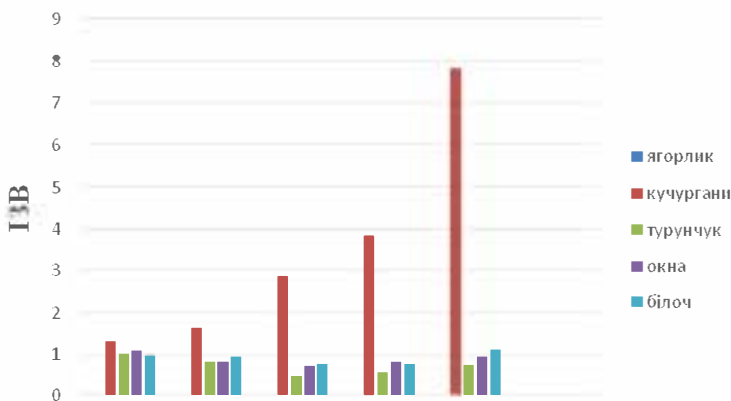


Рис. 1. Хронологічний графік зміни ІЗВ за 2010-2014 рр.

Таким чином, за досліджуваний період з 2010-2014 роки якість вод малих річок за модифікованим ІЗВ згідно методики [1]:

- р. Ягорлик: 2010 рік відмічається IV клас якості води “забруднена”, з 2011 спостерігається III клас якості води “помірно забруднена”, а з 2012 по 2014 рік спостерігається II клас якості води “чиста”;
- р. Кучурган: з 2010 по 2011 рік відповідає IV класу якості води “забруднена”, 2012 рік відповідає V класу якості води “брудна”, 2013 рік відповідає VI класу якості води “дуже

брудна” та 2014 рік відповідає VI класу якості вод “надзвичайно брудна”;

- р. Турунчук: за 2010-2011 рік відповідають III класу якості води “помірно забруднена”, а 2012 та 2014 рік відповідає II класу якості води “Чиста”;
- р. Окна: 2012 рік відмічається II клас якості води “чиста”, а з 2010 по 2014 рік спостерігається III клас якості води “помірно забруднена”;
- р. Белочи: в 2010 та 2014 рік відмічається III клас якості води “помірно забруднена”.

Для відновлення малих водних об’єктів, створення і підтримку в них сприятливого водного режиму, поліпшення санітарного стану малих річок і водойм, охорони їх від замулення, забруднення, “цвітіння”, виснаження і деградації вздовж водних об’єктів необхідно дотримуватись водоохоронних зон з відповідними правилами їх використання і господарювання в них.

Література

1. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями // Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіук О. П. та ін. — К.: Символ-Т, 1998. — 28 с.
2. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: Ніка-Центр, 2001. — 262 с.

Даус М. Є., Гречка С. В.

ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЯКІСТЬ ВОДИ ОЗ. ЯЛПУГ-КУГУРЛУЙ

Вступ. Озеро Ялпуг-Кугурлуй є найбільшим природним прісним озером України. До середини 60-х років минулого століття природний водообмін між р. Дунай та озерами проходив через протоки, які з’єднували озеро Кугурлуй з річкою, а при високих рівнях — шляхом вільного переливу води через бровки русла. Динаміка рівнів води у водоймах відповідала їх динаміці у річці, що забезпечувало добрий водообмін та високу якість води. Мінералізація озер Ялпуг та Кугурлуй була близька до мінералізації дунайської води, особливо в період наповнення озер.

Ряд господарських заходів, проведених в кінці 60-х років минулого століття, викликали істотні зміни в гідрологічному

режимі озер та негативно вплинули на їх гідрохімічний режим. В даний час якість води в системі озер в більшості випадків не відповідає вимогам, представленим до господарсько-питних вод державними стандартами України. Просліджується ріст вмісту біогенних елементів та забруднювальних речовин, обумовлених використанням добрив у сільському господарстві, а також потраплянням комунально-побутових стоків з населених пунктів та з промислових об'єктів без належної їх очистки. В середині 80-х та на початку 90-х років були випадки масової загибелі риби. За даними Одеського обласного управління по водному господарству рівні води в озерах знизились більше ніж на 1 м, а коефіцієнти водообміну — зменшились вдвічі, що призвело до росту мінералізації води в озерах вище 2.0 г/дм³ у м. Болград.

В зв'язку з цим, актуальним при вирішенні цілого ряду проблем, пов'язаних з відновленням раціонального використання природних ресурсів Придунайських озер, в тому числі й Ялпуг-Кугурлуй, є аналіз гідрохімічного режиму та якості води озера.

Мета роботи. Опис гідрохімічного режиму та оцінка якості води оз. Ялпуг-Кугурлуй за комплексним показником — індексом забруднення води (ІЗВ) та придатності використання її для господарсько-питних потреб.

Об'єкти дослідження. Ялпуг — прісне озеро, що знаходиться на Південному Заході України в Одеській області, найбільше природне озеро України. Площа водозбору оз. Ялпуг 4300 км², об'єм 387 млн. м³, довжина 39 км, ширина до 6 км, площа 149 км². Середня глибина — близько 2 м, максимальна — 5,5 м. З'єднується з Дунаєм через озеро Кугурлуй. Територіально розташоване у Болградському, Ізмаїльському та Ренійському районі Одеської області.

Кугурлуй — озеро заплавної типу на території Ренійського та Ізмаїльського районів Одеської області України. На півночі озеро сполучається з озером Ялпуг. На сході протоками Велика і Мала Репіда, а на півдні протокою Скунда озеро з'єднується з Дунаєм. Також водообмін з Дунаєм здійснюється по декількох невеликих протоках для попуску риби. Площа водозабору оз. Кугурлуй 4430 км², довжина 20 км, об'єм 82 млн. м³.

Вода Ялпуга використовується для питного і зрошувального водопостачання. Також озеро багате на рибу: тут зустрічається 41 вид; найбільше промислове значення мають сазан, краснопірка, окунь, щука. В озері є цінні нерестилища коропа, сазана, ляща, судака та інших риб.

Вихідні дані. Для характеристики гідрохімічного режиму і оцінки якості води були використані дані державного моніторингу Дунайського управління водних ресурсів за період 2010-2017 рр. у пунктах оз. Ялпуг - Болградський питний водозабір с. Оксамитне Болградського району та оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка Ізмаїльського району.

Гідрохімічний режим озер. Гідрохімічний режим характеризується закономірними змінами хімічного складу води озер, 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 [1].

Аналіз показав, що середня річна мінералізація води оз. Ялпуг - Болградський водозабір, показав, що з 2010 до 2017 рр. мінералізація значно виросла: з 1009 до 1557 мг/дм³ (води солонуваті β -мезогалинні), а середня річна мінералізація води оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка змінювалась в межах від 651 мг/дм³ в 2010 р. до 921 мг/дм³ в 2017 р., тобто води є прісними олігогалинними.

В межах Болградського водозабору середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (HCO_3^-) коливалась у межах від 239,1 мг/дм³ в 2013 р. до 258,8 мг/дм³ у 2014 р., а у 2017 р. збільшилася до 305,1 мг/дм³, разові значення змінювались від 222,3 до 350,3 мг/дм³.

Середньорічна концентрація сульфатних іонів (SO_4^{2-}) у воді оз. Ялпуг змінювалась у межах від 264,5 мг/дм³ (2013 р.) до 301,0 мг/дм³ (2015), а в 2017 р. досягла значення 492,1 мг/дм³, разові величини змінювались в межах 237,6-351,6 мг/дм³, а влітку 2017 р. збільшились до 660,8 мг/дм³.

Концентрація хлоридних іонів (Cl^-) у воді коливалась в межах від 139,3 мг/дм³ у 2013 р. до 276,1 мг/дм³ у 2017 р.

Серед катіонів звертають на себе увагу концентрації іонів натрію (Na^+) і калію (К). Сума їх середньорічних величин змінювалась від 152,4 мг/дм³ в 2013 р. до 354,75 мг/дм³ в 2017 р.

Середньорічна концентрація іонів кальцію в межах Болградського водозабору змінювалась від 33,9 мг/дм³ в 2013 р. до 52,15 мг/дм³ в 2017 р.

Середньорічні значення головних іонів оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка за період 2010-2017 рр. подані у табл. 2.

Максимальна одинична величина мінералізації складала 1071,6 мг/дм³. Середньорічна концентрація гідрокарбонатних іонів (НСО₃⁻) коливалась у межах від 206,6 мг/дм³ в 2010 р. до 237,2 мг/дм³ в 2017 р.

Середньорічна концентрація сульфатних іонів (SO₄²⁻) змінювалась у межах від 155,9 мг/дм³ в 2010 р. до 246,6 мг/дм³ у 2017 р.

Середньорічні величини концентрації натрію (Na⁺) та калія (K⁺) змінювались від 104,9 мг/дм³ в 2012 р. до 183,0 мг/дм³ в 2017 р.

Середньорічна концентрація іонів кальцію (Ca²⁺) в межах с. Нова Некрасівка змінювалась від 33,6 мг/дм³ в 2012 р. до 42,1 мг/дм³ в 2014 р.

Середні значення гідрохімічних показників у досліджуваних водних об'єктах, які використані для розрахунку ІЗВ, показані у табл. 1 та 2.

Таблиця 1.

Середні значення гідрохімічних показників оз. Ялпуг - Болградський водозабір за період 2010-2017 рр.

Рік	Магній	Нітрити	Хлориди	Феноли	БСК ₅	Розчинений кисень
2010	58,30	0,0045	167,90	0,0080	3,45	9,2
2011	57,70	0,0040	172,50	0,0090	3,40	8,4
2012	61,50	0,0050	191,13	0,0028	6,90	7,9
2013	57,70	0,0060	172,10	0,0020	5,35	8,2
2014	59,20	0,0090	183,90	0,0023	3,40	9,7
2015	59,03	0,0085	179,03	0,0019	4,40	9,4
2017	75,90	0,0050	276,10	0,0023	5,80	9,4

Таблиця 2.

Середні значення гідрохімічних показників оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка за період 2010-2017 р.

Рік	Магній	Нітрити	Хлориди	Феноли	БСК ₅	Розчинений кисень
2010	58,30	0,006	167,90	0,0001	4,1	8,8
2011	57,70	0,005	172,50	0,0008	4,4	11,6
2012	61,50	0,021	191,13	0,0031	6,4	11,4
2013	57,70	0,004	172,10	0,0024	4,5	10,2
2014	61,40	0,008	183,90	0,0020	2,9	9,4
2015	59,03	0,006	179,03	0,0024	3,7	8,8
2017	75,90	0,005	276,10	0,0030	4,5	9,6

Методика оцінки якості води. Методика оцінки якості води за комплексним показником — індексом забрудненості води (ІЗВ) — була рекомендована для використання підрозділам Держкомгідромету [2]. Це одна з найпростіших методик комплексної оцінки якості води. Розрахунок ІЗВ проводиться за обмеженим числом інгредієнтів. Визначають середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з наступних показників — азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, БСК. Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюють з відповідними ГДК (ділять їх концентрації на ГДК). Для розчиненого кисню потрібно ділити його ГДК на концентрацію.

ІЗВ розраховується за формулою 1:

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

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

За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяють такі класи якості води: I — дуже чиста (ІЗВ $\leq 0,3$); II — чиста (ІЗВ 0,3-1); III — помірно забруднена (ІЗВ 1-2,5); IV — забруднена (ІЗВ 2,5-4); V — брудна (ІЗВ 4-6); VI — дуже брудна (ІЗВ 6-10); VII надзвичайно брудна (ІЗВ >10).

Аналіз результатів. Результати розрахунків ІЗВ у пунктах оз. Ялпуг - Болградський водозабір та оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка за 2010-2017 роки подані у табл. 3 та на рис. 1.

Аналізуючи дані, отримані при розрахунках за 2010-2017 роки, можна зробити висновок, що вода в озері Ялпуг Болградського водозабору у більшості випадків помірно забруднена та належить до III класу якості. Спостерігається перевищення норми фенолів та $БСК_5$, тому вода в озері потребує очищення.

Результати отримані при розрахунках за 2010-2017 роки показують, що вода в озері Кугурлуй - Н. Некрасівка в основному чиста, а в деякі роки помірно забруднена. В 2010, 2011, 2013, 2014 та 2015 вода відноситься до II класу якості води (чиста), а в 2012 та 2017 роках — до III класу (помірно забруднена). Також спостерігається невелике перевищення норми вмісту фенолів та $БСК_5$ у воді, що і призводить до погіршення якості води.

Таблиця 3.

Значення ІЗВ, клас якості та характеристика води у пунктах оз. Ялпуг - Болградський водозабір та оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка за 2010-2017 роки

Рік	оз. Ялпуг - Болградський водозабір			оз. Кугурлуй - с. Н. Некрасівка		
	Значення ІЗВ	Клас якості	Характеристика	Значення ІЗВ	Клас якості	Характеристика
2010	1,80	III	помірно забруднені	0,54	II	чисті
2011	1,98	III	помірно забруднені	0,66	II	чисті
2012	1,25	III	помірно забруднені	1,24	III	помірно забруднені
2013	0,98	II	чисті	0,94	II	чисті
2014	0,83	II	чисті	0,75	II	чисті
2015	0,85	II	чисті	0,88	II	чисті
2017	1,04	III	помірно забруднені	1,03	III	помірно забруднені

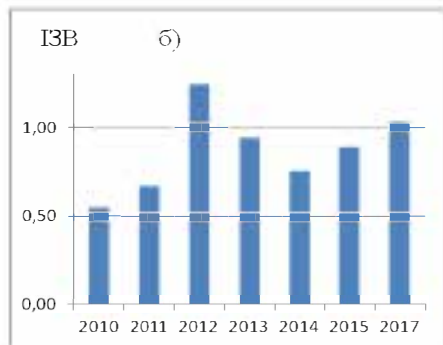
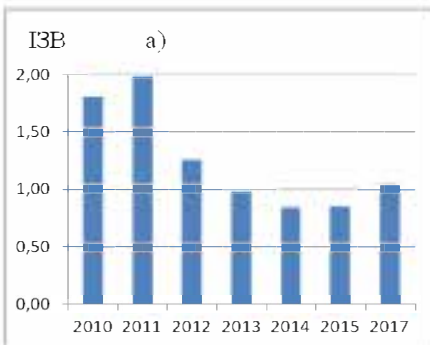


Рис. 1. Динаміка значень ІЗВ у пунктах оз. Ялпуг - Болградський водозабір (а) та оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка (б) за 2010-2017 роки

Зміни якості води досліджуваних об'єктів за період з 2010-2017 рр., показують, що для оз. Ялпуг-Кугурлуй тенденція зростання значень ІЗВ була незначною. Якість води за роками змінювалась скачкоподібно. Найбільше значення ІЗВ було розраховане в 2011 р. на оз. Ялпуг та в 2012 р. на оз. Кугурлуй, у ці роки води були помірно забруднені.

Висновки. Результати оцінки якості води у пункті оз. Ялпуг - Болградський водозабір показали, що впродовж 2010-2017 рр.

57 % води були III класу якості (помірно забруднені) та 43 % води II класу якості (чисті). У пункті оз. Кугурлуй - с. Нова Некрасівка впродовж 2010-2017 рр. 29 % води були III класу якості (помірно забруднені) та 71 % води II класу якості (чисті).

Аналіз показує, що вода в досліджуваних озерах загалом в непоганому стані, але оскільки є випадки III класу забруднення води, то ці озера потрібно тримати під постійним наглядом, їх воду можна використовувати для господарсько-питного постачання з очисткою.

Література

1. 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. — 712 с.
2. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: НІКА-Центр, 2001. — 264 с.

УДК 504+551.465

Ломакін П. Д.

ГРУНТОВІ ЗВАЛИЩА В КЕРЧЕНСЬКІЙ ПРОТОЦІ ЯК ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

На основі океанографічних даних серії експедицій, проведених Морським гідрофізичним інститутом і Південним науково-дослідним інститутом морського рибного господарства і океанографії в 1999-2013 рр., виявлені закономірності структури полів вмісту загальної зваженої речовини (*TSM* — total suspended mater), розчиненої органічної речовини (*DOM* — dissolved organic mater) і розчинених нафтопродуктів (*DO* — dissolved oil) в районах звалищ вилученого при днопоглибленні ґрунту, які розташовані в Керченській протоці. Показано, що як діючі, так і закриті зони дам্পинга є не лише джерелами екологічної небезпеки, вони також не сприятливі в навігаційному плані.

Ключові слова: загальна зважена речовина, розчинена органічна речовина, розчинені нафтопродукти, зони дам্পинга, Керченська протока

Вступ

60-80-ті роки минулого століття в Керченській протоці відмічені активізацією судноплавства і портової діяльності. Тоді модернізувалися існуючі, будувалися нові порти, верфі, портпункти, вантажні термінали, прокладалися і поглиблювалися суд-

ноплавні канали. Масово виконувалися днопоглиблювальні роботи. Було організовано ряд ґрунтових звалищ, — спеціально відведених зон, призначених для дампінгу ґрунту, вилученого при поглибленні дна.

Такий потужний антропогенний прес супроводжувався негативним відгуком, що проявився в різних параметрах стану водного середовища, і активно вивчався в 70-90 роки минулого століття у рамках чисельних державних програм. Результати цих досліджень, що належать відомим фахівцям, таким як Невеский Е. Н., Брянцев В. А., Себах Л. К., Воловик С. П., Рогов С. Ф., Шишкін В.В., Усенко В.П. та ін., містяться в звітах Південного науково-дослідного інституту морського рибного господарства і океанографії і Азовського науково-дослідного інституту рибного господарства. Їх детальний огляд представлено в [1-3].

Один з напрямів досліджень, що проводилися у той час, який торкався тематики впливу ґрунтових звалищ на якість води, був згорнутий наприкінці минулого століття.

Нині на акваторії Керченської протоки знаходяться сім зон дампінга, — звалищ вилученого при днопоглибленні ґрунту. Шість з них закриті та одна (звалище 7) діюча. Вона розташована в прилеглий до протоки частині Чорного моря, біля мису Такиль (рис. 1).



Рис. 1. Схема розташування ґрунтових звалищ на акваторії Керченської протоки

Комплексні гідрохімічні дослідження, проведені в районі діючого звалища 7, Південним науково-дослідним інститутом морського рибного господарства і океанографії [3], дозволили оцінити

негативну дію цього звалища на чорноморську екосистему. Зокрема показано, що концентрація забруднюючих речовин у ґрунті, що вилучається з Керченської протоки, на її акваторії в 5-200 разів перевищує відповідні фонові значення. Вміст важких металів у воді через добу після скидання ґрунту в 8-16 разів перевершує гранично допустиму норму, а вплив цієї зони дам্পинга позначається на значних відстанях, до Феодосійської затоки на заході і до Анапи на сході. У ці райони в системі вихрових утворень Основної чорноморської течії з локальної зони забруднення переносяться токсичні речовини і важкі метали.

Інші зони дам্পинга, як джерела забруднення, так ретельно не досліджувалися. В той же час, існує думка [1], основана на аналізі епізодичних даних стандартного комплексу океанологічних спостережень, що кожне з ґрунтових звалищ є значущим джерелом забруднення вод протоки.

Ця думка на кількісному рівні підтверджена в пропонованій статті, де для індикації забруднених ділянок досліджуваної акваторії і виявлення джерел забруднення використані масові відомості про нетрадиційні для океанології елементи водного середовища, концентрації загальної зваженої речовини (*TSM*), концентрації розчиненої органічної речовини (*DOM*) та вмісту розчинених нафтопродуктів (*DO*).

Мета роботи — узагальнення існуючих та аналіз нових відомостей, отриманих, в основному, після 2000 року, які доповнюють уявлення, що склалися раніше [1-3] і відображають особливості впливу звалищ ґрунту на екологічну ситуацію в Керченській протоці на сучасному етапі.

Початкові дані та методи дослідження

В якості початкових даних для аналізу використані матеріали серії комплексних експедицій, проведених Морським гідрофізичним інститутом і Південним науково-дослідним інститутом морського рибного господарства і океанографії в Керченській протоці за часовий інтервал 1999-2013 роки.

Тематично вказані експедиційні дослідження мали загальну океанологічну орієнтацію і не носили цілеспрямованого характеру відносно порушуваних в цій статті питань. Тому з усього матеріалу були вибрані окремі фрагменти океанологічних полігонних зйомок, що торкалися забруднених ділянок акваторії, яка досліджується.

Проаналізовані масиви синхронних вимірів (*in situ*) вмісту TSM і DOM в зондуючому режимі з дискретністю по глибині 0.1 м. Вся інформація отримана за допомогою оптичного біофізичного зондуючого комплексу “Кондор” [4].

Відмітимо, що DOM — один з кращих показників забруднення вод прибережних морських і океанських акваторій [5, 6], який активно використовується у світовій практиці екологічних досліджень.

Концентрація розчинених в морській воді нафтопродуктів (DO) визначалася у відібраних пробах води в лабораторних умовах традиційним флуоресцентним методом (UV-fluorescence method) [7-9]. Ця величина представлена у відносних одиницях (відн. од.) і показує, в скільки разів виміряний вміст нафтопродуктів перевершує його концентрацію в незабруднених водах центральної частини Чорного моря, яка прийнята за одиницю.

Розчинені у воді нафтопродукти — важливий показник забруднення водного середовища, який раніше не вимірювався у водах Азово-Чорноморського басейну. Розчинена фракція DO адсорбується на TSM, вона відрізняється стійкістю і гострою токсичністю для морських організмів. Зокрема, до найбільш токсичних антропогенних компонентів розчинених DO, які мають канцерогенні властивості і чинять серйозну негативну дію на довкілля, відносять ароматичні і поліциклічні ароматичні вуглеводи. Ці речовини накопичуються в тканинах риб і являють собою реальну загрозу для здоров'я людини [10].

Найповніша інформація припала на райони звалищ 1-3 і 7. Це закрита зона дам্পинга 1, що розташована в частині Азовського моря, яка прилягає до Керченської протоки, приблизно, в двох милях на північний схід від мису Хроні; закрите звалище 2, що знаходиться біля південного краю коси Чушка; закрите звалище 3 — на південь від о. Тузла і діюче звалище 7 — біля мису Такиль (рис. 1).

Обговорення результатів

Аналіз полів океанологічних елементів на цих ділянках дозволив виявити ряд структурних ознак, не типових для незабруднених акваторій, оцінити міру забруднення, отримати уявлення про вплив ґрунтових звалищ на якість вод.

Зокрема показано, що для усіх досліджених ділянок властива наявність добре виражених локальних максимумів горизон-

тального розподілу концентрації *TSM*, *DOM* і *DO*. Їх характерний горизонтальний масштаб змінювався в інтервалі 1-3 милі. Екстремуми концентрації цих величин найяскравіше проявлялися в придонному шарі і, як правило, співпадали. При цьому концентрація досліджуваних елементів середовища над звалищами була від півтора до трьох разів вище в порівнянні з навколишніми водами (рис. 2-4).

Ця закономірність підтверджує точку зору [1, 11], про те, що розташовані в Керченській протоці як закриті, так і діючі зони дам্পинга є значимими джерелами забруднення вод.

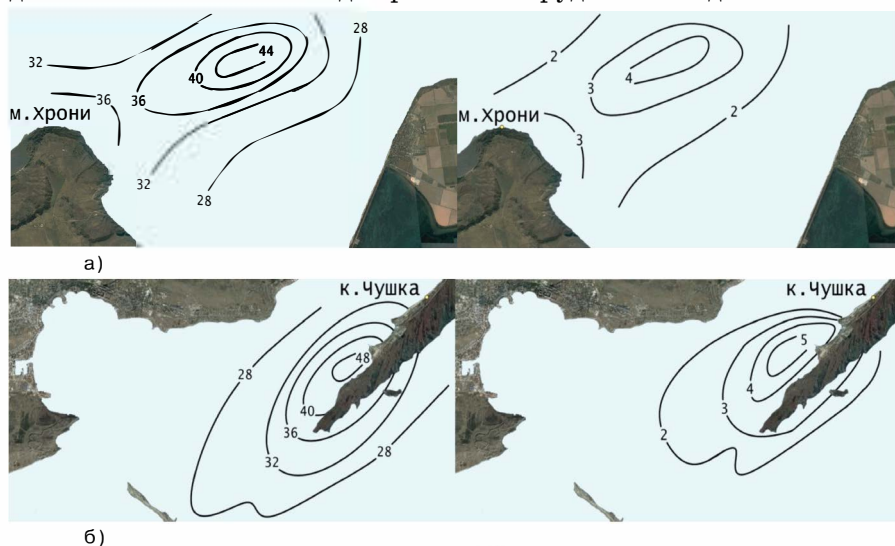


Рис. 2. Розподіл концентрації *TSM*, мг/л (ліворуч) і *DOM*, мг/л (праворуч) в придонному шарі в зонах дам্পинга: а) звалище 1, травень 2012 р.; б) звалище 2, жовтень 2013 р.

Постійну присутність надмірної концентрації *TSM*, *DOM*, *DO* в зонах дам্পинга (рис. 2-4) можна пояснити низькою щільністю верхнього шару ґрунту на цих ділянках. Тому, за інших рівних умов (вітер, хвилювання моря, течії, або антропогенна фізична дія на водну товщу, яка обумовлена судном, що рухається) процес скаламучення придонного шару тут інтенсивніший. Розчинена у воді органіка та нафтопродукти сорбуються на зваженій речовині та осідають на дно, формуючи над ґрунтовими звалищами локальні максимуми власної концентрації.

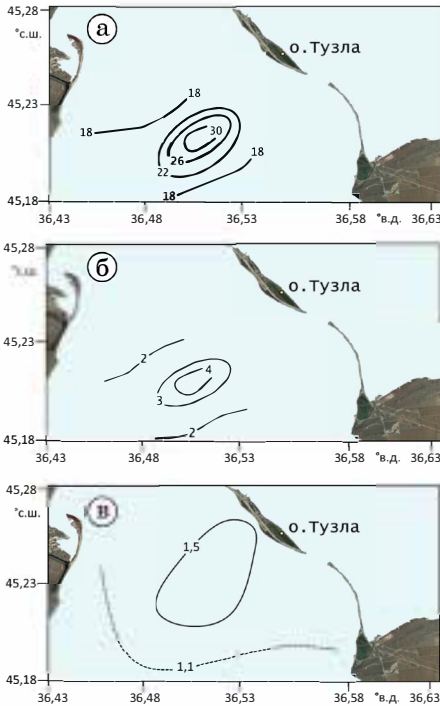


Рис. 3. Розподіл концентрації TSM , мг/л (а), концентрації DOM , мг/л (б), вмісту DO , відн. од. (в) у придонному шарі в районі закритого ґрунтового звалища 3 в травні 2005 р.

Вертикальна стратифікація концентрації TSM і DOM в зонах дам্পинга істотним чином відрізняється від стратифікації полів цих елементів в навколишніх незабруднених водах. Як приклад, що ілюструє цю властивість, на рис. 5 приведені профілі $TSM(z)$ і $DOM(z)$, типові для ділянок акваторії Керченської протоки, які локалізовані навколо ґрунтових звалищ. Профілі $TSM(z)$ і $DOM(z)$ тут немонотонні з інтрузійними тонкоструктурними ознаками, тоді як в незабруднених водах концентрація $TSM(z)$, як правило, — зростаюча функція глибини з “вигладженим” розподілом, а вертикальна стратифікація поля концентрації DOM , практично, відсутня.

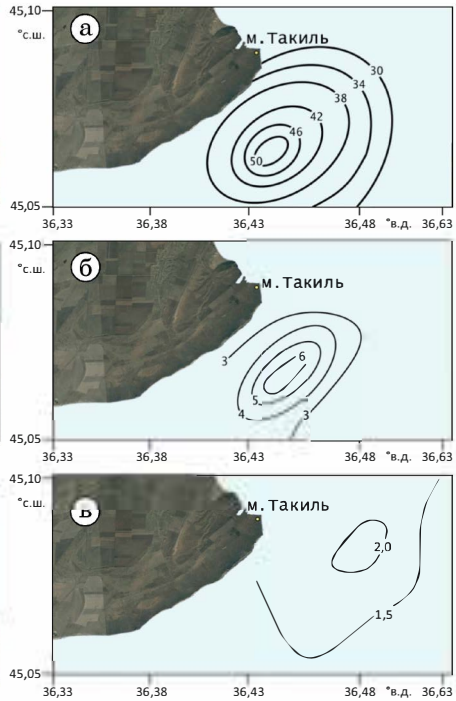


Рис. 4. Розподіл концентрації TSM , мг/л (а), концентрації DOM , мг/л (б), вмісту DO , відн. од. (в) у придонному шарі в районі діючого ґрунтового звалища 7 в квітні 2008 р.

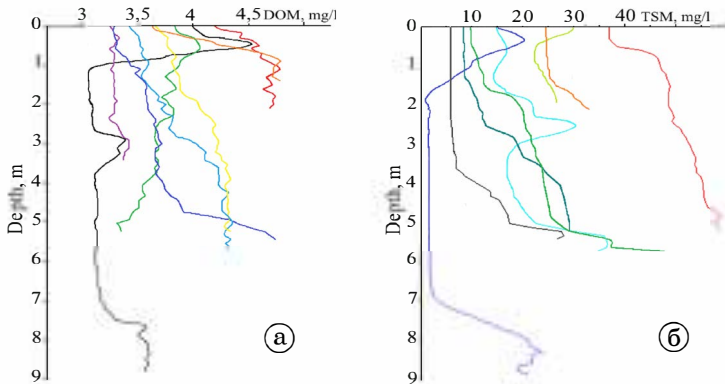


Рис. 5. Приклади профілів концентрації $DOM(z)$, мг/л (а) і $TSM(z)$, мг/л (б), типових для забруднених ділянок акваторії Керченської протоки

Відомо, що надмірно концентрована антропогенна зважена речовина (TSM) — у край шкідливий для здоров'я людей, екологічної ситуації і несприятливий для різних видів людської діяльності елемент водного середовища. Надлишок DOM приводить до біологічного забруднення морських акваторій, зниженню якості вод. Значний об'єм органічних речовин, більшість з яких не властива природним водам, скидається в море з промисловими і побутовими стоками. DOM , що потрапило в морське середовище небезпечно тим, що воно сприяє розвитку біологічних забрудників: бактерій, водоростей, найпростіших черв'яків та інших організмів [12].

Під час скидання вилученого при днопоглибленні ґрунту і його проходженні крізь водну товщу частина органічних забруднюючих речовин переходить в розчин, змінюючи якість води. Інша, що сорбована частками TSM , переходить в донні відкладення, формуючи шкідливі для природи придонні мулові води.

Випадки масової загибелі риби і мідії, що відзначаються в Керченській протоці, на відміну від подібного явища в Чорному і Азовському морях, не пов'язують з дефіцитом кисню і гіпоксією внаслідок високої стійкості вод. Причина цих явищ, в основному, обумовлена впливом звалищ вилученого при днопоглиблювальних роботах ґрунту, де в результаті надлишку антропогенної органіки формуються мулові води, і цей процес не обов'язково супроводить розвинена вертикальна стратифікація поля густини.

Ґрунтові звалища, що знаходяться в Керченській протоці, є потужним продуцентом антропогенних *TSM*, *DOM* і *DO*. Вони в істотній мірі стимулюють процеси заносимості судноплавних каналів, портів і бухт, визначають особливі властивості і склад донних осадів, загальний стан екосистеми.

В останнє десятиліття спостерігається активне обміління Керченської бухти і акваторій Керченського морського торгового і Рибного портів. Аналіз донних відкладень на акваторії цих об'єктів показав [1], що до їх складу входять частки реліктового осадкового матеріалу, який утворився в протоці декілька тисячоліть тому і розташований під його дном на відмітках декількох метрів. Очевидно, що перейти в зважений стан історичний осадковий матеріал, що залягає під дном протоки, міг тільки в результаті антропогенного втручання, — руйнування дна.

Тому розташовані на досліджуваній акваторії зони дампи́нга вилученого при днопоглибленні ґрунту є не лише джерелами екологічної небезпеці, вони також не сприятливі в навігаційному плані.

Висновок

На основі океанографічних даних серії експедицій, проведених Морським гідрофізичним інститутом і Південним науководослідним інститутом морського рибного господарства і океанографії, виявлені закономірності структури полів вмісту *TSM*, *DOM*, *DO* в районах звалищ вилученого при днопоглибленні ґрунту, які розташовані в Керченській протоці.

Показано, що в районах звалищ концентрація розглянутих речовин від півтора до трьох разів вища за їх фоновий вміст, а вертикальна стратифікація характеризується складними немонотонними профілями з інтрузійними ознаками.

За рахунок низької щільності верхнього шару ґрунту в зонах дампи́нга процес скаламучення придонних вод над ними інтенсивніший порівняно з прилеглими ділянками дна. Розчинена у воді органіка і нафтопродукти над ґрунтовими звалищами активно сорбуються зваженою речовиною та осаджуються на дно, формуючи у придонному шарі шкідливі для природи мулові води.

Виявлено, що як діючі, так і закриті зони дампи́нга є не лише джерелами екологічної небезпеки, вони також не сприятливі в навігаційному плані. Осадковим матеріалом з ґрунтових звалищ заносяться суднохідні канали, акваторії Керченської бухти, морські порти.

Dumping zones in Kerch strait as the sources of water pollution

P. D. Lomakin

On the basis of oceanographic data of the series expeditions, carried out in the Kerch Strait by the Marine Hydrophysical Institute and the Southern Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography in 1999-2013, the regularities of structure fields of content TSM, DOM and DO in the regions of the dumping zones are identified. It is shown that the current and closed dumping zones represent not only the pockets of environmental danger they are also not favourable in the navigation plan.

Keywords: *total suspended mater, dissolved organic mater, dissolved oil, dumping zones, Kerch Strait.*

Література

1. Ломакин П. Д., Спиридонова Е. О. Природные и антропогенные изменения в полях важнейших абиотических элементов экологического комплекса Керченского пролива в течение двух последних десятилетий. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010, — 118 с.
2. Петренко О. А., Себах Л. К., Панкратова Т. М. Основные районы дноуглубления в Керченском проливе // Труды ЮгНИРО. — 1998, Т. 44. — С. 40-45.
3. Петренко О. А., Себах Л. К., Фащук Д. Я. Некоторые экологические последствия дампинга в Черном море грунтов, извлекаемых при дноуглублении в Керченском проливе // Водные ресурсы. — 2002, № 5. — С. 622-635.
4. <http://ecodevice.com.ua/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor>
5. Boss E., Pegau W.S., Zaneveld J.R.V. et al. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf // J. Geophys. Res. — 2001. — 106, № C5. — P. 9499-9507.
6. M. Tedetti, R. Longhitano, N. Garcia, C. Guigue, N. Ferretto and M. Goutx. Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France). Environ. Chem. 2012, 9. — P. 438-449.
7. РД 52.24.476-2007 Массовая концентрация нефтепродуктов в водах. Методика выполнения измерений ИК-фотометрическим методом.
8. Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I., “Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment”, Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric

- Physics, 104663G (30 November 2017); doi: 10.1117/12.2287127; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>.
9. Chepyzhenko A. I., Chepyzhenko A. A., “Methods and device for in situ dissolved organic matter (DOM) monitoring in natural waters’ environment”, Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104663S (30 November 2017); doi: 10.1117/12.2287797; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287797>
 10. Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. Ocean Studies Board and Marine Board. Divisions of Earth and Life Studies and Transportation Research Board. NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. The National Academies Press. 500 Fifth Street, N.W. Box 285 Washington, DC20055 800-624-6242 202-334-3313 (in the Washington Metropolitan area) <http://www.nap.edu> GC1085 .O435 2002/628.1?6833-dc21. 2002015715.
 11. Брянцев В. А. Возможные экологические последствия сооружения Тузлинской дамбы (Керченский пролив) // Морской экологический журнал. — 2005. — Т. 4, № 1. — С. 47-50.
 12. <http://hydro.bio.msu.ru/index.php>

Сукманський О., Ляшенко Г. В.

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСУРСІВ ТЕПЛА І ВОЛОГИ НА ПІВДНІ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Агрокліматичні ресурси територій є однією із передумовою розміщення сільськогосподарських культур. Вони визначають як загальні можливості вирощування, так і рівень та якість врожаїв культур. До основних складових агрокліматичних ресурсів відносять ресурси тепла і вологи. Із збільшенням детальності інформації про агрокліматичні ресурси зростає ефективність її застосування в сільськогосподарському виробництві. Зважаючи на коливання клімату, актуальністю характеризуються дослідження агрокліматичних ресурсів у розрізі окремих часових відрізків.

Традиційно [1-2], до основних показників агрокліматичних ресурсів відносяться суми середньодобових або активних температур за період з температурами вище 10 °C ($\Sigma_{\text{Такт}} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$) і кількість опадів за цей період. В середині минулого століття

Міщенко З. А. [3], які враховують добову ритміку температур і, як наслідок, коливання впродовж теплового періоду сум цих температур, за якими проходять фізіологічні процеси рослин і відбувається формування якості продукції.

Для південних районів України взагалі і Одеської області зокрема важливе значення мають ресурси вологи. Причому важливо знати не тільки кількість опадів за теплий період, але й їх розподіл по окремим сезонам року. Крім кількості опадів у аграріїв великим попитом користується інформація про запаси вологи у ґрунті.

В представленій статті представлено результати детальних досліджень ресурсів тепла і вологи в південних районах Одеської області.

Матеріали і методи. Розрахунки виконувалися за даними метеорологічних станцій Ізмаїл і Болград за період з 1986 по 2005 роки: середньодадними, середньодобовими, максимальними і мінімальними температурами повітря, кількості опадів і запасами вологи у ґрунті.

Застосовувалися методи статистичного аналізу та методи агрокліматичних розрахунків.

Середні величини, середнє квадратичне відхилення (σ) і коефіцієнт варіації (C_v) визначалися за формулами [4, 5]:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

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

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (3)$$

де x_i , \bar{x} — поточна і середня за певний період величина показника, n — довжина ряду.

Сума середньодобових температур визначається за формулою [6]:

$$\Sigma T \geq 10^\circ C = \Sigma(T_{IV} \cdot N_{IV} + N_{IV} + \dots + T_X \cdot N_X), \quad (4)$$

де T_{IV}, T_V, \dots, T_X — середні місячні температури повітря вище 10 °С;
 N_{IV}, N_V, \dots, N_X — тривалість періодів (дні) з квітня по жовтень.

Суми денних і нічних температур визначалися за отриманими для території України формулами, які враховують зв'язок їх з сумами середньодобових температур [7]:

$$\Sigma T_{\text{дн}} = 1,092 \Sigma T_c + 130,6 \quad (5)$$

$$\Sigma T_{\text{н}} = 0,955 \Sigma T_c - 472,2 \quad (6)$$

Результати досліджень. Встановлено, що суми середньодобових, денних і нічних температур в середньому багаторічному по досліджуванім метеостанціях відрізняються не більше ніж на 50-60 °С і складають відповідно 3617 та 3562, 4080 та 4020 і 2982 та 2930 °С. В окремі ж роки суми температур на метеостанціях відрізняються більше, особливо суми нічних температур. Так, за даними метеостанції Ізмаїл суми нічних температур складають 2574 °С, а на станції Болград — 2423 °С (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1.

Характеристика ресурсів тепла і вологи на півдні Одеської області

Показники	Ізмаїл						Болград					
	Статистичні характеристики											
	Xсер	Xmax	Xmin	Ax	σ	Cv	Xсер	Xmax	Xmin	Ax	σ	Cv
$\Sigma T_c > 10^\circ \text{C}$	3617	3986	3190	794	208	6	3562	3936	3031	905	204	6
$\Sigma T_{\text{дн}} > 10^\circ \text{C}$	4080	4483	3614	869	227	6	4020	4429	3441	988	223	6
$\Sigma T_{\text{н}} > 10^\circ \text{C}$	2982	3334	2574	760	198	7	2930	3287	2423	864	195	7
ΣR весна, мм	108	252	39	213	52	48	118	242	41	201	55	47
ΣR літо, мм	143	165	54	111	688	48	143	322	55	267	68	48
ΣR осінь, мм	122	250	69	181	56	46	118	242	59	183	55	47
ΣR зима, мм	102	178	44	134	38	42	88	168	40	128	38	43
ΣR рік, мм	458	659	263	396	99	22	504	709	336	373	92	18
ΣR тп, мм	284	493	170	323	88	31	305	456	177	279	73	24
W_{0-100}	84	135	29	106	23	27	85	161	5	156	24	28

Різниця ж між середніми багаторічними сумами денних і середньодобових температур досягає 400-500 °С, а сум середньодобових і нічних температур — 600 °С. Відповідно збільшується й різниця між мінімальними та максимальними величинами сум середньодобових, денних і нічних температур в окремі роки. Коефіцієнт варіації, який характеризує міжрічну мінливість сум

температур, становить 5-7 %, що свідчить про відносно малу їх мінливість (табл. 1).

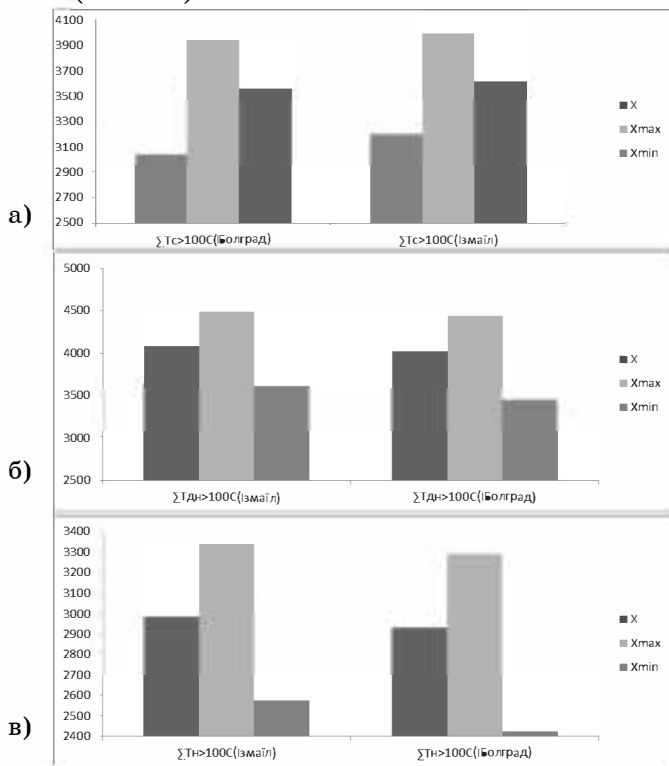


Рис. 1. Суми: а) середньодобових, б) денних, в) нічних температур повітря за даними метеостанцій Ізмаїл і Болград

Наочне уявлення про міжрічний хід сум середньодобових, денних і нічних температур можна побачити з рис. 2. За загальної синхронності зміни температур простежується зростання різниці між величинами в окремі роки.

Дещо відрізняються по метеостанціям отримані результати по кількості опадів. Середні суми опадів на метеостанціях Ізмаїл та Болград становили 458 за 504 мм відповідно (табл. 1). Якщо за осінь і зиму більша кількість опадів відзначається на метеостанції Ізмаїл, то весною і влітку — на метеостанції Болград. Величина коефіцієнту варіації значно більша, ніж сум температур і досягає 45-48 %, проте по метеостанціям майже однакова.

Різниця в середній багаторічній величині кількості опадів незначна. Проте в окремі роки різниця в кількості опадів за окремі сезони, за теплий період і рік збільшується). Максимальна кількість опадів за рік спостерігалася в 1997 році на обох станціях і становить 659 мм в Ізмаїлі та 709 мм у Болграді. Мінімальні значення відзначалися в 1994 році та склали відповідно 263 і 336 мм. Максимальна величина кількості опадів за літо на метеостанції Болград в два рази перевищує кількість опадів на метеостанції Ізмаїл — 165 і 322 мм.

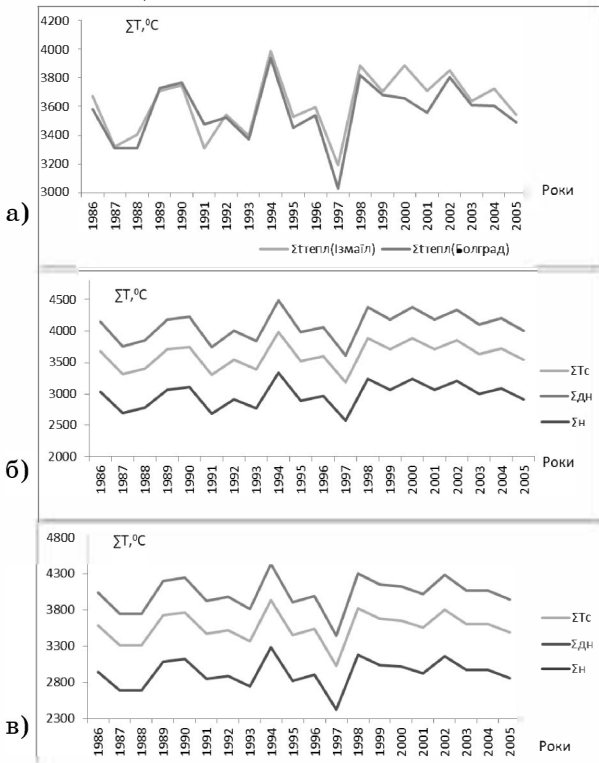


Рис. 2. Динаміка сум температур на метеостанціях Болград та Ізмаїл за 1986-2005 роки: а) сум середньодобових температур; середньодобових, денних і нічних температур на метеостанції: б) Ізмаїл, в) Болград

Динаміка міжрічної мінливості кількості опадів за рік представлена на рис. 3. На відміну від динаміки сум температур за

період спостережень, не відзначається синхронності у міжрічній мінливості кількості опадів за теплий період і рік по метеостанціям Ізмаїл і Болград. В першу половину періоду відзначається асинхронність у динаміці кількості опадів за теплий період і рік.

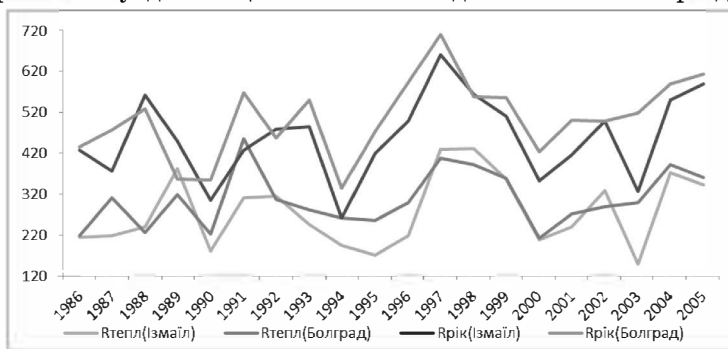


Рис. 3. Динаміка кількості опадів за теплий період і рік по метеостанціям Ізмаїл і Болград Одеської області

Середні за теплий період запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-100 см за даними метеостанцій Ізмаїл і Болград в середньому багаторічному складають 85 і 84 мм. Максимальні ж величини запасів вологи відрізняються значно більше і складають 135 та 161 мм (табл. 1). Вони також спостерігалися в різні роки — 1994 і 1996 роки відповідно. Динаміка запасів продуктивної вологи в середньому за теплий період у метровому шарі ґрунту представлена на рис. 4.

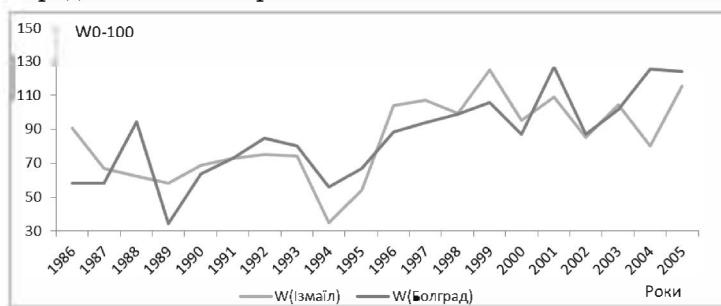


Рис. 4. Динаміка запасів вологи на ст. Ізмаїл та Болград Одеської області

Висновки. Результати проведених досліджень дозволяють детально оцінити за даними метеостанцій Ізмаїл і Болград ре-

сурси тепла і вологи для південної частини Одеської області. Надана інформація про суми середньодобових, денних і нічних температур повітря та кількості опадів в розрізі окремих сезонів року, за теплий період і рік та середні за теплий період запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту.

Отримані дані можна в подальшому застосовуватися для визначення просторової мінливості показників ресурсів тепла і вологи для різних елементів підстильної поверхні.

Література

1. Агрокліматичний довідник по території України / За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенко. — Кам'янець-Подільський, 2011. — 108 с.
2. Атлас “Агрокліматичні ресурси України” / За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенко. — К., 2016. — 90 с.
3. Мищенко З. А. Суточний ход температури воздуха и его агроклиматическое значение: монографія. — Л.: Гидрометеоиздат, 1962. — 198 с.
4. Школьніий Є. П. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. — Одеса: ОГМІ, 1999. — 600 с.
5. Ляшенко Г. В. Практикум з агрокліматології: навч. пос. — Одеса: ТЕС, 2014. — 150 с.
6. Міщенко З. А. Агрокліматологія: підр. — К.: КНТ, 2007. — 546 с.
7. Методи оцінки й районування мікрокліматичної мінливості радіаційно-теплових ресурсів України для оптимізації розміщення сільськогосподарських культур / Під ред. М. І. Кульбіди, З. А. Міщенко. — К: УкрГМЦ, 2004. — С. 56-83.

Нажмудінова О. М.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗАМОРОЗКІВ НА ТЕРИТОРІЇ КРОПИВНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2013-2017 РР.

Вступ. Заморозок — це короточасне зниження температури приземного шару повітря і (або) поверхні ґрунту до слабо від’ємних значень або до 0 °С на загальному фоні додатної температури. Заморозки є одним з небезпечних явищ погоди для різних галузей народного господарства, транспорту і, особливо, для сільського господарства. Найбільшу небезпеку для трав’янистих рослин і плодкових культур представляють пізні весняні заморозки, оскільки рослини в цей час інтенсивно вегетують [2].

За сучасними дослідженнями [3-4] дати початку та закінчення заморозків, а також тривалість безморозного періоду досить суттєво відрізняються у різних природних зонах України. У Степу останній весняний заморозок відмічається значно раніше, ніж у зоні Полісся. Значущий вплив на розподіл заморозку має географічна широта і, ще в половині випадків, — висота над рівнем моря, водночас, вплив довготи на характеристики заморозку практично відсутній. Зі збільшенням географічної широти дата першого осіннього заморозку на поверхні ґрунту стає ранішою.

Для проведення своєчасних захисних заходів важливу роль відіграє завчасне попередження зацікавлених організацій про очікуваний заморозок, у якому повинна бути вказана територія, де поява заморозку найімовірніша, а також передбачувана його інтенсивність і тривалість. За допомогою довгострокового фонових прогнозу можна встановити ймовірні терміни настання заморозків.

Вихідні дані. У якості вихідної інформації використані дані АМСЦ Кропивницький та Кропивницького центру з гідрометеорології (ЦГМ): метеощоденники 8 метеостанцій Кропивницької області за 2013-2017 рр.: Бобринець, Гайворон, Долинська, Знам'янка, Кропивницький, Новомиргород, Помічна, Світловодськ.

Метою дослідження є визначення особливостей формування заморозків на території Кропивницької області в умовах змін регіонального і глобального клімату.

Результати дослідження. Кропивницька область на півночі межує з Черкаською, на північному сході з Полтавською, на сході та південному сході з Дніпропетровською, на півдні з Миколаївською та Одеською, на заході з Вінницькою областями. Практично вся територія області розташована на правому березі Дніпра, основна частина знаходиться на Придніпровській височині. Поверхня області — хвиляста підвищена рівнина, розчленована річковими долинами, балками, ярами та сучасними ерозійними процесами. Західна частина області, навпаки, відзначається рівним рельєфом. Центральна частина області характеризується широко- і середньохвилястим рельєфом, але й тут різко виділяються схили, прилеглі до річкових долин, густо помережані балками і ярами.

Кропивницька область розташована в центрі України на межі двох ґрунтово-кліматичних зон — Степу та Лісостепу. Клімат області помірно-континентальний. Північно-західна Лісостепова частина області знаходиться під більшим впливом вологих по-

вітряних мас з Атлантичного океану. На південну та східну Степову частину області західні повітряні потоки також впливають, але ця територія зазнає більшого впливу континентальних повітряних мас, що надходять з Арктики та Азії. Через це клімат північно-західної частини області є дещо м'якшим, ніж південно-східної. Північно-західна та північна частини області належать до недостатньо вологої, теплої, а південна і східна — до посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони [1].

За період дослідження 2013-2017 рр. на території області останні заморозки в повітрі спостерігалися в період з 25 березня по 11 травня. Заморожок у повітрі найчастіше закінчується у квітні (68 % випадків), рідше — у травні та березні (17 та 10 % відповідно). Проте відмічались випадки, коли заморозки взагалі не спостерігалися на території області, хоча їх частка незначна, лише 5 % усіх випадків (табл. 1).

Таблиця 1.

Дата останнього заморозку у повітрі і на поверхні ґрунту по Кропивницькій області за період 2013-2017 рр.

Дата останнього заморозку навесні											
на висоті 2 м						на поверхні ґрунту					
середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік	середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Світловодськ											
08.04	11,0	25.03	2015	20.04	2017	13.04	7,4	05.04	2016	21.04	2017
Новомиргород											
15.04	16,7	29.03	2016	11.05	2017	29.04	8,9	23.04	2016	11.05	2017
Знам'янка											
19.04	15,9	06.04	2014	11.05	2017	29.04	9,1	22.04	2016	11.05	2017
Кропивницький											
19.04	15,3	03.04	2016	11.05	2017	29.04	9,1	22.04	2016	11.05	2017
Гайворон											
16.04	15,3	03.04	2016	11.05	2017	30.04	8,3	22.04	2015	11.05	2017
Помічна											
16.04	15,7	03.04	2016	11.05	2017	30.04	11,4	22.04	2016	18.05	2017
Долинська											
18.04	16,4	29.03	2016	11.05	2017	29.04	8,6	22.04	2016	11.05	2017
Бобринець											
18.04	16,8	29.03	2016	11.05	2017	29.04	9,1	22.04	2016	11.05	2017
По області											
16.04		25.03	2015	11.05	2017	27.04		05.04	2016	18.05	2017

Встановлено, що різниця в датах останнього заморозку в повітрі між районами області коливається від 2 до 5 днів, лише на узбережжі Кременчуцького водосховища, а саме за даними Світловодської ГМО середня дата останнього заморозку в повітрі навесні — 8 квітня. Крім цього, це найраніша середня дата останнього заморозку в повітрі навесні на території області за весь досліджуваний період. Середні дати останнього заморозку в повітрі практично однорідні по всіх станціях та відмічаються в другій декаді квітня, лише в Світловодську — у першій декаді квітня. Найраніша дата останнього заморозку навесні в повітрі належить Світловодську — 25 березня 2015 р., яка відрізняється від середньої по області на 23 дні. Також значні відхилення від середніх дат (21 день) мають станції Долинська та Бобринець. На решті станцій найраніші дати останнього заморозку навесні відрізняються від середніх на 14-18 днів.

Найпізніша дата останнього заморозку в повітрі — 11 травня 2017 р. Заморозки відмічалися за даними 7 метеостанцій Кропивницької області, крім Світловодської гідрометеорологічної обсерваторії.

Порівняно із середньою датою останнього заморозку в повітрі навесні, дата найпізнішого заморозку найбільше відрізняється на станції Новомиргород — 27 днів, Гайворон та Помічна — 26 днів, рідше в Долинській та Бобринці — 24 дні, в центральних та північно-східних районах (Знам'янка та АМСЦ Кропивницький) — на 23 дні. Найменше відхилення — на Світловодській гідрометеорологічній обсерваторії — 19 днів.

Перші заморозки в повітрі восени спостерігалися з 19 вересня до 23 жовтня (табл. 2). Перший заморозок у повітрі найчастіше відмічається в жовтні (73 % випадків), рідше у вересні (12 %). Порівнюючи частоту закінчення останнього заморозку в повітрі навесні та початку першого заморозку в повітрі восени визначено однаковий відсоток, коли заморозки не спостерігалися (~5 % від усіх випадків).

Перший заморозок восени найчастіше починається в середині першої та на початку другої декади жовтня (4-11 жовтня). За даними метеостанції Новомиргород середня дата перших заморозків відрізняється і припадає на 30 вересня. Деяко виділяється з загального розподілу ст. Світловодськ за найпізнішою датою першого заморозку 11 жовтня.

Таблиця 2.

Дати першого заморозку у повітрі і на поверхні ґрунту по Кропивницькій області за період 2013-2017 рр.

Дата першого заморозку восени											
на висоті 2 м						на поверхні ґрунту					
середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік	середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Світловодськ											
11.10	7,2	03.10	2017	20.10	2013	08.10	4,6	03.10	2017	15.10	2016
Новомиргород											
30.09	7,1	19.09	2016	08.10	2015	27.09	3,4	23.09	2016	02.10	2015
Знам'янка											
04.10	2,4	03.10	2014	08.10	2015	27.09	5,1	20.09	2014	02.10	2015
Кропивницький											
05.10	7,3	30.09	2013	17.10	2016	27.09	7,6	19.09	2014	08.10	2015
Гайворон											
05.10	6,3	30.09	2013/ 2017	15.10	2016	29.09	5,9	20.09	2014	06.10	2016
Помічна											
08.10	10,2	30.09	2013	23.10	2017	30.09	5,6	25.09	2014	08.10	2015
Долинська											
09.10	9,9	28.09	2013	23.10	2017	29.09	5,4	23.09	2016	08.10	2015
Бобринець											
06.10	6,7	30.09	2013	17.10	2016	3.10	10,1	20.09	2014	17.10	2016
По області											
06.10		19.09	2016	23.10	2017	30.09		19.09	2014	17.10	2016

Середня дата перших заморозків у повітрі восени — 6 жовтня. Найранішу дату першого заморозку восени в повітрі за досліджуваний період відмічено 19 вересня 2016 р. на метеостанції Новомиргород. Найраніша дата відрізняється від середньої за даними цієї ж метеостанції на 12 днів. Порівняння цієї дати з середньою по області вказує на відхилення у 18 днів, це максимум відхилення по області. Найраніші дати інших семи досліджуваних метеостанцій мають більш однорідний характер та відрізняються на 4-9 днів.

Найпізнішу дату останнього заморозку в повітрі восени відмічено в Помічній та Долинській 23 жовтня 2017 р.

8 жовтня 2015 р. спостерігалась найраніша дата останнього заморозку в повітрі восени в північно-західних та північно-східних районах області — метеостанції Новомиргород та Знам'янка. На

решті території області дати останнього заморозку в повітрі восени коливаються від 15 жовтня до 20 жовтня, тобто у II декаді жовтня. Порівняно з середніми, дати найпізнішого заморозку відрізняються на 5-16 днів. Найбільше відхилення відмічається на метеостанції Помічна — 16 днів, в Долинській — 15 днів, АМСЦ Кропивницький — 13 днів. В крайніх північно-східних та крайніх західних районах області (Світловодська ГМО та Гайворон) дати найпізнішого заморозку відрізняються на 10-11 днів відповідно. Різниця у 9 днів між датами найпізнішого та середнього заморозку восени спостерігається на метеостанціях Новомиргород та Бобринець. Мінімум відхилення — на метеостанції Знам'янка (5 днів).

Порівняння дати останнього заморозку в повітрі восени із середньою датою настання першого заморозку вказує різницю у 3-18 днів. Максимум виділяється в Помічній та Долинській (18 днів), тобто аналогічно відхиленню з середніми датами по метеостанціях. Найменше відхилення спостерігається в північно-східних та північно-західних районах області (Новомиргород та Знам'янка) — 3 дні. На решті території найпізніша дата останнього заморозку в повітрі восени відрізняється від середньої на 9-15 днів.

За датами закінчення заморозків навесні та початку їх восени визначається тривалість періоду без заморозків. Річний розподіл вказує на збільшення періоду без заморозків у 2016 р., мінімальна тривалість припадає на 2017 р. — 151 день.

За період дослідження на території Кропивницької області тривалість періоду без заморозків в середньому становила 170-190 днів. Найбільша тривалість спостерігається в крайніх північно-східних районах області, а саме в Світловодську — 188 днів, а найменша тривалість — в центральних (за даними АМСЦ Кропивницький) районах — 168 днів.

Встановлено, що найбільша тривалість безморозного періоду на території області спостерігалася в 2016 р. і склала від 194 до 202 днів.

У 2017 році, в зв'язку із пізніми заморозками, що відмічалися у ніч з 10 на 11 травня 2017 р. тривалість безморозного періоду значно відрізняється від попередніх років. Саме в 2017 році спостерігається найменша тривалість безморозного періоду. За даними АМСЦ Кропивницький та метеостанції Гайворон — 141 день. В Новомиргороді, Знам'янці та Бобринці тривалість пе-

ріоду без заморозків становила 144 дні. На решті території області це значення коливалося від 164 до 165 днів.

У роботі проведений аналіз відхилень характеристик виникнення заморозків у Кропивницькій області відповідно до середніх кліматичних показників за даними кліматичного кадастру України.

За даними Світловодської ГМО у період 2013-2017 рр. відмічається незначне відхилення у розкиді дат останнього заморозку — середня дата змістилася на 5 діб з 3 квітня за середньокліматичними показниками на 8 квітня. А в датах першого заморозку виділяються суттєві відмінності: середня дата першого заморозку змістилася на 10 діб у більш ранній строк — 11 жовтня, при цьому ранні заморозки почалися дещо пізніше — з 3 жовтня (кліматичні показники з 28 вересня), а найбільш пізня дата першого заморозку значно змістилася на ранній строк — до 20 жовтня у порівнянні з нормою 19 листопада. Таким чином, по станції Світловодськ скоротився період між найранішою і найпізнішою датою настання першого заморозку і склав лише 10 діб: 3-20 жовтня, тоді як середньокліматичні показники вказують на більший розкид дат — від 21 жовтня до 19 листопада. Отже, у Світловодську перші заморозки загалом стали формуватися раніше.

По станції Новомиргород подібна ситуація — у розподілі дат останнього заморозку навесні ще менші відхилення — у середньому на 3-4 доби, а настання перших заморозків істотно відрізняється від середніх показників. Так, середня дата перших заморозків у період 2013-2017 рр. змістилася на 10 діб на більш ранні числа — до 30 вересня (кліматична норма 9 жовтня); найбільш рання дата перших заморозків практично співпадає з середньокліматичним розподілом, а найбільш пізні настання перших заморозків змістилося майже на місяць на більш ранній календарний строк — до 8 жовтня (норма 10 листопада). Як результат, по станції Новомиргород перші заморозки в останні роки утворюються значно раніше.

Дослідження по станції Знам'янка вказують на зсув найранішої дати останнього заморозку біля двох тижнів на пізніші календарні строки — до 6 квітня (норма 24 березня) — останні заморозки в загальному почали відмічатися пізніше. Середня дата перших заморозків відмічається у більш ранній строк — 4 жовтня (норма 13 жовтня), при цьому зміщена найраніша дата перших заморозків на два тижні назад і найпізніша дата на місяць вперед. Таким чином, головна відмінність розподілу заморозків

у Знам'янці — початок настання перших заморозків спостерігається пізніше, а кінцевий строк першого заморозку більш ранній, при цьому значно зсуввся період між ранніми і пізніми датами формування першого заморозку — до 5 діб.

Формування останніх заморозків у Кропивницькому за середніми показниками співпадає, а ранні дати останніх заморозків зміщені на два тижні вперед і відмічаються 3 квітня (норма 23 березня); найбільш пізня дата останнього заморозку змістилася назад — до 11 травня (норма 24 травня). Перші заморозки відмічаються пізніше за ранніми датами — 30 вересня (норма 5 вересня), а найпізніші дати зміщені практично на місяць назад — тобто остання дата перших заморозків відмічається значно раніше (17 жовтня і 10 листопада відповідно).

За даними метеостанції Гайворон виокремлюються невеликі відхилення найбільш ранньої дати останніх заморозків вперед — 3 квітня при кліматичних показниках 28 березня, а найбільш пізня дата останнього заморозку має зсув назад — 11 травня при нормі 24 травня. Ранні заморозки мають типові (як для інших станцій області) відхилення: перші заморозки розпочинаються пізніше — з 30 вересня при кліматичній нормі 3 вересня, а найпізніше настання перших заморозків змістилося на 2 тижні назад — на 15 жовтня при нормі 2 листопада.

Для метеостанції Помічна останні заморозки в досліджуваній період відмічаються пізніше — з 3 квітня (норма 24 березня), найпізніші дати близькі до середньокліматичних. Восени середня дата перших заморозків більш рання — 8 жовтня при нормі 14 жовтня, найраніше заморозки стали спостерігатися з 30 вересня при нормі 17 вересня, тобто у більш пізні календарні строки; найпізніша дата перших заморозків знову суттєво змістилася назад — до 23 жовтня при середньокліматичних показниках 19 листопада.

По Долинській весняні заморозки відмічаються дещо пізніше — до 11 травня при нормі 6 травня. Осінні заморозки розпочинаються пізніше — з 28 вересня при нормі 17 вересня, а остання дата ранніх заморозків має великий зсув назад — до 23 жовтня (норма 10 листопада).

Подібний розподіл характеристик заморозкоутворення спостерігається у Бобринці: весняні заморозки закінчуються раніше — 11 травня при середньокліматичних даних 24 травня. А ранні заморозки мають відхилення, як у середніх датах настання — 6 жовт-

ня (норма 12 жовтня), так і у найбільш ранніх датах — з 30 вересня при нормі з 17 вересня, та, особливо, останній даті формування першого заморозку — 17 жовтня при нормі 9 листопада.

Таким чином, по Кропивницькій області у 2013-2017 рр. виділяється чітка тенденція відхилення характеристик перших заморозків восени. Зокрема, найпізніша дата настання ранніх заморозків 17 жовтня, а середньокліматичні показники змінюються по всіх станціях області в межах листопада (найпізніше 19 листопада). При цьому перші заморозки стали відмічатися пізніше — з 19 вересня при середніх показниках 27 вересня, а кліматичні дані вказують на першу дату заморозків 3 вересня. Отже, внаслідок регіональних змін клімату, а саме, підвищення температури у вересні і жовтні, перші заморозки по області розпочинаються пізніше, додатково суттєво скоротився період між найранішою і найпізнішою датою настання першого заморозку — практично місяць: 19 вересня - 17 жовтня, тоді як середньокліматичний розподіл мав розмах від 3 вересня до 19 листопада. Слід зазначити, що останні найбільш небезпечні заморозки навесні стали відмічатися в середньому раніше — до 11 травня, тоді як кліматичний розподіл виділяв дати до 24 травня.

Відмітимо, що для категоричних висновків і виділення закономірностей щодо зміни у розподілі дат перших і останніх заморозків необхідний більший часовий період дослідження.

Найбільші відхилення у середній тривалості безморозного періоду належать ст. Світловодськ — 188 днів при кліматичних показниках у 200 днів, тобто виділяється скорочення безморозного періоду. Проте у середині річного розподілу у 2016 р. середня тривалість в межах кліматичної норми, а максимальне скорочення безморозного періоду виділяється у 2017 р. — на 35 днів (показник 165 днів), що є нижчим і за найменшу кліматичну тривалість.

Новомиргород має середні показники, що відповідають кліматичним, за іншими станціями області середня тривалість безморозного періоду скоротилася на 4-6 днів, за виключенням Гайворона, де ця тривалість зросла на 1 день.

2017 р. демонструє значення тривалості безморозного періоду з найбільшим відхиленням від норми за всіма станціями області по скороченню середньої тривалості до 15 днів.

Зазначимо, що як мінімальну, так і максимальну тривалість безморозного періоду відповідно до середньокліматичних показ-

ників не досягнуто на жодній зі станцій області. Середня кліматична тривалість безморозного періоду загалом по області у 178 днів перевищена лише у 2014 і 2016 рр., з максимумом у 2016 р. — на 20 днів.

Література

1. Агрокліматичний довідник по Кіровоградській області (1986-2005 рр.) // МНС України; Кіровоградський ЦГМ / За ред. О. І. Юрченко, Т. І. Адаменко. — Одеса: Астропринт, 2011. — 212 с.
2. Клімат України / Під ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. — К.: Вид-во Раєвського, 2003. — 343 с.
3. Олексієнко І. М. Затула В. І. Оцінка впливу географічного положення на основі характеристики заморозку // Геополітика и екогеодинамика регионів. — 2014. — Т. 10, Вып. 1. — С. 777-782.
4. Олексієнко І. М. Кліматичний прогноз заморозку на території України // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2012, Вып. 263. — С. 66-80.

Лебеденко А. І., Недострелова Л. В.

ОСОБЛИВОСТІ ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ СНІГОВОГО ПOKPИВУ НА СТАНЦІЯХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. У будівництві та експлуатації різних споруд і доріг сніговий покрив є негативним чинником, що створює навантаження і замети. Однак сніговий покрив має велике позитивне значення в формуванні кліматичного і гідрологічного режимів. Дуже суттєва його роль в сільському господарстві нашої країни як фактору, що забезпечує зволоження ґрунту, а також захист від морозів озимих культур та інших сільськогосподарських рослин [1].

Сніговий покрив утворюється в результаті акумуляції снігу на ґрунті в процесі відкладення твердих опадів (сніжинки, крижаний дощ, іній і ожеледь), випадання дощу, коли більша частина опадів згодом замерзає, а також відкладення домішок. Структура, стратиграфія і геометричні характеристики снігового покриву вкрай мінливі в просторі і в часі. Така мінливість обумовлена безліччю факторів: великою різноманітністю метеорологічних умов під час випадання опадів і відразу після сніговідкладання (зокрема, характеристик вітру, температури і вологості

повітря); характером і частотою хуртовинних процесів у період сніговідкладання; метеорологічними умовами в періоди між снігопадами (у цьому випадку радіаційний обмін визначає зміна структури, щільності та оптичних властивостей снігового покриву, а вітрова діяльність може сприяти виникненню процесів сальтації і перевідкладення снігу, і також зміни його щільності і структури); характером процесів метаморфізму і абляції, які визначають зміну фізичних характеристик снігового покриву в порівнянні з характеристиками свіжовипавшого снігу; поверхневим рельєфом, фізико-географічними умовами та рослинним покривом [2].

У межах одного кліматичного району сніг з року в рік акумулюється певним, характерним для конкретних ландшафтних умов чином. При цьому рослинний покрив, контролюючи просторову мінливість снігового покриву, у свою чергу сам реагує на цю мінливість. Як приклад можна навести випадок, коли сніг падає на нерівну вільну від снігу поверхню з низькою рідкісною рослинністю. Цей сніг перерозподіляється, заповнюючи западини і відкладаючись на підвітряних ділянках, залишаючи оголеними відкриті ділянки. При подальшому снігопаді сніг розподіляється вже за умов більш гладкої поверхні. Таким чином відбувається згладжування ландшафту до тих пір, поки сніг не стане переноситися на величезні відстані перш, ніж почне акумулюватися. Зі сказаного можна зробити висновок про те, що характерний початковий порядок розподілу снігового покриву і характерні зміни його в часі можуть бути передбачені. При подібному характері випадаячих твердих опадів відмінності в рельєфі, рослинному покриві, метеорологічних умовах обумовлюють відмінності в характері розподілу снігового покриву; вплив різних типів лісів на акумуляцію снігу добре відомо. Часто навколо стовбурів дерев у сніговому покриві утворюються чашоподібні поглиблення, що виникають під впливом вітру і сонячної радіації. Товщина снігу поступово збільшується в міру віддалення від стовбурів, а за межами крони різко зростає, що вказує на наявність вертикальних рухів по периметру крони. На рух повітря навколо дерева роблять вплив процеси переносу, відкладення і затримання снігу. Мінливість розподілу снігу в лісових районах відіграє істотну роль у житті тварин. Тимчасова мінливість снігового покриву в значній мірі визначає його властивості, які роблять сніг специфічною частиною навколишнього середовища в холодних

районах. Механічні зміни дуже часто відбуваються в процесі відкладення, а метаморфічні процеси є в основному результатом змін температурного режиму снігового покриву.

Існують докази того, що сніговий покрив відіграє важливу роль у формуванні та зростанні льодовиків, наявність яких може викликати значні зміни глобального клімату. Внаслідок високого альбедо над великими територіями, тривалий час покритими сніговим покривом, можуть відбуватися тропосферні похолодання. При наявності інших сприятливих метеорологічних факторів таке похолодання служить причиною формування баричної улоговини у висотній циркуляції. Подібний характер висотних потоків підсилює тенденцію до пониження температури над великими покритими снігом територіями і до збільшення інтенсивності снігопадів поблизу їх південно-східних і східних кордонів [2].

Методика дослідження. Спостереження за сніговим покривом складаються з щоденних спостережень за зміною снігового покриву і періодичних снігозйомок. При щоденних спостереженнях за сніговим покривом визначають: ступінь покриття околиці станції сніговим покривом (бал); характер залягання снігового покриву на місцевості; структуру снігу; висоту снігового покриву на метеорологічному майданчику або на вибраній ділянці поблизу станції (см). Ступінь покриття снігом околиці станції, характер залягання снігового покриву і структура снігу оцінюються спостерігачем при візуальному огляді околиці станції відповідно до прийнятих шкал. Висота снігового покриву визначається на підставі вимірювань відстані від поверхні землі до поверхні снігового покриву [3, 4, 5, 6]. Снігомірні зйомки проводяться систематично багатьма метеорологічними станціями на полях і в лісі, а також в ярах. Вони проводяться протягом періоду, коли снігове покриття не менше половини площі видимого поля і площі лісової ділянки снігозйомки. При снігозйомках, крім висоти снігового покриву, визначаються щільність снігу (за допомогою плотноміра), а також товщина і розповсюдження крижаної кірки, стан поверхні ґрунту під снігом. За даними кожної снігозйомки (по висоті і щільності снігу) розраховується запас води в снігу (або вага снігового покриву). Останнім часом ступінь покриття поверхні землі сніговим покривом визначається за допомогою аерометодів. На підставі проведених спостережень отримують наступні кліматичні характеристики снігового покри-

ву: середні і крайні дати сходу снігового покриву; середня і максимальна за декаду висота снігового покриву; щільність снігу (свіжого, середня і максимальна); запас води в сніговому покриві (середній, максимальний, при максимальній висоті і різні дати). На підставі цих даних розраховуються ймовірні значення ваги снігового покриву (можливі раз в задане число років), за якими визначаються снігові навантаження на споруди. Для визначення перенесення ваги і обсягу сніговідкладень на дорогах, крім даних про сніговий покрив, використовуються дані тривалості хуртовин та швидкості вітру при заметілях [1].

Результати дослідження. У дослідженнях часової мінливості снігового покриву використовувалися дані щоденних спостережень за сніговим покривом на 8-ми метеорологічних станціях Кіровоградської області за період з 1996 по 2007 роки. Результати розрахунків наведено на рис. 1-8. З рис. 1 видно, що максимальна кількість днів зі сніговим покривом на станції Світловодськ спостерігалася в зимовий період 1999-2000, а також зимою 2002-2003 років, зі значеннями 109 і 112 відповідно. Мінімум (33 дні) має місце взимку 2000-2001 років.

На рис. 2 наведено часовий розподіл кількості днів зі снігом на станції Новомиргород. Максимальні значення спостерігалися в зимовий період 1998-1999 рр., а також 2002-2003 рр., зі значеннями 128 і 121 відповідно. Мінімальне значення складало 58 днів взимку 2000-2001 років.

На рис. 3 представлено полігон розподілу кількості днів зі снігом на станції Знам'янка. З рис. 3 видно, що максимум кількості днів має місце в період 1998-1999 рр. і складає 122 дні. Мінімальна кількість спостерігається в зимовий період 2000-2001 рр. зі значенням 23.

На рис. 4 наведено часовий розподіл кількості днів зі снігом на станції Кіровоград. Максимальні значення спостерігалися взимку 1998-1999 рр., а також в зимовий період 2002-2003 рр. 123 і 121 день відповідно. Мінімальне значення 51 день мало місце взимку 2000-2001 рр.

На рис. 5 побудовано полігон часового розподілу кількості днів зі сніговим покривом на станції Гайворон з 1996 по 2007 рр. З рис. 5 видно, що максимум складає 123 дні і спостерігається в зимовий період 1998-1999 рр. Мінімальне значення має місце взимку 2000-2001 рр. і становить 19 днів.

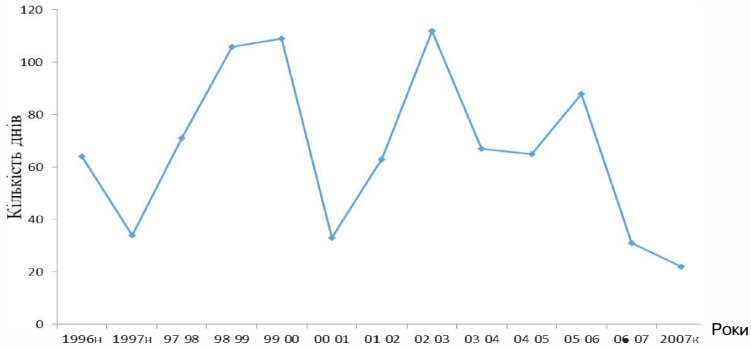


Рис. 1. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Світловодськ з 1996 по 2007 рр.

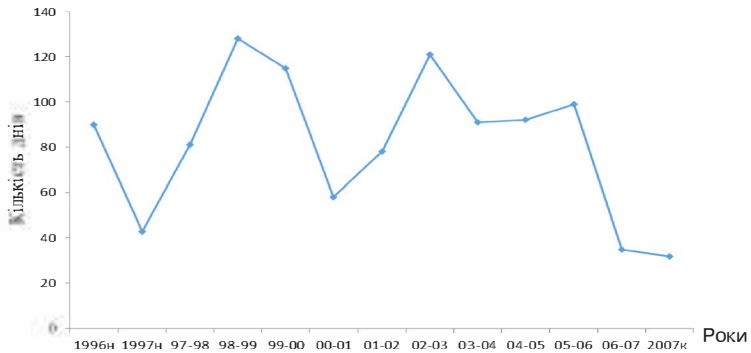


Рис. 2. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Новомиргород з 1996 по 2007 рр.

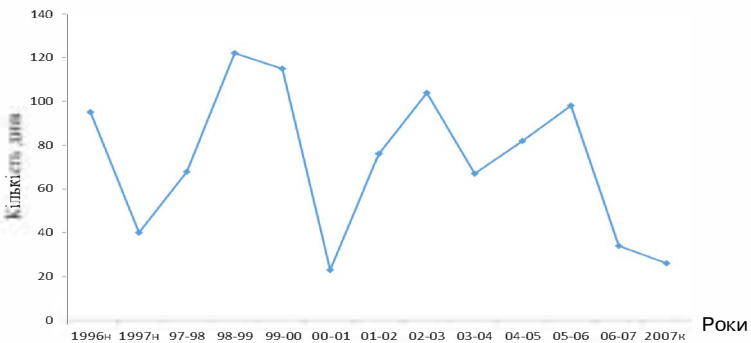


Рис. 3. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Знам'янка з 1996 по 2007 рр.

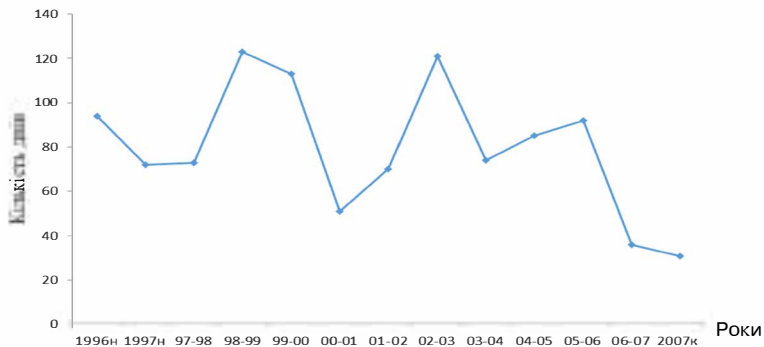


Рис. 4. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Кіровоград з 1996 по 2007 рр.

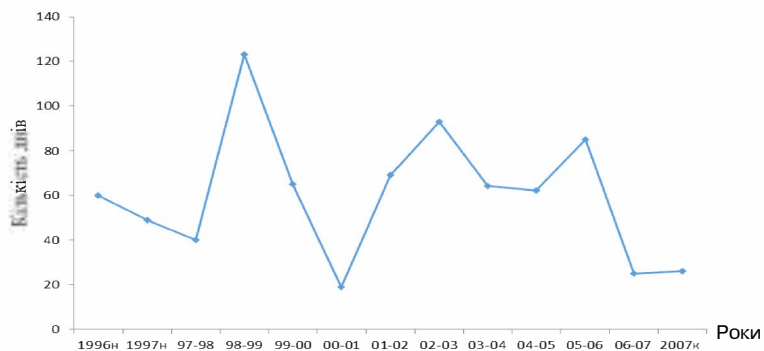


Рис. 5. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Гайворон з 1996 по 2007 рр.

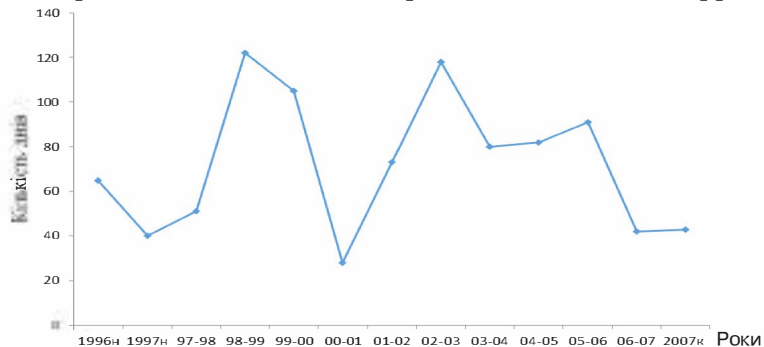


Рис. 6. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Помічна з 1996 по 2007 рр.

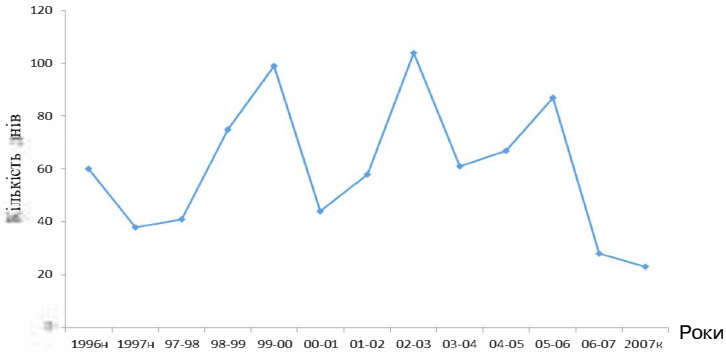


Рис. 7. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Долинська з 1996 по 2007 рр.

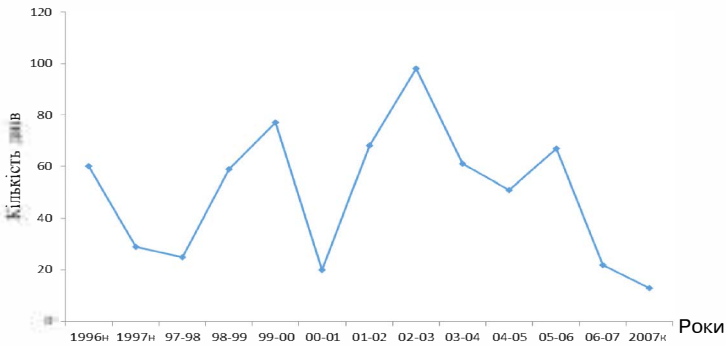


Рис. 8. Полігон часового розподілу кількості днів з сніговим покривом на станції Бобринець з 1996 по 2007 рр.

На рис. 6 представлено зміни кількості днів зі снігом для станції Помічна Кіровоградської області. Найбільші значення спостерігалися в період 1998-1999 рр., а також взимку 2002-2003 рр. 122 і 118 днів відповідно. Найменша кількість складає 28 днів в зимовий період 2000-2001 рр.

На рис. 7 побудовано часовий розподіл днів зі снігом на станції Долинська за період 1996-2007 рр. З рисунку видно, що максимальні значення кількості днів спостерігалися в зимовий період 1999-2000 рр., а також взимку 2002-2003 рр. і складали 99 і 104 дні відповідно. Мінімальне значення складало 44 дні в період 2000-2001 рр.

За рис. 8 можна бачити зміни кількості днів зі сніговим покривом на станції Бобринець. Найбільші значення становлять

98 днів і спостерігаються взимку 2002-2003 рр., мінімальне значення складає 13 днів і має місце в період 2000-2001 рр.

Висновки. Дослідження часової мінливості снігового покриву на станціях Кіровоградської області за період з 1996 по 2007 роки дає можливість зробити наступні висновки. Максимальна кількість днів зі сніговим покривом на дослідженій території спостерігається в зимові періоди 1998-1999 та 2002-2003 років. Мінімум кількості днів має місце взимку 2000-2001 років. Максимальна кількість днів зі сніговим покривом за весь період дослідження становить 1063 і 1035 на станціях Новомиргород і Кіровоград відповідно. Мінімальна — 650 днів спостерігається на станції Бобринець. Максимальна кількість днів зі сніговим покривом по всіх станціях складає 871 в зимовий період 2002-2003 років, а також 858 взимку 1998-1999 років. Мінімальне значення 276 в зимовий період 2000-2001 років.

Література

1. Заварина М. В. Строительная климатология. — Л.: Гидрометиздат, 1976. — 302 с.
2. Грей Д. М., Мейл Д. Х. Снег. Справочник. — Л.: Гидрометиздат, 1986. — 604 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. — Вып. 3, Ч. 1. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 301 с.
4. Врублевська О. О., Катеруша Г. П., Миротворська Н. К. Кліматична обробка окремих метеорологічних величин: навч. пос. — Одеса: ТЕС, 2004. — 150 с.
5. Недострелова Л. В. Часовий розподіл кількості днів зі сніговим покривом на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2009. — № 2(10). — С. 88-93.
6. Недострелова Л. В. Особливості розподілу снігового покриву на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2008. — № 4 (8). — С. 100-106.

Громенко Д. Є., Недострелова Л. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТА ІНТЕГРАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ СНІГОВОГО ПОКРИВУ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Сніговий покрив впливає на енергетичний і водний баланс поверхні Землі, так що правильне регулювання його має велике значення для сільського господарства, економіки в ціло-

му та екології. При випаданні снігу на земну поверхню змінюється її рельєф, текстура, схильність до ерозії і, що найважливіше, альbedo. Поверхня, покрита сухим чистим снігом, відбиває 80 % сонячної радіації. Для порівняння можна навести значення альbedo поверхонь, покритих луговою і ліською рослинністю, які становлять відповідно 15-30 і 15-18 %. Таким чином, випадання снігу має великий вплив на клімат, фауну і флору, енергообмін між поверхнею Землі і атмосферою. Танення снігу служить причиною весняних повеней і обумовлює більшу частину стоку в горах. Талі води переповнюють водойми і болота, інфільтруються в ґрунт і заповнюють запаси ґрунтових вод. У аридних районах вони використовуються для зволоження ґрунтів і створення запасів вологи для потреб сільського господарства. Природне регулювання снігового покриву відбувається внаслідок вітрового переносу снігу: сніг видаляється з відкритих місць і відкладається на захищених ділянках [1]. Оскільки сніговий покрив робить вирішальний вплив на кількість енергії, яка зберігається у вигляді тепла в атмосфері, на противагу тій, що повертається в простір, його поширення служить важливою змінною компонентою глобального енергетичного балансу, а отже, й світового клімату. Механізм циркуляції земної атмосфери надзвичайно складний. Тому важко охарактеризувати роль снігу як фактору, що впливає на глобальний клімат.

До основних факторів, що визначають характеристики снігового покриву, входять форма рельєфу і експозиція поверхні з різними тепловими властивостями і шорсткістю. У районах поширення снігового покриву найбільша товщина снігу характерна для підвітряного боку відкритих водних просторів і навітряних схилів, де снігонакопичення відбувається найбільш інтенсивно. Найменша товщина снігу спостерігається на невеликій висоті на підвітряних південних схилах, на яких найбільше ймовірні втрати снігу на танення. У разі пересіченої місцевості вплив вітру приводить до вкрай неоднорідного розподілу товщини снігового покриву. У числі фізико-географічних чинників, що роблять істотний вплив на варіації снігового покриву, необхідно відзначити висоту над рівнем моря, нахил, експозицію, шорсткість, а також оптичні та термічні властивості підстильної поверхні [1].

Методика дослідження. Фізичні параметри стану атмосфери та гідросфери, Землі складають гідрометеорологічну інформацію. Знання комплексу відповідних статистичних алгоритмів та

вміння правильно їх використовувати при аналізі цієї інформації допоможе рішення актуальних питань утворення, змінення та прогнозування гідрометеорологічних процесів. Ясно, що емпіричні дослідження в гідрометеорологічних науках мають першорядне значення. На їх основі встановлюються закономірності, які притаманні певним характеристикам атмосфери чи гідросфери. Гідрометеорологічна інформація має важливі особливості, які обумовлюються характером процесів, що спостерігаються в цих сферах Землі [2, 3]. Гідрометеорологічні дані — це кількісні характеристики стану атмосфери і гідросфери. Внаслідок значної мінливості у просторі і за часом фізичних параметрів атмосфери і гідросфери, для спостереження за їх станом з метою вивчення закономірностей процесів, що відбуваються, і, найголовніше, з метою їх прогнозування необхідні численні вимірювання стану цих середовищ. Відомо, що основним джерелом гідрометеорологічної інформації є результати термінових і спеціальних метеорологічних та гідрологічних спостережень і вимірювань, дані аерологічного зондування атмосфери, дані експедиційних досліджень і тому інше. Значення сукупності гідрометеорологічних величин у даний момент часу визначається станом атмосфери та гідросфери, який обумовлюється дією комплексу фізичних причин. Взагалі кажучи, основні гідрометеорологічні величини є неперервні величини. Гідрометеорологічні ряди можуть складатися не тільки з величин безпосередньо вимірних. Їх членами можуть бути і величини, які отримані в результаті узагальнювання первинних вимірювань чи спостережень. Таким чином, ряди гідрометеорологічних величин складаються з членів, кожний з яких є результатом чи безпосереднього вимірювання або спостереження, чи узагальнювання спостережень за деякий інтервал часу конкретного року.

Кожний фізичний параметр атмосфери чи гідросфери залежить один від одного, а також від зовнішніх впливів і випадковим чином змінюється за часом та у просторі, утворюючи випадкові поля або послідовності. Обробка і аналіз систем випадкових величин проводиться за допомогою спеціально розробленого апарату досліджень, що складає методи математичної статистики. Тому гідрометеорологічна інформація повинна задовольняти вимогам, котрі пред'являються до статистичної інформації [2, 3, 4, 5, 6].

Результати дослідження. В дослідженні використовувалися дані щоденних спостережень за сніговим покривом на метеороло-

гічних станціях Вінницької області за період з 1996 по 2007 роки. За даними про розподіл середньої висоти сніжного покриву було розраховано статистичні характеристики та побудовано диференціальний (табл. 1) та інтегральний (табл. 2) розподіли даної метеорологічної величини.

Таблиця 1.

Диференціальний розподіл середньої висоти снігового покриву на станціях Вінницької області
(чисельник — кількість днів, знаменник — %)

Висота, см	Білопілля	Вінниця	Гайсин	Жмеринка	Могилів-Подільський	Хмільник
0-10	611	674	552	522	489	556
	59	60	63	58	63	60
11-20	239	188	198	169	99	176
	23	17	23	19	13	19
21-30	112	82	104	154	65	146
	11	7	12	17	8	16
31-40	56	67	22	31	31	42
	6	6	2	3	4	5
41-50	11	68	3	21	92	8
	1	6	0	3	12	0
51-60	0	31	0	1	0	0
	0	3	0	0	0	0
> 60	0	10	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0

Таблиця 2.

Інтегральний розподіл середньої висоти снігового покриву на станціях Вінницької області

Висота, см	Білопілля	Вінниця	Гайсин	Жмеринка	Могилів-Подільський	Хмільник
0-10	0,59	0,60	0,63	0,58	0,63	0,60
0-20	0,82	0,77	0,86	0,77	0,76	0,79
0-30	0,93	0,84	0,98	0,94	0,84	0,95
0-40	0,99	0,90	1,00	0,97	0,88	1,00
0-50	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00
0-60	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0-70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Аналіз диференціального розподілу середньої висоти снігового покриву на станціях Вінницької області (табл. 1) показує, що в інтервалі 0-10 см максимальна кількість днів спостерігається на

станціях Гайсин та Могилів-Подільський та складає в обох випадках 63 %, а мінімальна кількість знаходиться на станції Жмеринка та становить 58 %. В інтервалі 11-20 см максимум днів припадає на станції Білопілля та Гайсин та становить 23 % на кожній станції, а мінімум знаходиться на станції Могилів-Подільський та складає 13 %. В інтервалі середньої висоти снігового покриву 21-30 см максимальна кількість днів має місце на станції Жмеринка та дорівнює 17 %, а мінімальна кількість спостерігається на станції Вінниця та становить 7 %. В інтервалі 31-40 см найбільша кількість днів припадає на станції Білопілля та Вінниця та складає в обох випадках 6 %, а мінімальна кількість знаходиться на станції Гайсин та дорівнює 2 %. В інтервалі 41-50 см максимум днів спостерігається на станції Могилів-Подільський та складає 12 %, а мінімальна кількість знаходиться на станціях Гайсин та Хмільник та складає 0 %. В інтервалі 51-60 см максимальна кількість днів має місце на станції Вінниця та складає 3 %, на інших станціях Вінницької області такі висоти снігового покриву не спостерігаються. Інтервал > 60 см також визначено тільки на станції Вінниця та складає 1 %.

Аналіз інтегрального розподілу середньої висоти снігового покриву на станціях Вінницької області (табл. 2) показує, що в інтервалі 0-10 см максимальна кількість днів спостерігається на станціях Гайсин та Могилів-Подільський та складає в обох випадках 63 %, а мінімальна кількість випадків знаходиться на станції Жмеринка та дорівнює 58 %. В інтервалі 0-20 см максимум днів припадає на станцію Гайсин та складає 86 %, а мінімальна кількість має місце на станції Могилів-Подільський та становить 76 %. В інтервалі 0-30 см найбільша кількість днів спостерігається на станціях Гайсин та Могилів-Подільський та складає в обох випадках 98 %, а мінімальна кількість знаходиться на станціях Вінниця та Могилів-Подільський та дорівнює 84 %. В інтервалі 0-40 см максимальна кількість днів має місце на станції Гайсин та Хмільник та складає в обох випадках 100 %, а мінімум знаходиться на станції Могилів-Подільський та складає 88 %. В інтервалі 0-50 см найбільша кількість днів спостерігається на станціях Білопілля, Жмеринка, Гайсин, Могилів-Подільський, Хмільник та складає в усіх випадках 100 %, а мінімальна кількість випадків знаходиться на станції Вінниця та становить 96 %. В інтервалі 0-60 см всі станції Вінницької області мають

100 %. Винятком є станція Вінниця, де інтегральна оцінка складає 99 %. В інтервалі 0-70 см всі станції регіону дослідження мають інтегральний розподіл висоти снігового покриву 100 %.

Висновки. Обробка та аналіз вихідних даних дали можливість дослідити статистичні характеристики розподілу середньої висоти снігового покриву на території Вінницької області. Диференціальний розподіл середньої висоти снігового покриву показує, що максимальна кількість днів доводиться на висоту снігового покриву від 0 до 10 см. З аналізу інтегрального розподілу середньої висоти снігового покриву слідує, що на всіх станціях досліджуваного регіону більш ніж в 90 відсотках випадків середня висота снігового покриву припадає на градацію 0-30 см.

Література

1. Грей Д. М., Мейл Д. Х. Снег. Справочник. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 604 с.
2. Школьній Є. П., Лоева І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. — Одеса, 1999.
3. Школьній Є. П., Гончарова Л. Д., Миротворська Н. К. методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): навч. пос. — Одеса, 2000. — 420 с.
4. Виленкин С. Д. Статистическая обработка результатов исследований случайных функций. — М.: Энергия, 1979.
5. Недострелова Л. В. Особливості розподілу снігового покриву на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2008. — № 4(8). — С. 100-106.
6. Недострелова Л. В. Статистичні характеристики розподілу середньої висоти снігового покриву на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2009. — № 2(10). — С. 85-88.

УДК 504.3.054

Чугай А. В., Базика Ю. В.

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Харківська область є однією з найбільших областей України по території, населенню та розвитку народногосподарського комплексу — це великий промисловий центр України, в якому представлені практично всі види економічної діяльності.

Забруднення атмосфери викидами автотранспорту посідає друге місце після енергетики за рахунок постійного збільшення кількості автотранспорту. Високі рівні забруднення атмосферного повітря м. Харків за рахунок пересувних джерел пояснюється, головним чином, експлуатацією технічно застарілого автомобільного парку, аварійним станом доріг, невідпрацьованими режимами швидкості дорожнього руху, особливо в центрі міста [1]. Тому питання оцінки рівня техногенного навантаження на повітряний басейн області є актуальною задачею.

Матеріали і методи досліджень. Метою роботи є оцінка рівня забруднення атмосферного повітря і техногенного навантаження на повітряний басейн Харківської області від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. В якості вихідних даних в роботі використані матеріали Регіональних доповідей, Екологічних паспортів та статистичної звітності про викиди забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферне повітря, дані моніторингових спостережень за 2012-2017 рр.

Для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків використано індекс забруднення атмосфери (ІЗА).

ІЗА окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{co}} \right)^{C_i} , \quad (1)$$

де C_i — константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості i -ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Вважається, що при $ІЗА \leq 1$ якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Комплексний ІЗА (КІЗА) — це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного n речовинами, що присутні в атмосфері міста. КІЗА розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{co}} \right)^{C_i} \right)_n , \quad (2)$$

де \bar{q} — осереднена за часом (місяць або рік), розрахована для поста, міста або групи міст концентрація i -ої домішки; i — домішка.

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою *KIZA* можна використати значення одиничних індексів *IZA* тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i \quad (3)$$

Величина I_5 менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 — слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 — забрудненій; від 12,6 до 22,5 — сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 — високо забрудненій; більше 52,5 — екстремально забрудненій атмосфері [2].

Для оцінки та аналізу рівня техногенного навантаження на повітряний басейн Харківської області було застосовано принцип розрахунку модуля техногенного навантаження (*МТН*). Він визначається як сума вагових одиниць всіх видів відходів (твердих, рідких, газоподібних) промислових, сільськогосподарських і комунальних об'єктів за часовий проміжок — 1 рік, віднесена до площі адміністративного району або області, в межах якої розташовані ці об'єкти, що вимірюються в тис. т/км² на рік [3]. Техногенне навантаження у переважній кількості випадків представлено значним переліком показників, що характеризують вплив на окремі компоненти довкілля, у т.ч. на повітряний басейн — це викиди ЗР в атмосферне повітря стаціонарними і пересувними джерелами забруднення (тис. т/рік). З урахуванням принципу визначення *МТН* було виконано оцінку рівня техногенного навантаження на повітряний басейн на основі розрахунку модуля техногенного навантаження на повітряний басейн ($M_{ПБ}$), який визначається як обсяг викидів ЗР в атмосферне повітря в тис. т/км² на рік.

Результати дослідження та їх аналіз. В роботі було проаналізовано офіційні дані про рівень антропогенного навантаження на атмосферне повітря Харківської області. На рис. 1 наведено динаміку зміни обсягів викидів ЗР від стаціонарних та пересувних джерел. Як видно, в період 2010-2014 рр. обсяги викидів від стаціонарних джерел переважали над пересувними. У 2015 р. ситуація змінилась. Слід відзначити різке зменшення викидів ЗР від стаціонарних джерел, починаючи з 2014 р. Відомості про обсяги викидів від пересувних джерел у 2016 р. відсутні через відсутність офіційної звітності.

На рис. 2 наведено відомості щодо обсягів викидів ЗР від стаціонарних джерел по містах Харківської області. Як видно, пе-

реважаюча кількість викидів ЗР відзначається у м. Харків. Друге місце посідають мм. Лозова і Первомайський. Також відзначається поступове зменшення викидів з 2014 р. у мм. Лозова і Чугуїв.

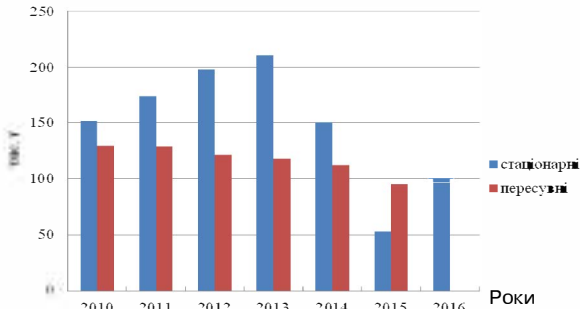


Рис. 1. Динаміка викидів ЗР в атмосферне повітря Харківської області [1; 4]

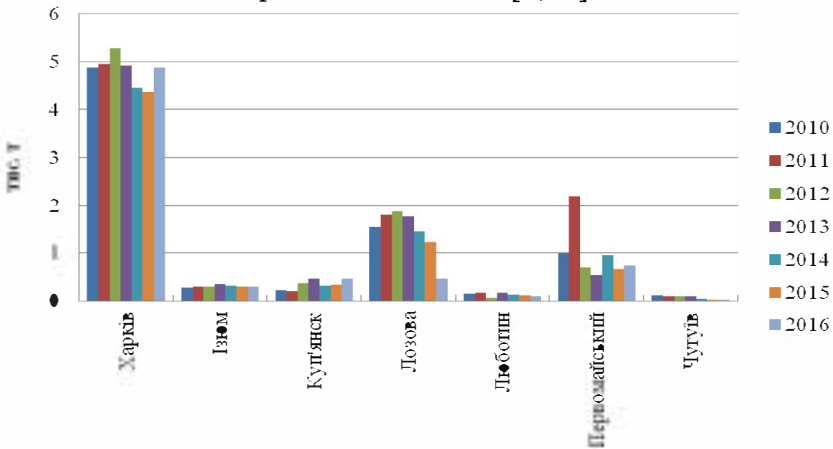


Рис. 2. Динаміка викидів ЗР в атмосферне повітря по основних містах Харківської області [1; 4]

Основними забруднювачами атмосферного повітря регіону серед стаціонарних джерел є особливо підприємства теплоенергетичної та нафтогазовидобувної промисловості, а саме Зміївська ТЕС ПАТ “Центренерго”, Філія “Теплоелектроцентральної” ТОВ “ДВ нафтогазовидобувна компанія”, ПрАТ “Харківська ТЕЦ-5”, АТ “Укргазвидобування” філія ГПУ “Шебелинкагазвидобування” [5].

На рис. 3 наведено відомості щодо обсягів викидів ЗР в Харківській області за видами економічної діяльності. Макси-

мальний внесок відзначається для підприємств добувної, переробної галузі і підприємств постачання електроенергії і газу.



Рис. 3. Обсяги викидів ЗР в атмосферне повітря Харківської області за видами економічної діяльності у 2017 р. [5].

Оцінка якості атмосферного повітря для Харківського регіону проводилася лише для м. Харків. Спостереження у місті за даними [4, 6-9] проводяться на 10 стаціонарних постах за концентраціями 10 ЗР. У табл. 1 наведено результати розрахунку ІЗА м. Харків окремими ЗР.

Аналіз табл. 1 показує, що єдиною речовиною, за якою відзначалися окремі перевищення нормативів, є оксид вуглецю. В цілому найбільші значення ІЗА відзначалися для таких речовин, як пил, оксид вуглецю, діоксид азоту, фенол, формальдегід і в окремі роки сажа.

На рис. 4 наведено динаміку зміни КІЗА м. Харків. Як видно, максимальне значення КІЗА відзначається у 2015 р. В цілому спостерігається збільшення рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків.

Таблиця 1.

Результати розрахунку ІЗА м. Харків

ЗР	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Пил	0,60	0,60	0,500	0,50	0,67
Діоксид сірки	0,10	0,10	0,500	0,10	0,14
Оксид вуглецю	0,63	0,63	4,260	1,00	1,03
Діоксид азоту	0,60	0,60	0,200	0,60	0,75
Оксид азоту	0,30	0,40	0,400	0,30	0,33
Фенол	0,41	0,41	0,003	0,52	0,59
Аміак	0,23	0,13	0,150	0,13	0,00
Формальдегід	0,75	0,52	0,013	0,87	0,59
Сірководень	0,00	0,00	0,002	0,00	–
Сажа	0,70	0,40	0,150	0,80	0,60

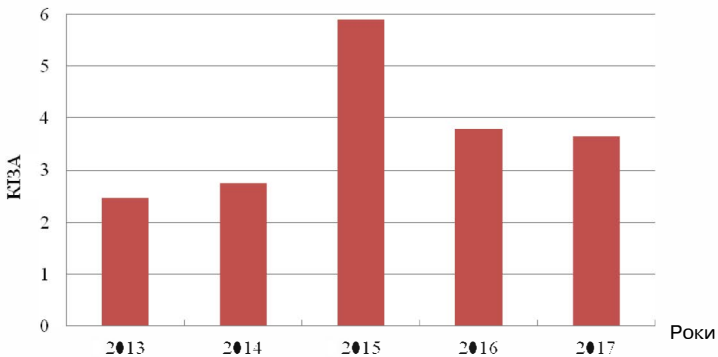


Рис. 4. Динаміка зміни ІЗА м. Харків у 2013-2017 рр.

Оцінка техногенного навантаження на повітряний басейн Харківської області виконувався за даними про викиди від стаціонарних і пересувних джерел по області, а також для м. Харків за даними про викиди від стаціонарних джерел з урахуванням відомостей про площі області і міста [17].

На рис. 5-6 наведено динаміку зміни показника $M_{ПВ}$ для Харківської області і м. Харків.

Аналіз наведених рисунків показує, що для Харківської області з роками навантаження від стаціонарних джерел зменшується порівняно з пересувними. Якщо порівнювати рівень техногенного навантаження від стаціонарних джерел по області і м. Харків, то показник $M_{ПВ}$ для м. Харків в 2-3 рази вище відповідного для Харківської області.

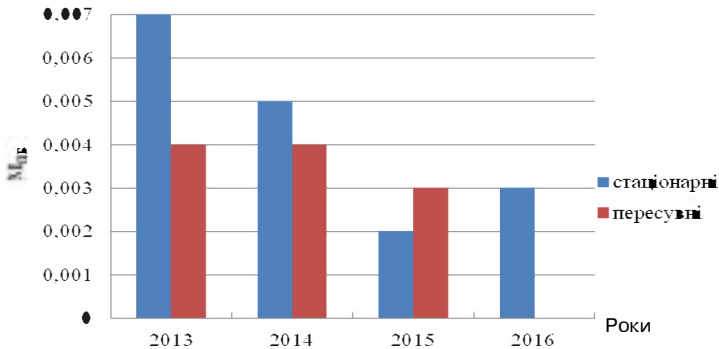


Рис. 5. Динаміка зміни M_{PB} Харківської області у 2013-2016 рр.

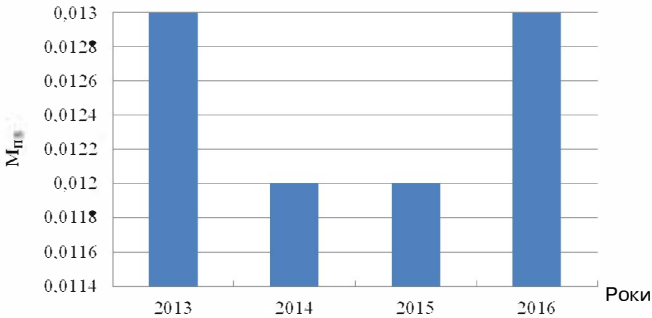


Рис. 6. Динаміка зміни M_{PB} м. Харків у 2013-2016 рр. (стаціонарні джерела)

Висновки. В роботі було проаналізовано рівень антропогенного навантаження на повітряний басейн Харківської області, а також виконано оцінку якості атмосферного повітря і рівня техногенного навантаження. В результаті можна зробити такі висновки:

1. Забруднення атмосфери викидами автотранспорту в регіоні посідає друге місце після енергетики. Основними забруднювачами серед стаціонарних джерел є підприємства теплоенергетичної та нафтогазовидобувної промисловості.
2. У м. Харків єдиною речовиною, за якою відзначалися окремі перевищення нормативів, є оксид вуглецю. В цілому найбільші значення *ІЗА* відзначалися для таких речовин, як пил, оксид вуглецю, діоксид азоту, фенол, формальдегід і в окремі роки сажа. Також спостерігається збільшення рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків.

3. Для Харківської області з роками навантаження від стаціонарних джерел зменшується порівняно з пересувними. Показник $M_{ПБ}$ по для м. Харків в 2-3 рази вище відповідного для Харківської області.

Отримані результати є частиною загальної роботи, яка буде присвячена оцінці і аналізу рівня техногенного навантаження на промислово-міські агломерації України.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2016 рік. — Харків, 2017. — 212 с.
2. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 116 с.
3. Адаменко О. М., Рудько Г. І. Екологічна геологія. — К.: Манускрипт, 1998. — 348 с.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2013 рік. — Харків, 2014. — 225 с.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2017 році. — Харків, 2018. — 207 с.
6. Екологічний паспорт Харківської області за 2016 рік. — Харків, 2017. — 190 с.
7. Екологічний паспорт Харківської області за 2014 рік. — Харків, 2015. — 188 с.
8. Екологічний паспорт Харківської області за 2015 рік. — Харків, 2016. — 204 с.
9. Екологічний паспорт Харківської області за 2017 рік. — Харків, 2018. — 156 с.
10. Електронний ресурс: URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/D0%A5%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C (дата звернення: 10.11.2018 р.)

ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВІТРЯНИЙ БАСЕЙН ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. На даний час проблема забруднення атмосферного повітря є особливо гострою для регіонів України. Він формується за рахунок викидів від стаціонарних та пересувних джерел забруднення.

Львівська область за даними Національної доповіді [1] в цілому не входить до переліку областей України з високим рівнем забруднення повітряного басейну.

Львівська область характеризується достатнім промисловим потенціалом. Територія Львівської, а також Івано-Франківської областей багата покладами самородної сірки. Тут розвідано близько 20 родовищ. Експлуатуються Роздольське, Подорожнянське, Язівське і Немирівське родовища, на базі яких функціонують Яворівське і Роздольське виробничі об'єднання "Сірка". Промислові поклади калійних солей знаходяться на території Львівської та Івано-Франківської областей. Розробляється Дрогобицьке родовище кам'яної солі у регіоні. Об'єкти паливно-енергетичного комплексу також присутні у Львівській області [2].

Матеріали досліджень. Метою роботи є загальна характеристика рівня антропогенного навантаження на повітряний басейн Львівської області. В якості вихідних даних в роботі використані матеріали Регіональних доповідей, Екологічних паспортів за 2013-2017 рр.

Результати дослідження та їх аналіз. Обсяги викидів забруднюючих речовин (ЗР) від стаціонарних джерел забруднення в атмосферне повітря Львівської області за 2017 р. становили 109,1 тис. т, що більше попереднього року на 5,8 %.

Найбільші обсяги викидів ЗР в атмосферне повітря мають підприємства постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (48,1 % від загальних викидів стаціонарними джерелами по області), добування кам'яного та бурого вугілля (33,5 %).

У районах та містах, де розташовані підприємства цих галузей, спостерігаються найвищі обсяги викидів в атмосферне повітря: Кам'янка-Бузький район (46,2 %), Сокальський район (22,0 %), м. Червоноград (12,2 %) та м. Львів (3,6 %) [3].

На рис. 1 наведено динаміку викидів ЗР в атмосферне повітря Львівської області у 2007-2016 рр. Як видно з наведеного рисунку, з 2008 по 2015 рр. відзначається зменшення обсягів викидів ЗР приблизно на 20 %. Це є наслідком зменшення викидів як від стаціонарних, так і від пересувних джерел рівномірно. Слід зазначити, що на відміну від інших областей Західної України, внесок обох видів джерел забруднення у Львівській області є майже однаковим.

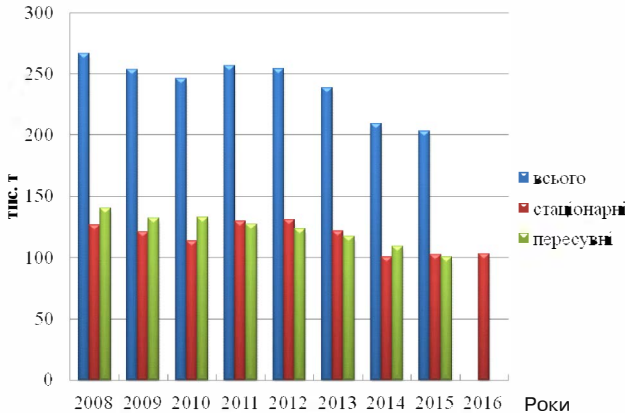


Рис. 1. Викиди ЗР в атмосферне повітря Львівської області у 2008-2016 рр. [4]

На рис. 2 наведено динаміку викидів ЗР від стаціонарних джерел по містах Львівської області. Як видно з рисунку, максимальні обсяги викидів, які перевищують на порядок викиди по інших містах регіону, відзначаються у м. Червоноград. Це є цілком закономірним, оскільки місто є одним з центрів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Слід відзначити зменшення обсягів викидів ЗР у м. Червоноград майже на 30 % з 2012 по 2016 рр.

До основних забруднювачів атмосферного повітря регіону відносяться: ПАТ “ДТЕК “Західенерго” (Добротвірська ТЕЦ), ДП “Львіввугілля”, Львівське відділення з видобутку нафти, газу та газового конденсату ГПУ “Полтава-газвидобування”, ПАТ “Жидачівський ЦПК”, ПАТ “Миколаївцемент” [4].

На рис. 3 наведено обсяги викидів ЗР від стаціонарних джерел в атмосферне повітря Львівської області по найпоширеніших речовинах.

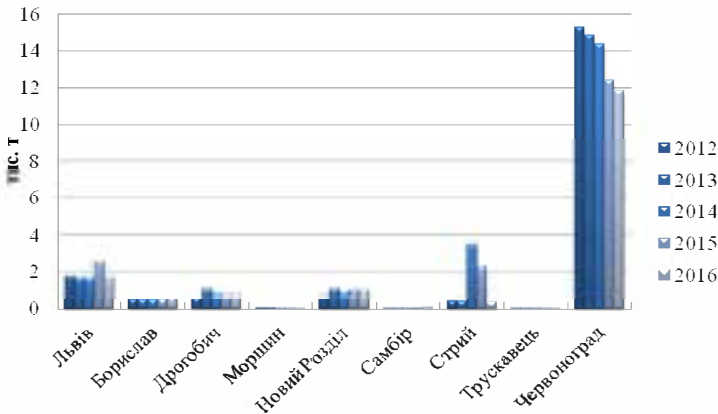


Рис. 2. Динаміка викидів ЗР від стаціонарних джерел по містах Львівської області [4].

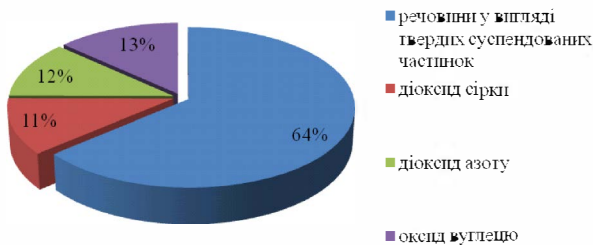


Рис. 3. Викиди ЗР в атмосферне повітря Львівської області по найпоширеніших ЗР, тис. т [4].

З рис. 3 видно, що максимальна кількість викидів потрапляє в атмосферне повітря у вигляді твердих суспендованих частинок. Викиди інших речовин, по яких є наявною інформація, за обсягами надходять приблизно у порівняних одиницях.

Висновки. В роботі було виконано аналіз антропогенного навантаження на повітряний басейн Львівської області за 2013-2017 рр. В результаті можна зробити такі висновки:

1. Найбільші обсяги викидів ЗР мають підприємства постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря, добування кам'яного та бурого вугілля. З 2008 по 2015 рр. відзначається зменшення обсягів викидів ЗР приблизно на 20 %. Це є наслідком зменшення викидів як від стаціонарних, так і від пересувних джерел рівномірно. Внесок обох видів джерел забруднення у Львівській області є майже однаковим.

2. По містах області максимальні обсяги викидів, які перевищують на порядок викиди по інших містах регіону, відзначаються у м. Червоноград, що є цілком закономірним, оскільки місто є одним з центрів Львівсько-Волинського кам'яно-вугільного басейну.
3. Максимальна кількість викидів потрапляє в атмосферне повітря у вигляді твердих суспендованих частинок. Викиди інших речовин (діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю) за обсягами надходять приблизно у порівняних одиницях.

Література

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. — К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С., 2017. — 308 с.
2. Електронний ресурс: URL: <http://studentbooks.com.ua/content/view/978/76/1/3/> (дата звернення: 4.01.2019 р.).
3. Екологічний паспорт Львівської області за 2017 рік. — Львів, 2018. — 227 с.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2016 році. — Львів, 2017. — 297 с.

УДК 504.3.054

Чугай А. В., Базика Ю. В., Терліна Д. В.

ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ЛЬВІВ

Вступ. За даними Національної доповіді [1], регіони Західної України в цілому не входять до переліку областей з високим рівнем забруднення атмосферного повітря за виключенням Івано-Франківської області

У Львівській області загальний рівень забруднення атмосферного повітря формують у рівних долях викиди від стаціонарних і пересувних джерел забруднення.

Матеріали і методи досліджень. Метою роботи є оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Львів.

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали Регіональних доповідей, Екологічних паспортів за якістю атмосферного повітря м. Львів за 2013-2017 рр.

Для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Львів використано індекс забруднення атмосфери (ІЗА).

ІЗА окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left(\frac{q}{ГДК_{co}} \right)^{C_i}, \quad (1)$$

де C_i — константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості i -ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Вважається, що при $ІЗА \leq 1$ якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Комплексний ІЗА (КІЗА) — це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного n речовинами, що присутні в атмосфері міста. КІЗА розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{co}} \right)^{C_i} \right)_n, \quad (2)$$

де \bar{q} — осереднена за часом (місяць або рік), розрахована для поста, міста або групи міст концентрація i -ої домішки; i — домішка.

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою КІЗА можна використати значення одиничних індексів ІЗА тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i \quad (3)$$

Величина I_5 менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 — слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 — забрудненій; від 12,6 до 22,5 — сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 — високо забрудненій; більше 52,5 — екстремально забрудненій атмосфері [2].

Результати дослідження та їх аналіз. У Львівській області спостереження проводяться у м. Львів на 4 стаціонарних постах (КВП № 1-4). У місті залежно від рівня забруднення атмосферного повітря виділяють 4 зони. Пости спостережень розташовані з урахуванням цих зон:

- КВП № 1 — вул. Юнаківа;
- КВП № 2 — вул. Городоцька, 211;
- КВП № 3 — вул. Соборна, 11;
- КВП № 4 — вул. Зелена, 301.

Для оцінки якості атмосферного повітря м. Львів були використані дані, наведені у [3-7]. Спостереження проводились за вмістом 7 забруднюючих речовин (ЗР): пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фтористий водень і формальдегід.

На рис. 1 наведено значення одиничних ІЗА м. Львів у 2013-2017 рр. З рисунку видно, що максимальні значення ІЗА відзначаються для формальдегіду, мінімальні — діоксиду сірки і фтористого водню. Вміст пилу, діоксиду сірки, оксиду вуглецю і діоксиду азоту за період дослідження дещо зменшився, а фтористого водню і формальдегіду — значно збільшився.

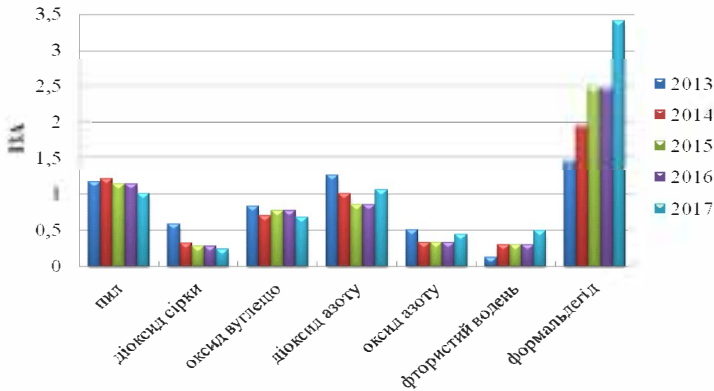


Рис. 1. Значення ІЗА м. Львів окремими ЗР у 2013-2017 рр.

Для розрахунку КІЗА у всі роки враховувались такі речовини, як пил, оксид вуглецю, діоксид азоту і формальдегід. П'ята речовина кожного року змінювалась. На рис. 2 наведено графік зміни КІЗА м. Львів. Аналіз наведеного рисунку показує, що за період дослідження відзначається збільшення значення КІЗА за рахунок збільшення, в першу чергу, концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі більше, ніж в 2 рази.

Отримані результати дозволяють виконати класифікацію рівня забруднення атмосферного повітря м. Львів згідно з методикою (табл. 1).

Таблиця 1.

Класифікація рівня забруднення атмосферного повітря м. Львів

Рік	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.
КІЗА	5,28	5,17	5,54	5,54	6,63
Рівень забруднення	слабко забруднена	слабко забруднена	слабко забруднена	слабко забруднена	слабко забруднена

З табл. 1 видно, що рівень забруднення атмосферного повітря м. Львів можна класифікувати категорією “слабко забруднена”.

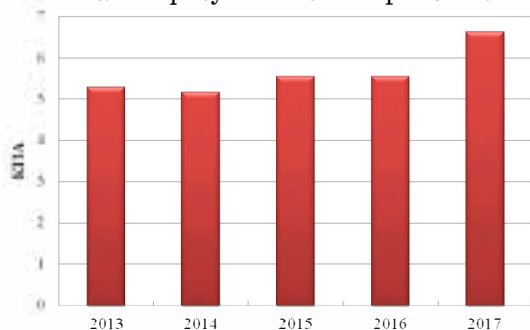


Рис. 2. Значення КІЗА м. Львів у 2013-2017 рр.

Висновки. В роботі було виконано оцінку якості атмосферного повітря м. Львів за 2013-2017 рр. Так, максимальні значення ІЗА відзначаються для формальдегіду, мінімальні — діоксиду сірки і фтористого водню. Відзначається збільшення значення КІЗА за рахунок збільшення, в першу чергу, концентрацій формальдегіду. Рівень забруднення атмосферного повітря м. Львів характеризується категорією “слабко забруднена”.

Література

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. — К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С., 2017. — 308 с.
2. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 116 с.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2013 році. — Львів, 2014. — 274 с.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2014 році. — Львів, 2015. — 288 с.
5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2015 році. — Львів, 2016. — 299 с.
6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2016 році. — Львів, 2017. — 297 с.

7. Екологічний паспорт Львівської області за 2017 рік. — Львів, 2018. — 227 с.

Данілова Н. В., Ніколаєва А. М.

ВПЛИВ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ПРОСА В ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Вступ. В даний час під агрокліматичними ресурсами розуміються кліматичні можливості територій для отримання сільськогосподарської продукції. У зв'язку з цим відповідними характеристиками агрокліматичних ресурсів є дані про продуктивність і врожайність культур в залежності від показників клімату. Однак, адекватне вираження агрокліматичних ресурсів при такому підході досить складне, оскільки фактори погоди впливають на рослини безперервно і комплексно, а результат впливу залежить від фізіологічних параметрів самих рослин і ценотичних взаємодій в агрофітоценозах [1; 3].

Заходи щодо підвищення ефективності рослинництва повинні бути спрямовані на забезпечення максимально можливого врожаю в існуючих ґрунтових, кліматичних та економічних умовах. Прагнення до 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 [1; 2; 4].

Опис об'єктів і методів досліджень. Були використані дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Української Гідрометслужби. Аналіз метеорологічних умов проводився за міжфазними періодами і сполученими метеорологічним і агрометеорологічними даними на прикладі станції Губиниха Дніпропетровської області за 25 років з 1981 по 2005 рік.

Опис і аналіз результатів. Основним фактором, який визначає швидкість проростання насіння і появи сходів є тепло і волога. При надлишку вологи в ґрунті, швидкість розвитку в основному визначається тепловим чинником. Умови зволоження характеризуються сумою опадів і запасами продуктивної вологи в ґрунті.

Розглянемо агрометеорологічні умови вирощування проса по періодам вегетації.

Сівба - сходи. Середня багаторічна дата сівби проса припадає на 11 травня, сходи з'являються 23 травня через 13 днів після сівби. Терміни сівби спостерігаються від 24 квітня до 28 травня. Терміни появи сходів також відрізнялися різкими коливаннями, найраніша дата появи сходів спостерігається 8 травня, а найпізніша дата спостерігалася 8 червня. Тривалість міжфазного періоду склала в середньому 13 днів, найбільша тривалість періоду — 16 днів, а найменша — 11 днів.

Забезпеченість теплом міжфазного періоду характеризується сумою активних температур при підрахунку суми ефективних температур, за біологічний мінімум прийнято 10 °С. Середня сума активних температур за 25-річний період склала 223 °С, найбільша сума за цей же період — 369 °С, а найменша — 131 °С. Середня сума ефективних температур за період сівба - сходи склала 82 °С, найбільша сума ефективних температур за цей же період складала 158 °С, найменша сума ефективних температур склала 64 °С.

Для аналізу режиму зволоження і вологозабезпеченості проса були розраховані показники ресурсів вологи і вологозабезпеченості рослин. Аналіз цього періоду показує, що в середньому багаторічному кількості опадів, що випали не перевищує 31 мм. Найбільша кількість опадів за період складає 104 мм, а мінімальна становить 6 мм. Були також визначені запаси продуктивної вологи у % від НВ в шарі ґрунту 0-100 см. У 0-100 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи у % від НВ склали в середньому 74 %.

Сходи - викидання волоті. Найважливішою умовою для нормального росту проса в період сходи - викидання волоті є достатнє зволоження і гарний термічний режим.

Сходи в середньому спостерігаються 23 травня. Ранні строки сходів спостерігаються 8 травня, а пізні — 8 червня. Дата вики-

дання волоті в середньому багаторічному спостерігається 8 липня, тобто через 43 дні від дати сходів. Ранні терміни дати викидання волоті спостерігаються 18 червня, а пізні — 28 липня.

Середня сума активних температур за 25-річний період склала 666 °С, найбільша сума активних температур за цей же період склала 909 °С, а найменша 595 °С. Середня сума ефективних температур за період сходи - викидання волоті становить 348 °С. Найбільша сума ефективних температур за цей же період склала 390 °С, а найменша — 260 °С. На досліджуваній території середня температура повітря становила — 18 °С, найбільша — 22 °С, найменша температура повітря дорівнювала 16 °С.

Сума опадів за період сходи - викидання волоті в середньому багаторічному становить 81 мм. У 0-100 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи у % від НВ склали в середньому 66 %.

Викидання волоті - повна стиглість. Викидання волоті в середньому спостерігалось 8 липня. Терміни фази повна стиглість коливаються від 25 липня до 11 серпня, середня дата повної стиглості спостерігалася 18 серпня. Тривалість міжфазного періоду склала в середньому 46 днів, найбільша тривалість періоду склала 58 днів, а найменша — 30 днів.

Середня сума активних температур за 25-річний період склала 906 °С, найбільша — 1107 °С, найменша — 606 °С. Середня сума ефективних за досліджуваний період склала 469 °С, найбільша — 545 °С, а найменша — 306 °С. Середня температура повітря за період склала 19,9 °С, найбільша середня температура повітря складала 22,8 °С, а найменша — 17,0 °С.

Кількість опадів за період викидання волоті - повна стиглість в середньому багаторічному становить 112 мм. У 0-100 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи у % від НВ склали в середньому 54 %.

Сівба - повна стиглість. Вегетаційний період включає в себе дату сівби і дату повної стиглості. З 1981 і по 2005 роки середня дата сівби спостерігалася 11 травня, а середня дата повної стиглості за вегетаційний період спостерігалася 18 серпня. Тривалість вегетаційного періоду коливалася від 78 до 121 дня, в середньому склала 103 дні.

Сума активних температур за період вегетації складає в середньому 1795 °С. Сума ефективних температур в середньому становить 899 °С. Середня температура повітря за вегетаційний період становить 18,2 °С.

Кількість опадів, що випали в середньому складають 216 мм. У 0-100 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи у % від НВ склали в середньому 68 %. Дефіцит вологості повітря в середньому за вегетаційний період проса становить 710 мм. Вологопотреба проса за вегетаційний період в середньому становить 562 мм, вологоспоживання — 339 мм, а вологозабезпеченість 60 %.

На досліджуваній нами території врожайність проса складала в середньому 14,7 ц/га. За 25-річний період врожайність коливається в межах 3,7 ц/га до 24,9 ц/га.

При дослідженні взаємозв'язків різних явищ часто буває необхідно встановити залежності між двома змінними. Найбільш поширені лінійні зв'язки між двома величинами, які добре вивчені за допомогою математичної статистики.

Функціональною залежністю між двома випадковими величинами називається така залежність, коли можливого значенням однієї випадкової величини відповідає тільки одне значення другої.

Перед розрахунком кореляційних рівнянь, знаходженням коефіцієнтів регресії і показників тісноти зв'язку проводять первинний аналіз, систематизацію наявного матеріалу спостережень і його статистичну обробку [6].

В результаті статистичної обробки матеріалів спостережень за станом посівів культури проса і метеорологічними умовами в Дніпропетровській області були знайдені коефіцієнти кореляції між наступними залежностями (табл. 1): врожайність (Y , ц/га) — від запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 см (W_{0-20} , мм) під час сівби; врожайність (Y , ц/га) — від запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100} , мм) за критичний період; врожайність (Y , ц/га) — від суми опадів ($\sum R$, мм) за критичний період; врожайність (Y , ц/га) — від суми ефективних температур ($\sum T_{\text{эф.}}$, °C) за вегетаційний період; врожайність (Y , ц/га) — від суми активних температур ($\sum T_{\text{акт.}}$, °C) за вегетаційний період; врожайність (Y , ц/га) — від запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см (W_{0-100} , мм) за вегетаційний період; врожайність (Y , ц/га) — від суми опадів ($\sum R$, мм) за вегетаційний період.

Висновки. З вищесказаного можна зробити висновок, що умови зволоження характеризуються сумою опадів і запасами продуктивної вологи в ґрунті і є лімітуючими факторами для вирощування проса в Дніпропетровській області.

Таблиця 1.

Значення коефіцієнтів кореляції

№	Досліджувана залежність	Коефіцієнти кореляції
1	$Y - W_{0-20}$ за період сівба-сходи	0,67
2	$Y - W_{0-100}$ за критичний період	0,89
3	$Y - \sum R$ за критичний період	0,77
4	$Y - \sum T_{эф}$ за вегетаційний період	0,61
5	$Y - \sum T_{акт}$ за вегетаційний період	0,56
6	$Y - W_{0-100}$ за вегетаційний період	0,85
7	$Y - \sum R$ за вегетаційний період	0,83

Література

1. Алпатьев С. М. Водопотребление и режим орошения сельскохозяйственных культур // Мелиорация на Украине. — К.: Урожай, 1986. — С. 201-207.
2. Борисова О. А. Оценка снижения урожайности сельскохозяйственных культур с использованием трендов специального вида // Труды ВНИИСХМ. — 1987. — № 22. — С. 63-72.
3. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 175 с.
4. Просвиркина А. Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 23 с.
5. Справочник агрогидрологических свойств почв Украинской ССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 387 с.
6. Уланова Е. С. Методы статистического анализа в агрометеорологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1968.

Ільїна А. О., Польовий А. М.

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ
НА РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ВІВСА
В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

Вступ. Овес є однією з основних сільськогосподарських культур, яка вирощується в умовах Півдня України. Цінність цієї культури полягає у її зернофуражних функціях, а також як продовольчої культури. Особливістю її вирощування є досить висока потреба у волозі, цей фактор виступає як лімітуючий. В умовах півдня України важливим є забезпечення вівсу вологою та мінеральним живленням, тому дуже важливим є питання

оцінки впливу цих факторів на якісні та кількісні характеристики цієї культури.

Характерною особливістю вівса є розтягнутий період споживання елементів живлення. Він добре реагує на азотні добрива. З урожаєм 1 ц зерна (з урахуванням соломи) рослини вівса виносять з ґрунту 3-4 кг азоту, 1-1,5 кг фосфору, 2,5-3 кг калію. Овес добре використовує післядію органічних добрив, тому його висівають другою або третьою культурою після їх внесення. Позитивно овес реагує на внесення мінеральних добрив на всіх ґрунтах. Середні дози фосфорних і калійних добрив під овес в умовах Півдня України вносять у наступних кількостях (фосфорних — 152,2, калійних — 110,4 діючої речовини, азотних — 170,1 діючої речовини). Вносять їх під основний обробіток ґрунту або під весняну культивуацію.

Мета роботи. Метою роботи є оцінка впливу мінерального живлення на ріст та розвиток вівсу за допомогою математичного моделювання, що є найсучаснішим методом дослідження в агроекологічній науці.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є посіви вівсу в умовах Херсонської області.

Вихідні данні. Для моделювання впливу рівня мінерального живлення на ріст та розвиток вівса в умовах Херсонської області використано інформацію про вміст основних складових мінеральних добрив у ґрунтах районів Херсонської області за 2013 рік.

Методи дослідження. Для моделювання впливу мінерального живлення на ріст та розвиток вівса було використано математичну модель, яка наведена у [3]. Приймається, що формування фонду вільного азоту на кожному часовому кроці йде за рахунок поглинання азоту з ґрунту, продуктів розпаду тканин і витрат на відновлення життєдіяльних структур тканин:

$$\frac{dN_{lab}}{dt} = N_{abs} + N_{hyd} - N_{sen}, \quad (1)$$

де N_{lab} — фонд вільного азоту; N_{abs} — кількість поглиненого з ґрунту азоту; N_{hydr} — кількість азоту, що утвориться при розпаді білка; N_{sen} — витрати на відновлення білка.

Процес поглинання азоту рослиною з ґрунту йде активним шляхом і пасивним — виносом азоту з транспіраційною течією:

$$\frac{dN_{abs}}{dt} = \frac{N_{abs}^{max} \bar{N}_{s.r.} m_r^n}{K_{abs}^N + \bar{N}_{s.r.}} K_{abs}^N (T_s) + T \bar{N}_{s.w.}, \quad (2)$$

де N_{abs}^{max} — максимальна швидкість поглинання азоту коренем; $\bar{N}_{s.r.}$, $\bar{N}_{s.w.}$ — концентрація азоту відповідно на поверхні коріння і в ґрунтовому розчині; K_{abs}^N — константа Міхаеліса-Ментен; $K_{abs}^N(T_s)$ — функція впливу температури ґрунту на швидкість поглинання азоту коренем.

Результати дослідження. Для аналізу вмісту основних мікроелементів у ґрунтах Херсонської області були використані данні за 2013 рік (рис. 1-3).

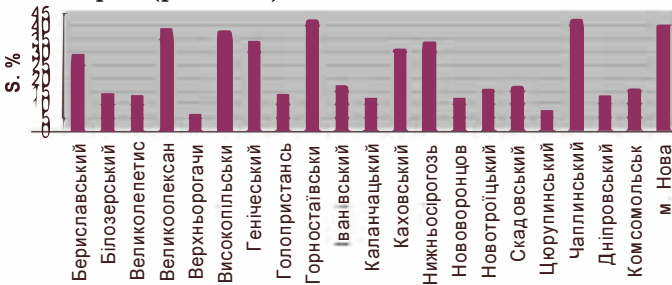


Рис. 1. Вміст азоту у ґрунтах Херсонської області

Аналізуючи діаграму, видно, що максимальне значення вмісту азоту у ґрунтах Херсонської області становить 42,3 % (Горностаївський район), мінімальне значення — 6,3 % (Верхньорогачицький район). Середнє значення для всіх районів складає 23,3 %.

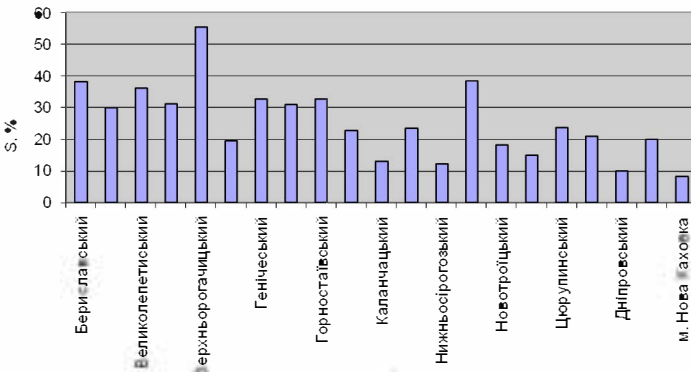


Рис. 2. Вміст фосфору у ґрунтах Херсонської області

Аналізуючи діаграму, видно, що максимальне значення вмісту фосфору у ґрунтах Херсонської області становить 55,2 % (Верхньорогачицький район), мінімальне значення — 8,3 % (м. Нова Каховка). Середнє значення для всіх районів складає 25,3 %.

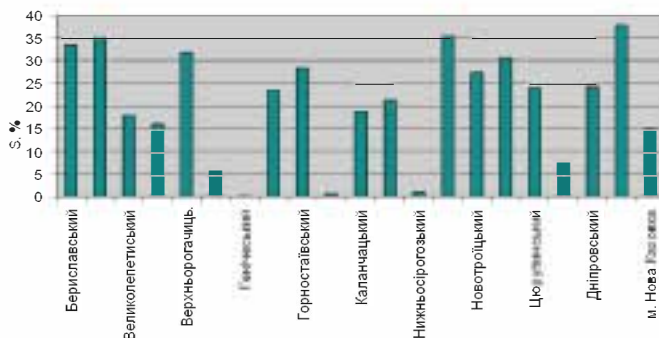


Рис. 3. Вміст калію у ґрунтах Херсонської області

Аналізуючи діаграму, видно, що максимальне значення вмісту калію у ґрунтах Херсонської області становить 37,8 % (Комсомольський район), мінімальне значення — 0,2 % (Генічеський район). Середнє значення для всіх районів складає 20,7 %.

За допомогою наведеної вище математичної моделі було розраховано вплив мінеральних добрив на вміст основних важких металів у ґрунтах Херсонської області, на яких вирощувався овес. При цьому розглянуто різні варіанти внесення добрив. Розглянуто основні типи ґрунтів, на яких вирощується дана культура, до них відносяться чорноземи південні та чорноземи звичайні. Отримані результати наведено у табл. 1-2.

Таблиця 1.

Вплив добрив на вміст важких металів на чорноземі звичайному в шарі 0-50 см, мг/кг

Варіант	Hg	Ni	Cu	Zn	Pb
Контроль	1,25	5,6	4,3	5,90	16,1
P_{80}	1,61	5,3	3,9	6,10	16,6
P_{150}	1,37	5,3	3,9	6,40	16,6
$N_{90}P_{80}$	1,62	5,9	4,2	6,50	16,8
Гній – 40 т	1,25	6,2	4,0	6,50	16,5
$N_{80}P_{100}K_{50}$	1,68	5,8	3,7	6,60	17,9
Середнє по варіантах з добривами	1,46	4,9	4,0	6,34	16,8

Виходячи з отриманих результатів, при збільшені норми внесення мінеральних добрив практично по всім важким металам отримано збільшення їх вмісту у ґрунтах під посівами вівса. По чисельним значення найбільша кількість отримана для свинцю на обох типах ґрунтів, при цьому перевищення ГДК не спостерігається (ГДК для свинцю складає 30 мг/кг ґрунту) [3].

Таблиця 2.

Вплив добрив на вміст важких металів на чорноземі південному в шарі 0-50 см

Варіант	Hg	Ni	Cu	Zn	Pb
Контроль	1,10	4,8	3,9	5,4	17,1
<i>P</i> ₈₀	1,08	5,8	3,9	6,1	15,9
<i>P</i> ₁₅₀	0,88	6,5	3,6	6,1	18,1
<i>N</i> ₉₀ <i>P</i> ₈₀	1,00	4,9	3,9	5,9	19,2
Гній – 40 т	1,15	5,9	4,0	6,1	16,0
<i>N</i> ₈₀ <i>P</i> ₁₀₀ <i>K</i> ₅₀	1,19	4,8	3,6	6,2	16,9
Середнє по варіантах з добривами	1,07	5,5	3,8	5,9	17,2

При порівнянні отриманих характеристик для розглянутих типів ґрунтів можна відзначити зменшення вмісту важких металів у чорноземі південному у порівнянні з чорноземом звичайним по більшості важких металів.

В цілому істотних змін кількостей важких металів в ґрунті при внесенні доз добрив не сталося, проте деякі тенденції можна відзначити. Практично не змінився вміст у ґрунті міді, свинцю.

Стійке і математично достовірне підвищення вмісту на обох типах ґрунтів відмічено при збільшені норми внесення кількостей мінеральних добрив. Важливий резерв для того, що збалансувало живлення, це підбір попередників сільськогосподарських культур, правильне визначення їх місця в сівозміні, а також місця для внесення добрив.

Математичне моделювання дозволяє визначити можливість оцінки ступеню рухливості мікроелементів у ґрунті під будь-якою сільськогосподарською культурою. У рамках роботи було виконано оцінку рухливості деяких мікроелементів у чорноземі звичайному в умовах Херсонської області під посівами вівса (табл. 3). При цьому розглядався метровий шар ґрунту, у якому саме спостерігається максимальна рухливість мікроелементів.

Таблиця 3.

Рухливість у чорноземі звичайному

Шар ґрунту, см	Вміст мікроелементів в ґрунті			Відношення кількості рухомих форм мікроелементів до валових запасів, %		
	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu
0-20	0,23	23,7	0,33	0,32	2,79	0,86
20-40	0,25	25,8	0,26	0,33	3,02	1,01
40-60	0,31	24,8	0,32	0,46	3,12	1,13
60-80	0,42	25,6	0,30	0,53	3,39	1,47
80-100	0,51	27,6	0,34	0,70	3,46	2,00
0-100	0,34	25,5	0,31	0,46	3,15	1,29

Висновки. При періодичному вживанні фосфорних добрив їх треба вносити під культури, що менш гостро реагують на недолік мікроелементів, до яких саме відноситься овес.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області у 2013 році. — Херсон, 2014.
2. Ефимов В. Н., Донских И. Н., Царенко В. П. Система при-менення удобрень. — М.: Колос, 2002. — 320 с.
3. Писаренко В. Н., Писаренко П. В., Писаренко В. В. Агроэкология. — Полтава, 2008. — 408 с.
4. Лаврик В. І., Боголюбов В. М., Полетаєва Л. М., Юрасов С. М., Ільїна В. Г. Моделювання і прогнозування стану довкілля: навч. пос. — К.: Академія, 2010. — 397 с.

Костюкевич Т. К., Бортник М. В.

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ОЗИМОГО ЖИТА В ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ В ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ ПЕРІОД ВЕГЕТАЦІЇ

Озиме жито, незважаючи на певні негативні явища, було і є однією з найцінніших продовольчих та фуражних культур в Україні. На відміну від пшениці озимої, жито є менш вибагливим до ґрунтових умов, може рости за підвищеної кислотності ґрунту. Кореневі волоски жита здатні засвоювати з ґрунту важкорозчинні мінеральні сполуки. Також, жито має вищу стійкість до морозів та бур'янів, хвороб і шкідників, високу екологічну

пластичність, може вирощуватися після гірших попередників. Усе це ставить озиме жито в ряд особливо цінних сільськогосподарських культур сьогодення [1].

Весняно-літній період вегетації рослин озимого жита характеризується, в основному, формуванням генеративних органів. У цей період ріст, розвиток та продуктивність його залежать від ряду агрометеорологічних факторів: температури повітря, запасів продуктивної вологи в ґрунті, опадів, сонячної радіації, вологості повітря, вітру, різних атмосферних явищ (туману, роси) та ін. Чотири перших вважають основними, інші лише в деяких випадках суттєво впливають на формування врожаю.

Під час розвитку рослини озимого жита проходять послідовно ряд між фазних періодів. Наступ та тривалість кожного з них залежить від комплексу агрометеорологічних умов.

В весняно-літній період у озимого жита спостерігаються наступні фази розвитку: поновлення вегетації, поява нижнього стеблового вузла над поверхнею ґрунту, колосіння, цвітіння, молочна стиглість, воскова стиглість, повна стиглість [2]. Розглянемо більш детально деякі з них. Для аналізу впливу агрометеорологічних умов на формування врожайності озимого жита в Львівській області були опрацьовані спостереження з 1984 по 2005 рік в районі станції Яворів.

Аналіз умов проводиться за міжфазними періодами і сполученими метеорологічними і агрометеорологічними даними, які відповідають цим періодам. Вплив термічного фактора аналізувалося шляхом осереднення температури повітря за період і сумами активних і ефективних температур. Умови зволоження аналізувалися за сумою опадів і запасами продуктивної вологи в шарі — 100 см.

Порушення зимнього спокою озимого жита починається з переходу температури повітря через 0 °С після сходу снігового покриву, поновлення вегетації — після переходу температури через 5 °С.

За досліджувані роки середня багаторічна дата відновлення вегетації припадає на 28 березня (табл. 1). Тривалість періоду відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини в середньому становить 20 днів (табл. 2), в окремі роки може скоротитися до 8 днів, або, навпаки, збільшитися до 29 днів. Середня температура за період склала 7,6 °С. Знижені температури повітря навесні (5...8 °С) затримують вихід в трубку на 8-10 днів

[3]. Сума активних температур в середньому становить 132 °С. Сума ефективних температур за період склала 49 °С. Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см під час відновлення вегетації становили 186 мм (94 % НВ). Основним джерелом вологи в цей період є зимові опади. У середньому за період відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини сума опадів становить 35 мм.

Таблиця 1.
Дати настання фаз розвитку озимого жита в Львівській області

Показник	Відновлення вегетації	Поява нижнього вузла соломини	Колосіння	Цвітіння	Стиглість		
					молочна	воскова	повна
Середня	28.03	19.04	17.05	27.05	23.06	11.07	21.07
Найбільш рання	22.02	31.03	08.05	16.05	04.06	02.07	14.07
Рік	1990	1989	1990	2002	2000	1989	2002
Найбільш пізня	24.04	08.05	31.05	08.06	04.07	24.07	02.08
Рік	1997	1997	1994	1997	1997	2005	2005

В період поява нижнього вузла соломини - колосіння озиме жито проходить V, VI та VII етапи органогенезу — формування колосових горбків та формування квіточок. В цей період необхідна температура повітря не нижче 15 °С та достатнє зволоження ґрунту. Цей період вважається критичним по відношенню до вологи [3], велике значення мають запаси продуктивної вологи.

Середня дата появи нижнього вузла соломини припадає на 19 квітня (табл. 1), колосіння — 17 травня. Тривалість періоду поява нижнього вузла соломини - колосіння в середньому становить 31 день (табл. 2), в окремі роки може скоротитися до 12 днів, або, навпаки, збільшитися до 48 днів.

Настання фази колосіння в районі станції Яворів відбувається при накопиченні суми ефективних температур рівної в середньому 356 °С. Середньодобова температура складає 12,2 °С й не підіймається вище 18,3 °С. Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см складають в середньому 169 мм (85 % НВ). У середньому за період вихід в трубку - колосіння сума опадів в районі станції Яворів становить 64 мм, в окремі роки може становити 130 мм.

У період цвітіння зростає потреба рослин до тепла. Похмура та дощова погода в цей час призводить до неповного запилення

квіток. Для періоду колосіння - цвітіння необхідна сума ефективних температур становить 144 °С [4]. В нашому випадку середня сума ефективних температур за цей період становить 84 °С. Середня дата цвітіння припадає на 27 травня (табл. 1). Тривалість періоду колосіння - цвітіння в середньому становить 9 днів (табл. 2). Середньодобова температура складає 14,6 °С й не опускається нижче 11,1 °С. Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см в середньому становлять 145 мм (73 % НВ). В середньому за період колосіння - цвітіння сума опадів становить 29 мм, в окремі роки може становити 83 мм.

Таблиця 2.

Агрометеорологічні умови вирощування озимого жита
в Львівській області за 1984-2005 роки

	N, дні	$\Sigma T_{\text{акт.}}$, °С	$\Sigma T_{\text{эф.}}$, °С	$T_{\text{сер}}$, °С	ΣR , мм	W_{0-100} , мм	НВ, %
Відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини							
Середні	20	132	49	7,6	35	186	94
Мінімальні	8	84	11	4,2	14	161	81
Максимальні	29	201	121	12,6	69	241	121
Поява нижнього вузла соломини - колосіння							
Середні	31	356	208	12,2	64	169	85
Мінімальні	12	219	159	9,9	21	123	62
Максимальні	48	473	296	18,3	130	239	120
Колосіння - цвітіння							
Середні	9	129	84	14,6	29	145	73
Мінімальні	6	64	54	11,1	5	95	48
Максимальні	12	169	111	19,3	83	217	109
Цвітіння – воскова стиглість							
Середні	46	753	526	16,7	147	139	68
Мінімальні	33	596	396	14,3	53	86	43
Максимальні	62	946	671	19,0	351	233	117
Відновлення вегетації - воскова стиглість							
Середні	106	1379	867	12,7	276	145	73
Мінімальні	71	1277	785	11,0	178	116	58
Максимальні	122	1610	1065	15,4	517	229	115

Після цвітіння жита починається формування зернівки (X етап органогенезу), яке продовжується до наступу фази молочної стиглості. Далі йде дозрівання зернівки, перехід поживних

речовин у запасні (XII етап органогенезу) наступають фази воскової та повної стиглості. Період від цвітіння до воскової стиглості вважається критичним по відношенню до тепла.

За досліджувані роки середня дата воскової стиглості припадає на 26 липня (табл. 1). Тривалість періоду цвітіння - воскова стиглість в середньому становить 46 день (табл. 2), в окремі роки може скоротитися до 33 днів, або, навпаки, збільшитися до 62 днів. Середня температура за цей період складає 16,7 °С. Сума активних температур в середньому становить 753 °С. Сума ефективних температур — 526 °С. Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см склали 139 мм (68 % НВ). У середньому за період цвітіння - воскова стиглість сума опадів становить 147 мм.

За період відновлення вегетації - воскова стиглість сума активних температур в середньому становить 1379 °С. Сума ефективних температур — 867 °С. Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см склали 145 мм (73 % НВ). У середньому за період сума опадів становить 276 мм. Середня температура складає 12,7 °С.

На процес формування врожаю сільськогосподарських культур, як відомо, впливає безліч чинників. Основними з них є прихід сонячної радіації і ступінь її поглинання посівом, волога, тепло, ґрунтова родючість, рівень агротехніки, сортові особливості рослини, фотосинтетичний потенціал посіву. Пізнання специфіки дії цих факторів, вибір найбільш істотних з них, кількісне вираження та опис їх зв'язку з урожаєм — все це зробить успішним і практично значущим аналіз складних процесів, що протікають в агроценозах.

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 [5].

Методи математичної статистики (головним чином елементи кореляційного аналізу) використовувалися вже в самих ранніх агрометеорологічних роботах. Однак основними роботами в цій області по праву можна вважати, що стали вже класичними, дослідження В. Обухова. Обухов вперше застосували метод множинної кореляції для вивчення впливу метеорологічних умов на продуктивність сільськогосподарських культур [6].

При дослідженні взаємозв'язків різних явищ часто буває необхідно встановити залежності між двома змінними. Найбільш поширені лінійні зв'язки між двома величинами, які добре вивчені за допомогою математичної статистики.

Кореляційна залежність між випадковими змінними x і y називається лінійною кореляцією, якщо обидві функції регресії $y = F(x)$ і $x = F(y)$ є лінійними. У цьому випадку при графічному зображенні обидві лінії регресії є прямими.

Отже, функціональною залежністю між двома випадковими величинами називається така залежність, коли можливого значенням однієї випадкової величини відповідає тільки одне значення другої.

Перед розрахунком кореляційних рівнянь, знаходженням коефіцієнтів регресії і показників тісноти зв'язку проводять первинний аналіз, систематизацію наявного матеріалу спостережень і його статистичну обробку.

Часто буває, що зв'язок між двома або трьома величинами недостатньо тісний і необхідно враховувати ще ряд факторів. Тоді шукають зв'язок між чотирма величинами або, точніше, шукають залежність однієї змінної величини від трьох інших змінних величин [5].

В результаті статистичної обробки матеріалів спостережень за станом посівів озимого жита та агрометеорологічними умовами в районі станції Яворів Львівської області було досліджено зв'язок врожайності з агрометеорологічними умовами росту, розвитку та продуктивністю озимого жита. До аналізу були включені: середні значення температури та дефіциту насичення повітря, запаси продуктивної вологи в мертвому шарі ґрунту, суми опадів за меж фазні періоди відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини, поява нижнього вузла соломини - колосіння, колосіння - цвітіння, цвітіння - воскова стиглість та в цілому за період поновлення вегетації - повна стиглість. Крім того, роз-

глядаясь вплив кількості стебел на 1 м² станом через 10 днів після відновлення вегетації та запасів продуктивної вологи на відновлення вегетації.

Дослідження впливу кількості стебел на 1 м² станом через 10 днів після відновлення вегетації на врожайність озимого жита в районі станції Яворів показало наявність зв'язку ($R = -0,65$).

Тіснота зв'язку між врожайністю озимого жита та агрометеорологічними умовами весняно-літнього періоду її вегетації представлена в табл. 3.

Таблиця 3.

Коефіцієнт кореляції між врожайністю озимого жита та агрометеорологічними умовами весняно-літнього періоду його вегетації

N	t	T	T*	R	d	W
Відновлення вегетації – поява нижнього вузла соломини						
0,19	-0,07	0,25	0,05	-0,66	0,23	0,34
Поява нижнього вузла соломини - колосіння						
0,02	0,03	0,49	0,63	0,58	0,06	0,15
Колосіння - цвітіння						
-0,36	0,16	0,38	0,09	0,14	0,06	0,57
Цвітіння – воскова стиглість						
0,08	0,11	0,14	0,13	-0,34	-0,16	0,20
Відновлення вегетації - воскова стиглість						
0,11	-0,26	0,06	0,18	-0,41	0,09	0,26
Додаткові показники						
W*		U			H	
0,42		-0,67			-0,33	
Примітка:						
N – число днів у розрахунковому періоду; t – середня температура повітря, °C; T – сума активних температур, °C; T* – сума ефективних температур, °C; R – сума опадів, мм; d – середній дефіцит насичення повітря, мм; W – середні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту; W* – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на час відновлення вегетації, мм; U – кількості стебел на 1 м ² станом через 10 днів після відновлення вегетації; H – висота рослин станом на час припинення вегетації, см.						

Кореляційний аналіз впливу агрометеорологічних умов весняно-літнього періоду вегетації на врожайність озимого жита показав, що з розглянутого комплексу агрометеорологічних факторів на врожайність найбільший вплив мають: в період

відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини сума опадів ($R = -0,64$), в період поява нижнього вузла соломини - колосіння сума ефективних температур ($R = 0,63$) та сума опадів ($R = 0,58$), в період колосіння - цвітіння це середні запаси вологи в метровому шарі ґрунту ($R = 0,57$), в період цвітіння - воскова стиглість сума опадів ($R = -0,34$), в цілому за період вегетації опадів ($R = -0,41$).

Розглянемо більш детально деякі з цих залежностей. Залежність врожайності (Y) озимого жита від кількості стебел на 1 м^2 станом через 10 днів після відновлення вегетації представлена на рис. 1.

Рівняння залежності має вигляд:

$$Y = -0,0106 x + 33,114, \quad R = -0,67.$$

Зв'язок зворотній: збільшення кількості стебел на 1 м^2 станом через 10 днів після відновлення вегетації призводить до зниження врожайності. В середньому кількість стебел повинна становити близько 990-1100 шт./ м^2 .

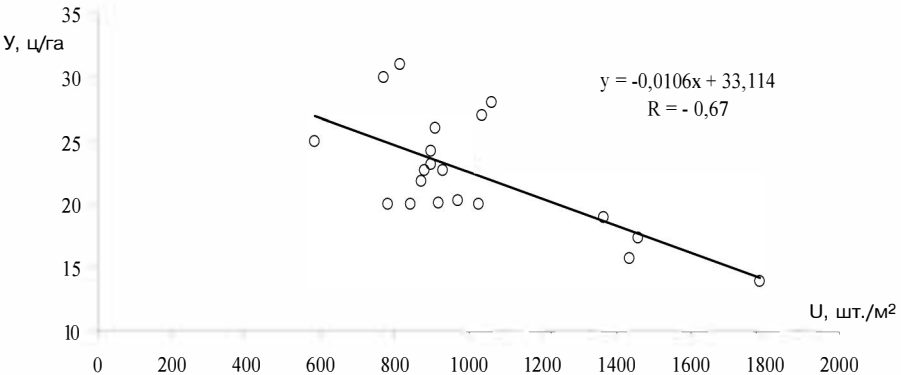


Рис. 1. Залежність врожайності озимого жита (Y , ц/га) від кількості стебел на 1 м^2 станом через 10 днів після відновлення вегетації в районі станції Яворів Львівської області

Залежність врожайності (Y) озимого жита від суми опадів за період відновлення вегетації — поява нижнього вузла соломини представлена на рис. 2. Рівняння залежності має вигляд:

$$Y = -0,1974 x + 28,886, \quad R = -0,66.$$

Зв'язок зворотній: збільшення суми опадів в період відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини веде до зниження врожайності. Оптимальні значення суми температур повинно становити не більше 40 мм.

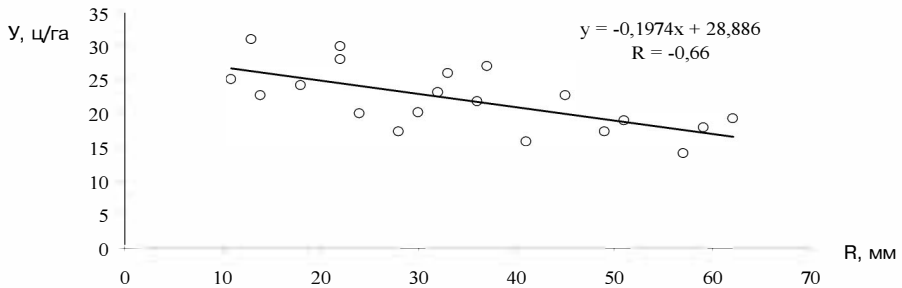


Рис. 2. Залежність врожайності озимого жита (Y, ц/га) від суми опадів за період відновлення вегетації - поява нижнього вузла соломини в районі станції Яворів Львівської області

Залежність врожайності (Y) озимого жита від суми ефективних температур повітря за період поява нижнього вузла соломини - колосіння. Рівняння залежності має вигляд:

$$Y = 0,1654 x - 9,9818, \quad R = 0,63.$$

Для отримання високих врожаїв в районі станції Яворів Львівській області сума ефективних температур в період поява нижнього вузла соломини - колосіння повинна становити більше 200 °С.

Львівська область належить до вологої, помірно теплої агрокліматичної зони. На підставі аналізу та обробки матеріалів спостережень за врожайністю озимого жита в Львівській області та метеорологічними чинниками можна зробити висновки, що умови Львівської області сприятливі для вирощування та отримання високих урожаїв озимого жита при умовах дотримання технології обробітку.

Література

1. Авраменко С. Новітні аспекти вирощування жита озимого / С. Авраменко, М. Цехмейструк, О. Глибокий, В. Шелякін // Агробізнес сьогодні. — 2011. — № 17(216). Режим доступу: agro-business.com.ua.
2. Тиунов А. Н., Глухих К. А., Хорькова О. А. Озимая рожь. — М: Колос, 1969. — 392 с.
3. Моисейчик В. А. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимой ржи / В. А. Моисейчик, В. А. Шавкунова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 164 с.
4. Куперман Ф. М. Морфобиология растений. — М.: Высшая школа, 1984. — 240 с.

5. Уланова Е. С., Сиротенко О. Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. — Л.: Гидрометиздат, 1968. — 198 с.
6. Обухов В. М. Урожайность и метеорологические факторы. — М.: Госпланиздат, 1949. — 318 с.

Костюкєвич Т. К., Климюк І. І.

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ВІВСА НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Овес належить до важливих зернофуражних культур. В його зерні у середньому 13,26 % білка, 40,8 % крохмалю, 4,67 % жирів, 2,35 % цукру, вітаміни В1, В2. Тому овес є незамінним концентрованим кормом для коней, великої рогатої худоби, особливо молодняка, домашньої птиці.

Із зерна вівса, особливо голозерного, виробляють різані й шліфовані крупи, особливо цінну для дитячого харчування крупу “Геркулес”, у білку якої підвищений вміст незамінних амінокислот (лізину, триптофану, аргініну) і яка легко засвоюється. З вівсяного борошна виготовляють харчові галети, смачне печиво, сурогат кави. Оскільки вівсяне борошно не містить клейковини, його в чистому вигляді не використовують для випікання хліба (інколи 20 % його додають до житнього чи пшеничного борошна).

В Україні овес вирощують переважно на Поліссі і в Лісостепу. Загальна площа посівів вівса тут становить 0,5-0,6 млн. га. За середньою врожайністю овес поступається ярому ячменю. Проте, як і інші сільськогосподарські культури, відзначається досить високим потенціалом урожайності зерна. У виробничих умовах із застосуванням прогресивних елементів сучасних технологій збір зерна досягає 50-55 ц/га і більше, на сортодільниках — 65-80 ц/га [1].

Овес — рослина помірного клімату. Насіння його починає проростати при температурі 2-3 °С. У період сходів і кущіння краща прохолодна погода (15-18 °С). Сходи добре переносять низькі температури і витримують короткочасні заморозки до мінус 5-9 °С. У міру розвитку рослин стійкість їх до низьких температур слабшає, під час цвітіння заморозки 2 °С для них згубні. У період наливу овес менш чутливий до холоду і переносить заморозки до 4-5 °С. Формування генеративних органів, цвітіння і плодоношення вівса починаються при температурі 10-

12 °С, найінтенсивніше вони проходять при 16-22 °С. Завдяки добре розвиненій кореневій системі овес краще, ніж яра пшениця і ячмінь переносить весняні посухи, але високі температури і літні повітряні посухи переносить гірше. Відбувається гальмування процесів генеративного розвитку, різко знижуються озерненість і продуктивність волоті.

Під час розвитку рослини вівса проходять послідовно ряд між фазних періодів: сходи, 3-й лист, кушціння, поява нижнього стеблового вузла, колосіння, молочна, воскова та повна стиглість. Наступ та тривалість кожної з них залежить від комплексу агрометеорологічних умов.

В середньому овес в Житомирській області сіють у другій декаді квітня, бажано сіяти як можна раніше — “Сій овес у грязь — восени будеш князь”. Це пов'язано з високим коефіцієнтом транспірації — 474. Сходи в середньому з'являються через 16 днів. Сума активних температур за період сівба - сходи становить 230 °С, ефективних — 151 °С. Основним джерелом вологи в цей період є зимові опади, сума опадів за період в середньому становить 21 мм (табл. 1).

Таблиця 1.

Агрометеорологічні умови вирощування вівса
в Житомирській області

N	T	T*	t	R
Сівба - сходи				
16	231	151	14,4	21
Сходи - поява нижнього стеблового вузла				
36	530	350	14,7	70
Поява нижнього стеблового вузла - викидання волоті				
16	275	195	17,2	46
Викидання волоті - повна стиглість				
43	814	599	18,9	121
Сівба - повна стиглість				
111	1850	1295	16,7	258
<i>Примітка: N – число днів у розрахунковому періоді; t – середня температура повітря, °С; T – сума активних температур, °С; T* – сума ефективних температур, °С; R – сума опадів, мм</i>				

В період поява нижнього стеблового вузла V, VI та V етапи органогенезу — формування колосових горбків та формування

квіточок. Цей період вважається критичним по відношенню до вологи [2], велике значення мають запаси продуктивної вологи.

В середньому в Житомирській області дата появи нижнього стеблового вузла припадає на 7 червня. Тривалість періоду сходи - поява нижнього стеблового вузла в середньому становить 36 днів (табл. 1). Настання фази появи нижнього стеблового вузла відбувається при накопиченні суми ефективних температур рівної в середньому 350 °С. Середньодобова температура в цей період становить 14,7 °С. В середньому за період сума опадів становить 70 мм.

Фаза викидання волоті вієса в Житомирській області в середньому відбувається при накопиченні суми ефективних температур рівної в середньому 195 °С. Середньодобова температура за період поява нижнього стеблового вузла - викидання волоті становить 17,2 °С. В середньому за період сума опадів становить 46 мм. Період поява нижнього стеблового вузла - викидання волоті у вієса вважається критичним по відношенню до вологи.

Повна стиглість вієса відбувається при накопиченні суми ефективних температур рівної в середньому 600 °С, деє в першій декаді серпня. Середньодобова температура за цей період становить 18,9 °С. В середньому за період викидання волоті - повна стиглість сума опадів становить 121 мм (табл. 1).

Овес менш вимогливий до родючості ґрунту, ніж пшениця та ячмінь, так як його коренева система має здатність витягувати з ґрунту важкорозчинні поживні речовини. Він може рости на супіщаних, глинистих, торфових ґрунтах. Солонцюваті ґрунти для нього малоприсдатні. Добрі пивоварні якості ячменю формуються при вирощуванні його в районах з помірним температурним режимом і достатнім зволоженням, з гарною водопроникністю ґрунтів.

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 [4] про можливість розкладання тимчасового ряду врожайності будь якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову.

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності за розглянутий період. Вона є плавною лінією в результаті згладжування ряду і називається трендом. Випадкова складова обумовлюється погодними умовами окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренду.

Таке розкладання обумовлюється тим, що рівень культури землеробства істотно впливає на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в подальші роки, тобто сільське господарство характеризується певною інерційністю, внаслідок різких коливань врожаїв двох суміжних років, пов'язаних із зміною культури землеробства, як правило, не простежується. Тому лінія тренду достатньо точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений певною культурою землеробства, економічними і природними особливостями даного району.

В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренду. Форма тренду і його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким з статистичних критеріїв) функції з числа тих, що є. В порівнянні з цими методами метод гармонійних ваг (зважувань), запропонований в агрометеорології А. М. Польовим [5] має ту перевагу, що тут відсутня необхідність в таких припущеннях.

Принцип методу гармонійних ваг полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

За допомогою методу гармонічних зважувань нами був проведений аналіз динаміки врожайів зерна вівса в Житомирській області за період з 1996 по 2018 роки за даними Державної статистичної служби України [6]. Результати цієї роботи представлені на рис. 1 та рис. 2.

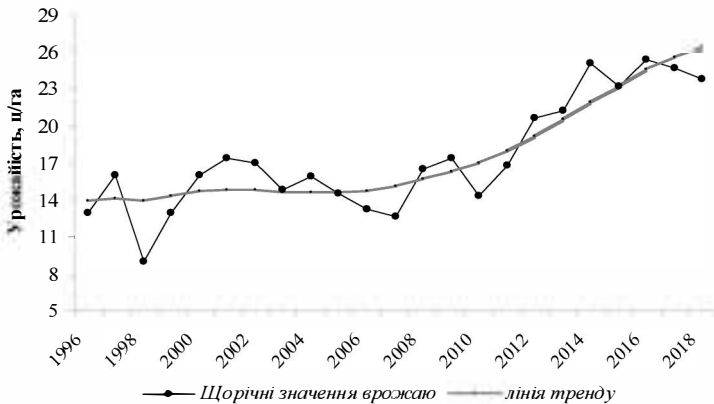


Рис. 1. Динаміка врожайності вівса та лінія тренду в Житомирській області

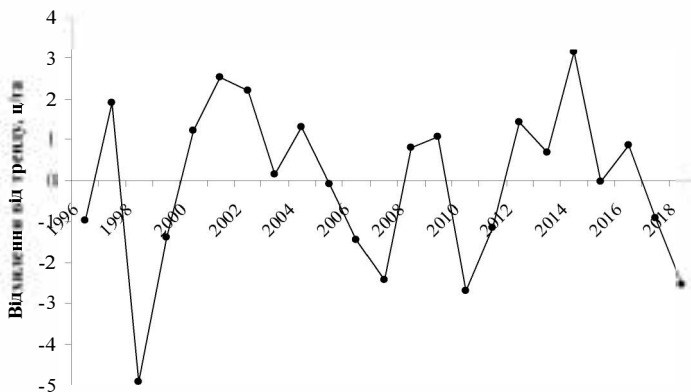


Рис. 2. Відхилення врожайності вівса від лінії тренду в Житомирській області

На рис. 1 плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія — щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат. Як видно (рис. 1), з 1996 до 2006 року не відбувалось майже ніяких змін вро-

жайності — лінія тренду пряма. Але, починаючи з 2007 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 14,0 ц/га, а до 2006 року зросла до 14,8 ц/га, тобто змін не відбувалося. Починаючи з 2007 року і до кінця періоду досліджень спостерігається зростання значення компоненти тренда з 15,1 до 26,3 ц/га. В середньому за роки дослідження врожайність становила 17,5 ц/га. Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної врожайності вівса на території дослідження. Так, найменші врожаї зерна вівса було зібрано в 1998 році (9 ц/га), в 1996 та 1999 роках (13 ц/га).

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю вівса в Житомирській області, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 2). За 23 роки у 10 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить суттєвими і коливалися від -0,1 до -4,9 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування вівса були 1999, 2007, 2010 та 2018 рр., саме у ці роки спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду — 4,9, 2,4, 2,7 та 2,5 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 вівса на зерно був 2014 р., коли додатне відхилення від лінії тренду становило 3,2 ц/га. Як можна бачити (рис. 2), також великі прирости врожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2001 р. — 2,5 ц/га та у 2002 р. — 2,2 ц/га.

В роботі було виконано аналіз динаміки врожайності вівса в Житомирській області за період 1996-2017 рр., розрахована лінія тренда методом гармонійних ваг і проведена оцінка правильності вибору виду тренду. В результаті детального дослідження видно, що в останні роки спостерігається значний приріст врожайності зерна вівса, що свідчить про значні зміни у виробництві. Згідно даних [7], Житомирська область відноситься до зони стійких врожаїв, щодо вирощування вівса, коефіцієнт варіації становить 0,23. Таким чином, агрометеорологічні умови

Житомирської області сприятливі для вирощування та отримання стійких та сталих врожаїв озимого жита, але при умовах дотримання технології обробітку.

Література

1. Рослинництво: підручник / За ред. О. І. Зінченка. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 591 с.: іл.
2. Куперман Ф. М. Морфологія рослин. — М.: Вища школа, 1984. — 240 с.
3. Уланова Е. С., Сиротенко О. Д. Методи статистичного аналізу в агрометеорології. — Л.: Гидрометиздат, 1968. — 198 с.
4. Обухов В. М. Урожайность и метеорологические факторы. — М.: Госпланиздат, 1949. — 318 с.
5. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988. — 319 с.
6. Державна служба статистики України. Сайт Державного департаменту статистики України. Сільське господарство. Рослинництво. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
7. Костюкевич Т. К. Территориальные особенности изменчивости урожайности зерновых культур в Полесье Украины // Комплексное развитие сельских территорий и инновационные технологии в агропромышленном комплексе. Сб. мат. II междунар. очно-заочной научно-метод. и практ. конф. (Новосибирск, 20-21 декабря 2016 г.). — Новосибирск, 2017. — С. 92-94.

Мороз А. Я., Ільїна В. Г.

АГРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Ґрунтовий покрив є основою агроєкосистем. Він визначає умови його використання для цілей сільськогосподарського виробництва. Волинська область розташована у лісостеповій зоні України і є однією з основних по вирощуванню великого набору сільськогосподарських культур. Площа ґрунтів Волинської області становить 511 тис. га., при цьому рівень їх забезпечення гумусом не є досить високим (у межах 3-4 %), тому для отримання високих врожаїв на цій території необхідно використання мінеральних та органічних добрив [1].

Під посіви у 2014 році в області внесено 19,5 тис. т мінеральних добрив, в цілому внесено на 80,2 % посівних площ сільськогосподарських культур. Удобрено 83,2 % посівів зернових, 94 % — цукрових буряків, 75,6 % — картоплі, 78,9 % — овочів. У розрахунку на один гектар удобреної площі внесено по 122 кг поживи. Під зернові культури внесено в середньому по 89 кг мінеральних добрив на один гектар посівної площі, під цукрові буряки — по 252 кг поживних речовин, під овочеві — по 297 кг, картоплі — по 208 кг.

Мета роботи. Метою роботи є визначення сучасного стану забезпечення ґрунтів Черкаської області мінеральними та органічними добривами, з урахуванням площ, зайнятих тими або іншими видами добрив.

Об'єкт дослідження. В якості об'єкта дослідження були вибрані агроценози Черкаської області.

Вихідні данні. Для оцінки сучасного стану агроценозів Волинської області використано інформацію про вміст мінеральних та органічних добрив у ґрунтах та площі, за вмістом основних мікроелементів за 2014 рік [3].

Результати дослідження. Аналіз внесення мінеральних та органічних добрив під урожай, багаторічні насадження, агрохімічна характеристика обстежених земель наведена нижче.

На рис. 1-6 представлено розподіл внесення мінеральних та органічних добрив, а також площ, зайнятих під ними за районами Волинської області.

Аналізуючи рис. 1, спостерігаємо найменший вміст його у землях Камінь-Каширського та Шацького районів і найбільший — у Володимир-Волинському районі (115 т/га).

Аналізуючи рис. 2 бачимо, що найбільше внесення добрив фосфору відбувалося у Володимир-Волинському районі (21 т/га), а найменше — у Маневицькому районі (0,1 т/га).

На рис. 3 бачимо, що тенденція внесення добрив калію подібна до тенденції внесення добрив фосфору. Також найбільша частка припадає на Володимир-Волинський район (30 т/га), і найменша — на Маневицький район.

Аналізуючи рис. 4, який відображає сукупне навантаження мінеральними добривами калію, фосфору і натрію на ґрунти Волинської області, бачимо, що найбільше навантаження зазнає Володимир-Волинський район (165 т/га), а найменше — Маневицький район (6 т/га).

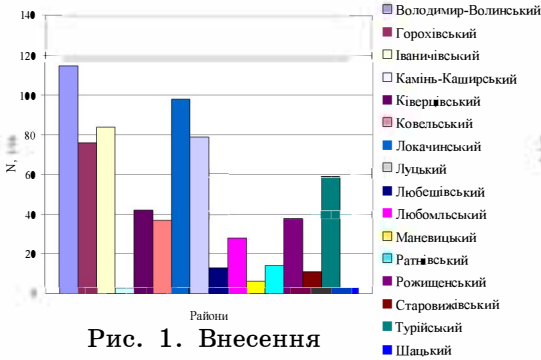


Рис. 1. Внесення мінеральних добрив натрію у Волинській області

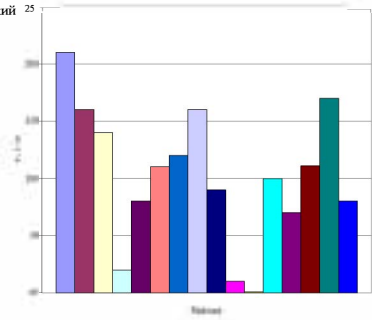


Рис. 2. Внесення мінеральних добрив фосфору у Волинській області

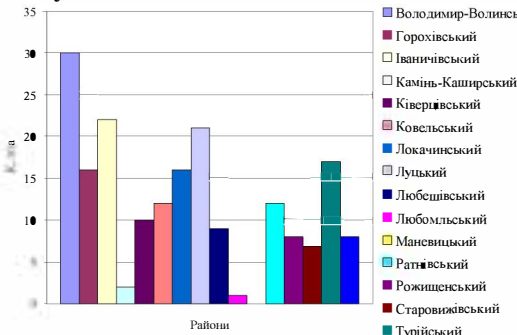


Рис. 3. Внесення мінеральних добрив калію у Волинській області

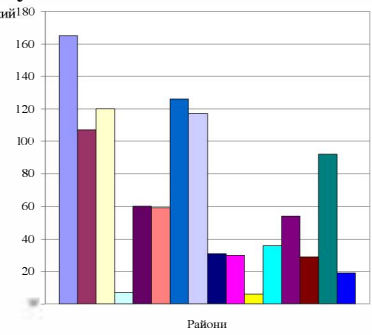


Рис. 4. Загальна кількість мінеральних добрив у Волинській області

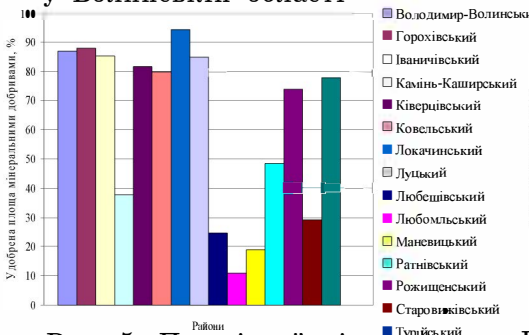


Рис. 5. Площі районів Волинської області, удобрени мінеральними добривами

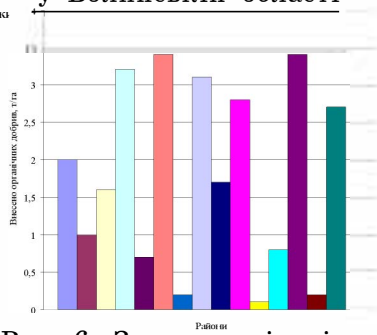


Рис. 6. Загальна кількість органічних добрив у Волинській області

Аналізуючи рис. 5, бачимо, що найбільш удобреними площами, які пристосовані під урожай і багаторічні насадження у Волинській області, є землі Локачинського, Володимир-Волинського, Горохівського районів, а найменш удобреними — землі Любешівського, Любомильського, Маневицького районів.

Аналізуючи рис. 6, бачимо, що в Камінь-Каширському (3,2 т/га), Ковельському (3,4 т/га), Рожищенському (3,4 т/га) районах спостерігається найбільше внесення органічних добрив, а найменше у Локачинському (0,2 т/га), Маневицькому (0,1 т/га), Шацькому районах.

Результати агрохімічних досліджень 2014 р. свідчать, що вміст рухомих фосфатів у обстежуваних районах знаходиться в межах 90-116 мг/кг ґрунту, а в середньому він становить 103 мг/кг.

На прикладі Ковельського району розглянуто, забезпеченість площ вмістом рухомих сполук фосфору у кількісних долях, а також площі ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину (рис. 7-9).

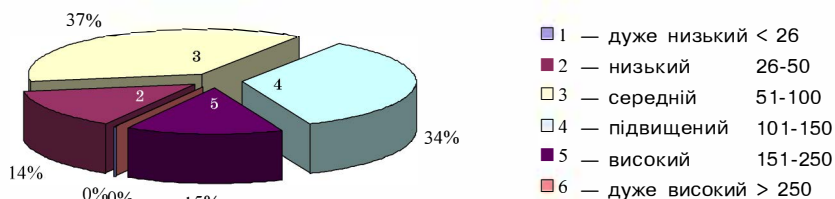


Рис. 7. Площі ґрунтів Ковельського району у відсотках за вмістом рухомих сполук фосфору

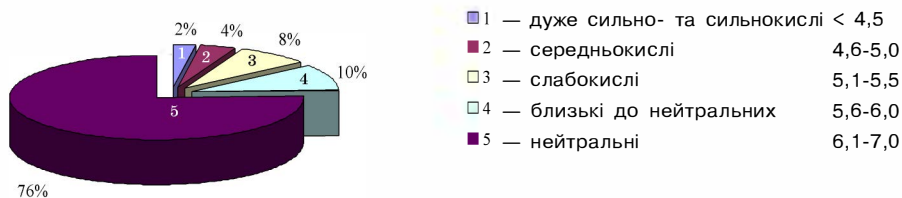


Рис. 8. Площі ґрунтів Ковельського району у відсотках за реакцією ґрунтового розчину

Розглядаючи рис. 7, спостерігаємо, що у Ковельському районі найбільший відсоток земель (37 %) займають площі з середнім вмістом рухомих сполук фосфору, площі з дуже високим та дуже низьким вмістом займають 0,03 та 0,14 тис. га., це незначний відсоток земель.

Розглядаючи рис. 8, спостерігаємо, що у Ковельському районі найбільший відсоток земель (76 %) займають нейтральні

площі, найменший відсоток (2 %) займають дуже сильно та сильно-нокислі землі.

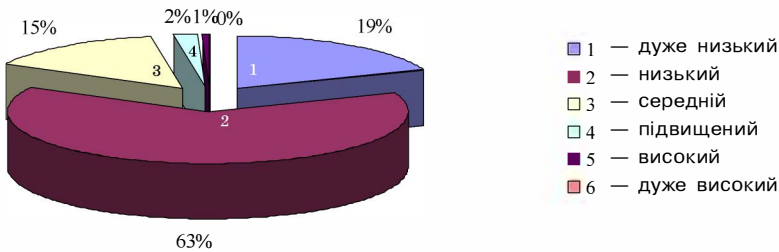


Рис. 9. Площі ґрунтів Ковельського району у відсотках за вмістом гумусу

Розглядаючи рис. 9, спостерігаємо, що у Ковельському районі найбільший відсоток земель (63 %) займають площі з високим вмістом гумусу, найменший відсоток площі з підвищеним і низьким вмістом гумусу.

Середньозважений вміст гумусу в ґрунтах області становить 1,61 %, що за градацією відповідає низькому вмісту. Вміст рухомого фосфору підвищений (123 мг/кг ґрунту), а обмінного калію — середній (87 мг/кг ґрунту). Кислотність ґрунтів дещо підвищилась і становить 6,23 одиниць.

Агрохімічне обстеження ґрунтів за останні роки засвідчує, що ґрунти області мають в основному низьку та середню забезпеченість мікроелементами.

Дослідження ґрунтів сільськогосподарських угідь Любешівському, Маневицькому та Ківерцівському районів показують, що сьогодні тривожною є ситуація з одним із важливих показників родючості ґрунтів — гумусом. За результатами досліджень середньозважений вміст його становить в Любешівському районі 1,48 %, в Маневицькому і Ківерцівському відповідно 1,56 та 1,40 %. За останніх 5 років в ґрунтах досліджуваних районів вміст зменшився від 0,14 до 0,19 % а в середньому на 0,17 %. Найбільш інтенсивні втрати гумусу відбулися в Маневицькому районі.

Висновки. Результати агрохімічних аналізів вищезазначених районах області показують, що вміст рухомих фосфатів по районах становить 87-114 мг/кг ґрунту (в середньому 100,8 мг/кг), обмінного калію — 69-77 мг/кг ґрунту (в середньому 73,9 мг/кг), при оптимальному забезпеченні 150-180 мг/кг ґрунту. Кислотність ґрунтів в Любешівському і Маневицькому районах по результа-

тах обстеження в 2009 році знаходиться в межах 5,1-5,5 одиниць, а в ґрунтах Ківерцівського району вона становить 6,4 одиниці.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області у 2013 році. — Луцьк, 2014.
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області у 2014 році. — Луцьк, 2015.
3. Екологічний паспорт Волинської області за 2014 рік. — Луцьк, 2015.
4. ДСТУ 4362:2004 “Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів”. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 19 с.

Ніколішин В. О., Ільїна В. Г.

ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Закарпатська область, яку часто називають коротко Закарпаття, — одна з наймолодших областей України. Область розташована на крайньому заході України. Забезпеченість ґрунтів поживними речовинами і створення необхідних агрокліматичних умов для вирощування зернових, технічних, кормових, овочевих та олійних культур є першою умовою формування сталих високопродуктивних урожаїв. Саме від забезпеченості ґрунтів за показниками еколого-агрохімічної оцінки (агрофізичні, фізико-хімічні, агрохімічні та екологічні властивості ґрунтів) та від умов вирощування культур залежить якість продукції та сировини.

Агрофізичні показники ґрунтів (щільність ґрунту і продуктивна волога) є важливими показниками їхньої родючості, яка зумовлює ефективність використання поживних речовин із ґрунту та добрив, впливає на врожайність сільськогосподарських культур [1].

Мета роботи. Метою роботи є оцінка сучасного стану забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення деяких районів Закарпатської області.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є ґрунти сільськогосподарського призначення деяких районів Закарпатської області.

Вихідні дані. Для оцінки сучасного стану забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення важкими металами

використана інформація про вміст важких металів за період з 2012 по 2016 рр.

Результати дослідження. Екологічний стан ґрунту визначається рівнем антропогенного забруднення важкими металами (рис. 1-5).

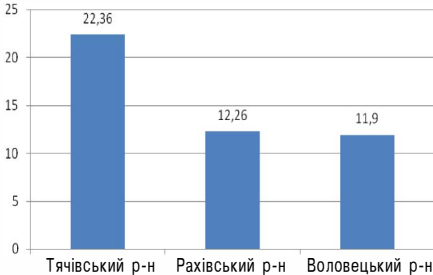


Рис. 1. Показники вмісту Mg у ґрунтах деяких районів Закарпатської області

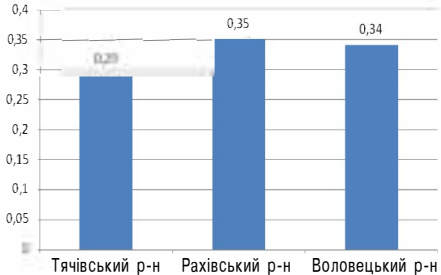


Рис. 2. Показники вмісту Cu у ґрунтах деяких районів Закарпатської області

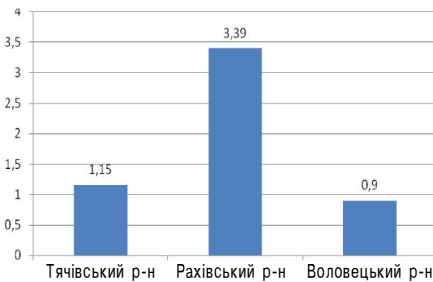


Рис. 3. Показники вмісту Zn у ґрунтах деяких районів Закарпатської області

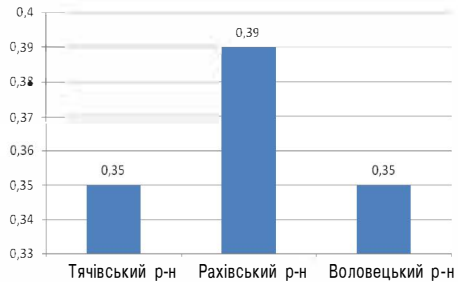


Рис. 4. Показники вмісту Co у ґрунтах деяких районів Закарпатської області

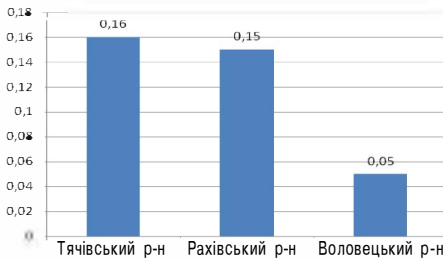


Рис. 5. Показники вмісту Cd у ґрунтах деяких районів Закарпатської області

З рис. 1 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Тячівському районі, найменші Воловецькому, а середні значення — у Рахівському. З рис. 2 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Рахівському районі, найменші Тячівському, а середні значення — у Воловецькому. З рис. 3 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Рахівському районі, найменші Воловецькому, а середні значення — у Тячівському. З рис. 4 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Рахівському районі, а у Тячівському та Воловецькому — найменші. З рис. 5 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Тячівському районі, найменші — у Воловецькому, а середні значення — у Рахівському.

Висновки. Проаналізував сучасний стан вмісту важких металів у ґрунтах сільськогосподарського призначення Закарпатської області встановлено, що найбільші значення за всіма важкими металами, які розглядалися за досліджуваний період, спостерігалися у Рахівському районі, найменші у Воловецькому. Основним джерелом потрапляння важких металів у ґрунти сільськогосподарського призначення Закарпатської області є сільськогосподарське виробництво, а саме внесення мінеральних добрив, до складу яких входять важкі метали та транспорт.

Література

1. Азманова Н. В., Акімов І. А. та ін. Екологічний атлас. Атлас-монографія. — К.: Варта, 2006. — 220 с.
2. ДСТУ 4362:2004 “Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів”. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 19 с.

УДК 551.58:633.2

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

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛУЧНОЇ І СТЕПОВОЇ РОСЛИННОСТІ В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

Постановка задачі. Сучасний стан фітоценозів, які репрезентують фіторізноманіття степової та лучної рослинності, свідчить про їх високу здатність до стійкого та довготривалого існування, але під впливом антропогенних факторів різноманітність рослинного світу зменшується. В Україні в результаті інтенсивного сільськогосподарського використання земель степова рослинність

у природному вигляді до цього часу збереглася тільки на схилах балок, масивах зі складним рельєфом, в заповідниках, на території колишніх військових полігонів, а також у передгір'ях Криму, на піщаних косах Азово-Чорноморського узбережжя та островах.

Лучні степи поділяються на рівнинні та гірські (кримські). В їхньому травостої переважають злаки — ковила, типчак, тонконіг вузьколистий; з різнотрав'я — конюшина, гадючник, маренка, шавлія лучна тощо; з ефемерів та ефемероїдів — незабудка, переломник, крупка. Розповсюджена малоросла чагарникова рослинність [1; 2; 3; 4].

Сучасний стан фітоценозів, які репрезентують фіторізноманіття степової та лучної рослинності, свідчить про їх високу здатність до стійкого та довготривалого існування, але під впливом антропогенних факторів різноманітність рослинного світу зменшується. Щоб зберегти це різноманіття необхідне виявлення факторів, які спричиняють зникнення дикорослих фітоценозів, що набуває актуальності як на світовому, так і на регіональному рівнях. Важливим питанням сучасних проблем збереження біорізноманіття, раціонального використання рослинних ресурсів та оптимізації їх стану в умовах глобального потепління є збереження існуючих рослин та збагачення їх асортименту культурами, які були б пристосовані до екстремальних факторів зміни агрокліматичних показників.

Наприкінці минулого і початку поточного століття відзначаються значні зміни кліматичних умов на всій Земній кулі через потепління. Під впливом зміни клімату змінюються агрокліматичні умови росту і формування продуктивності як сільськогосподарських культур, так і дикорослих фітоценозів. Тому для потреб обґрунтування оптимальних схем природокористування для збереження дикорослих фітоценозів степових та лугових територій необхідна оцінка їх продуктивності в умовах змін клімату.

Стан проблеми. Біологічна продуктивність лучної рослинності формується під впливом цілої низки факторів, одним із яких є клімат.

Питанням дослідження параметрів запасів фітомаси, яка формується впродовж року, їх кількісної оцінки присвячені роботи [4; 5]. В них узагальнено увесь фактичний матеріал з первинної продуктивності екосистем Північної Євразії в межах території колишнього. Встановлено, що біомаса рослин в степу

становить від 100 до 400 ц/га. Крім того, також встановлено, що для рослинності лісостепової зони співвідношення між живими і відмерлими органами становить біля 63-65 % на чорноземах і темно-каштанових ґрунтах і 35 % на каштанових ґрунтах

Досліджень впливу кліматичних і погодних умов на розвиток степової і лучної рослинності та формування їх продуктивності на жаль обмаль.

Матеріали і методи досліджень. 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. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усієї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів [8; 9].

В цьому дослідженні для кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways — *RCP*).

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 ХХІ ст. приблизно в 2,5 рази відносно сучасного.

Одним із методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-яких метеорологічних величин є порівняння цих величин із середніми багаторічними даними.

Аналіз впливу змін клімату на режим агрокліматичних показників розвитку і формування продуктивності лучних і степових фітоценозів виконувався шляхом порівняння середніх багаторічних величин (за період 1980-2010 рр.) і величин, розрахованих за кліматичними сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* по десятиріччях: 2021-2030 рр. (перший період), 2031-2040 рр. (другий період), 2041-2050 рр. (третій період). При цьому використовувались спостереження за ростом і розвитком трав, які розповсюджені в Лісостеповій зоні України: це різнотравні злакові тонконіг лучний (*Poa pratensis L.*), костриця борозниста або типчак і костриця валіська (*F. valesiaca*), кипець гребінчастий

(*Koeleria cristata*), а також житняк гребінчастий (*Agropyron pectinatum*), тонконіг вузьколистий, тимофіївка степова (*Phleum phleoides*) та деякі види родів кострець (*Bromopsis*), пирій (*Elytrigia*), бромус (*Bromus*) і ін. Розглядалися такі величини: тривалість періоду відновлення вегетації — цвітіння трав, середня температура за цей період, сума опадів, сумарне випаровування, випаровуваність, відносна вологозабезпеченість, гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК), сума фотосинтетично активної радіації (ФАР).

Розрахунки продуктивності трав виконувались за моделлю А. М. Польового за трьома видами урожайності: потенційна урожайність (ПУ), яка при оптимальній забезпеченості рослин теплом, вологою та мінеральним живленням визначається надходженням сонячної радіації; метеорологічно можлива врожайність (ММВ) забезпечується температурним режимом та режимом зволоження території; дійсно можлива врожайність (ДМВ) забезпечується природною родючістю ґрунту, природна врожайність (УВ) [7]. Одночасно розраховувався баланс гумусу у ґрунті та співвідношення надземної і підземної частини рослин.

Основні результати дослідження. Вегетація трав в середньому багаторічному починається в кінці березня, за сценарними даними її початок очікується в першій декаді квітня (табл. 1).

Таблиця 1.

Агрометеорологічні умови вегетації трав Лісостепу
в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату
(за період відновлення вегетації - цвітіння)

Період, сценарій	Дата початку вегетації	Середня температура повітря, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (Е), мм	Випаровуваність за період (Е ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (Е/Е ₀), віднод.	Середній за період ГТК, віднод.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	27.03	12,9	133	134	203	0,66	1,30	61,2
RCP4.5:								
2021-2030	06.04	12,5	140	133	163	0,82	1,48	69,1
2031-2040	08.04	12,3	154	126	146	0,86	1,94	67,6
2041-2050	05.04	11,6	121	121	159	0,76	1,52	72,2
RCP8.5:								
2021-2030	07.04	12,7	126	114	136	0,84	1,57	62,4
2031-2040	09.04	12,8	149	140	165	0,85	1,58	69,0
2041-2050	03.04	11,7	158	123	142	0,86	2,11	69,2

За сценарієм RCP4.5 в період початок вегетації - цвітіння трав очікується збільшення приходу сонячної радіації. Середня багаторічна величина ФАР складає 61,2 кДж/см². Порівняно з нею кількість ФАР буде становити 67,6-72,2 кДж/см²), причому вона буде дещо зменшуватись від першого сценарного періоду до другого від 69,1 до 67,6 кДж/см², а потім збільшуватись до 72,2 кДж/см², що становить 110-118 % від середньої величини приходу ФАР в цей період. Відповідно очікується динаміка ПУ за сценарними періодами. В перший період вона очікується на рівні 580, в другий — 562, а в третій — 559 ц/га. Від середнього багаторічного значення (474 ц/га) це буде складати 118-122 % (табл. 1).

Середня за період початок вегетації - цвітіння трав температура повітря, яка при середніх багаторічних умовах становила 12,9 °С, в сценарні періоди очікується дещо нижчою. В два перші періоди вона на 0,4-0,6 °С нижче середньої. В третій період вегетація трав буде проходити на фоні досить пониженої температури, що на 1,3 °С нижче середньої багаторічної.

Сума опадів за період початок вегетації - цвітіння трав у два перші сценарні періоди на 5-16 % вище базової величини. Умови вологозабезпечення рослин покращаться, а дефіцит вологи зменшиться від 69 до 20-30 мм. Підвищиться відносна вологозабезпеченість трав (E/E_0) з 0,66 до 0,82-0,86 відн. од. Зросте величина ГТК до 1,48-1,94 відн. од. В третій період кількості опадів буде меншою, ніж в перші два сценарних періоди, вона становитиме 95 % від середнього значення. За рахунок понижених температур повітря дефіцит вологи в цей період буде меншим порівняно з середнім (на 21 мм), а відносна вологозабезпеченість хоча і буде меншою, ніж в перші два сценарних періоди, але на 0,1 відн. од. вище від середньої багаторічної.

Динаміка площі листя в сценарні періоди буде аналогічна динаміці площі листя при середніх багаторічних даних (рис. 1).

Слід зазначити, що в два перші сценарні періоди наростання площі листя за рахунок підвищення вологозабезпеченості буде йти досить інтенсивно, майже також як і при середніх багаторічних умовах, хоча в загалом вона буде в період максимальних значень трохи нижча, чим середні значення. Так, якщо в період цвітіння при середніх багаторічних умовах площа листя становить 2,21 м²/м², то для періоду 2021-2040 рр. вона очікується в межах 3,07-3,20 м²/м². За розрахунковими даними для другого сценарного періоду вона буде вищою. Для третього періоду

формування площі листя йшло менш інтенсивно, в період цвітіння вона становитиме $2,67 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

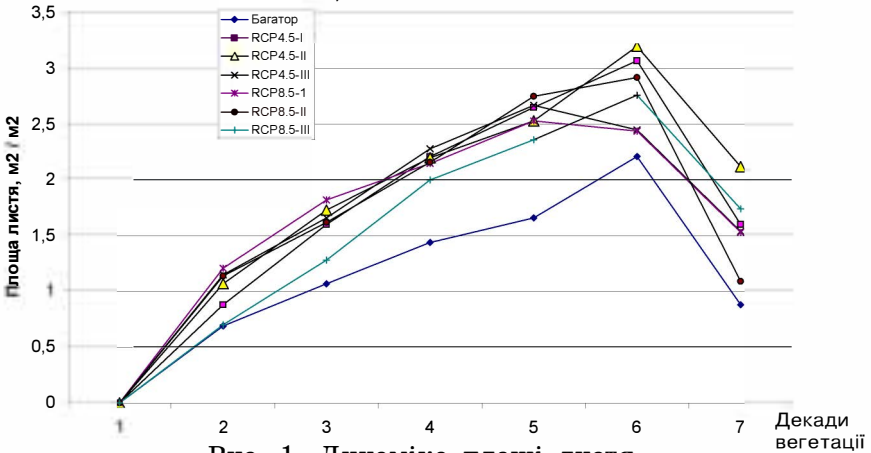


Рис. 1. Динаміка площі листя в період відновлення вегетації - цвітіння в порівнянні середньої багаторічної та сценарних розрахункових даних

В період інтенсивного наростання листкової поверхні (друга-четверта декада вегетації) інтенсивність фотосинтезу листя трав буде майже на рівні середніх багаторічних значень і складатиме $5,2-7,3 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год}$ (рис. 2). Інтенсивність фотосинтезу у третій сценарний період буде нижчою, чим в два перших періоди.

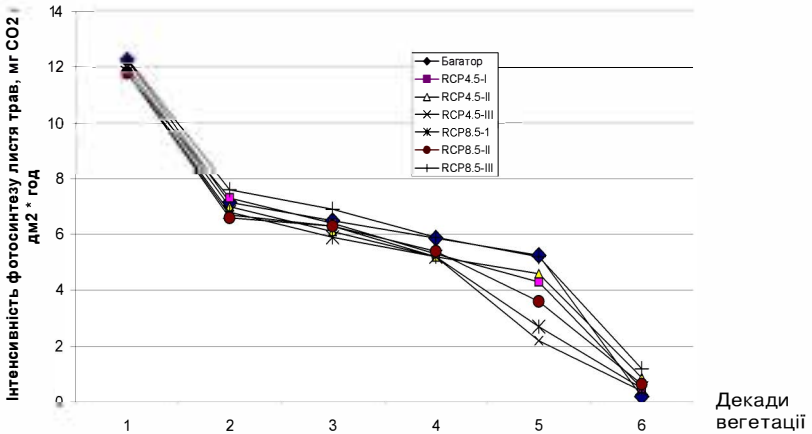


Рис. 2. Динаміка інтенсивності фотосинтезу листя трав в порівнянні середнього багаторічного та сценарних розрахункових даних

При середніх багаторічних умовах значення фотосинтетичного потенціалу трав за період початок вегетації - цвітіння складає 81,8 м²/м². Для всіх сценарних періодів сформується досить високий фотосинтетичний потенціал. Для першого сценарного періоду він буде становити 122,8 м²/м². Суттєве покращення умов вологозабезпеченості у другий сценарний період призведе до збільшення значення фотосинтетичного потенціалу трав майже на 160 % від рівня середнього багаторічного. У третій період фотосинтетичний потенціал трав збільшиться на 28 % порівняно з середніми багаторічними значеннями (табл. 2).

Таблиця 2.
Формування урожаю трав Лісостепу при середніх багаторічних умовах та в порівнянні з формуванням урожаю в умовах за сценаріями зміни клімату

Період сценарій	Вся суха маса, ц/га			Фотосинтетичний потенціал, м ² /м ² за період	Урожай трав при їх вологості 16 %			Баланс гумусу, т/га
	потенційного урожаю	метеорологічно-можливого урожаю	дійсно можливого урожаю		надземної маси, т/га	підземної маси, т/га	загальної маси, т/га	
1980–2010	474	229	158	81,8	6,6	11,7	18,3	0,380
<i>RCP4.5:</i>								
2021–2030	580	324	224	122,8	9,4	16,5	25,9	0,536
2031–2040	562	343	237	131,1	9,9	17,5	27,5	0,568
2041–2050	559	288	199	104,6	8,4	14,7	23,1	0,478
<i>RCP8.5:</i>								
2021–2030	483	293	202	103,9	8,5	14,9	23,4	0,485
2031–2040	495	313	216	119,5	9,1	16,1	25,2	0,521
2041–2050	539	332	229	121,2	9,6	17,0	26,6	0,550

Більша кількість опадів та покращення вологозабезпеченості трав в два перші сценарні періоди обумовить більш високий рівень ММУ всієї сухої маси трав в порівнянні з третім сценарним періодом *RCP4.5* (324-343 ц/га проти 288 ц/га). Очікується, що рівень ДМУ всієї сухої маси трав складатиме в перші два періоди 142-150 % від середнього багаторічного, а для третього періоду він буде на рівні 126 % в порівнянні з середнім багаторічним.

Урожай надземної маси трав при їх вологості 16 % для першого сценарного періоду буде становити 9,4 т/га (табл. 2), що складає 142 % від середнього. В агрометеорологічних умовах другого періоду він буде вищим (150 % від середнього, а для третього періоду він буде на 27 % вище, ніж середні значення).

Очікується, що співвідношення надземної частини біомаси до підземної буде на рівні 0,56.

За сценарієм *RCP4.5* баланс гумусу на ділянках степової рослинності очікується позитивним. Він буде дещо нижчим в порівнянні з балансом гумусу при середніх агрометеорологічних умовах. Його величина очікується для двох перших сценарних періодів на рівні 0,536-0,568 т/га, а для третього періоду — 0,478 т/га, що відповідно становитиме 141-149 та 126 % від середнього багаторічного значення (табл. 2).

За *кліматичним сценарієм RCP8.5* вегетація трав почнеться на декаду пізніше. В середньому багаторічному вона починається в кінці березня (табл. 1). За період початок вегетації - цвітіння трав буде очікуватись збільшення приходу сонячної радіації. Порівняно з середньою багаторічною величиною (61,2 кДж/см²) кількість ФАР буде становити 102-113 % від середньої величини. Нижчою вона буде у перший сценарний період (62,4 кДж/см²), вище у другому та третьому періоді (69,0-69,2 кДж/см²) (табл. 1).

Динаміка ПУ подібна динаміці ФАР за сценарними періодами. В перший сценарний період вона очікується на рівні 483, в другий — 495, а в третій — 539 ц/га, що буде складати від середнього багаторічного значення (474 ц/га) відповідно 102, 104 та 114 % (табл. 1).

В сценарні періоди середня за період початок вегетації - цвітіння трав температура повітря очікується, особливо в два перші періоди, майже на рівні середньої багаторічної, вона на 0,1-0,2 °С нижче середньої. В третій період вегетація трав буде проходити на фоні досить пониженої температури, що на 1,2 °С нижче середньої багаторічної.

Кількість опадів за період початок вегетації - цвітіння трав у перший сценарний період на 5 % нижче базової величини. У другий і третій періоди сума опадів очікується на рівні 112-119 % від базової. Покращаться умови вологозабезпеченості рослин, при цьому дефіцит вологи ($E_0 - E$) зменшиться від 69 до 19-25 мм. Відносна вологозабезпеченість трав (E/E_0) суттєво зросте з 0,66 до 0,84-0,86 відн. од. Величина ГТК буде характеризувати достатні умови зволоження. У дві перші декади вона очікується на рівні 1,57-1,58 відн. од. В третій період, на фоні понижених температур повітря та збільшення кількості опадів, ГТК буде складати 2,11 відн. од. (середня багаторічна величина ГТК знаходиться на рівні 1,3 відн. од. (табл. 1).

Площа листя травостою буде формуватись аналогічно динаміці площі листя при середніх багаторічних агрометеорологічних умовах, але на дещо вищому рівні (рис. 1). В період цвітіння вона буде на 0,3-0,6 м²/м² більшою в порівнянні з середньою багаторічною величиною (2,21 м²/м²). За розрахунками очікується, що найменший рівень відносної площі листя буде у перший сценарний період (2,44 м²/м²). На суттєве покращення умов зволоження у третій сценарний період травостій реагує наростанням площі листя. У третій період вона складатиме 2,76 м²/м².

У дві перші декади вегетації інтенсивність фотосинтезу листя трав буде знаходитись на досить високому рівні (рис. 2). В період інтенсивного наростання листкової поверхні (друга-четверта декади вегетації) інтенсивність фотосинтезу листя у двох перших періодах буде досягати 5,4-6,8 мг СО₂/дм²-год, що близько до середніх багаторічних значень. У третій, найбільш сприятливий за температурним режимом та режимом зволоження період, інтенсивність фотосинтезу листя трав буде вищою від інтенсивності фотосинтезу листя при середніх багаторічних агрометеорологічних умовах.

При такій фотосинтетичній діяльності травостою трав сформується досить високий фотосинтетичного потенціалу травостою за період початок вегетації - цвітіння (103,9-121,2 м²/м² за період), значно вищий за значенням порівняно з фотосинтетичним потенціалом, який формується при середніх багаторічних умовах. Для першого сценарного періоду він буде становити 127 % від середнього багаторічного значення. Для другого і третього періоду значення фотосинтетичного потенціалу трав буде складати 146-148 % від середньої багаторічної величини (табл. 2).

При сценарних агрометеорологічних умовах у перший період рівень ММУ буде становити 293 ц/га всієї сухої рослинної маси, що більше, чим рівень ММУ травостою при середніх багаторічних умовах (229 ц/га). Це складатиме 128 % від середнього багаторічного значення (табл. 2). У другий і третій періоди величина ММУ буде ще вищим і складатиме 313-332 ц/га, що становить 137-145 % від середніх значень. Природна родючість ґрунту корегує рівень ММУ трав, вона понизиться до рівня ДМУ травостою, який для першого періоду складатиме 202 ц/га всієї сухої рослинної маси (128 % від середнього значення). У другий і третій сценарний період рівень ДМУ буде складати 216-229 ц/га

всієї сухої рослинної маси, що становитиме відповідно 137 і 145 % від середнього багаторічного значення .

За розрахунками відповідно за сценарієм *RCP8.5* урожай надземної маси трав при їх вологості 16 % для першого сценарного періоду буде становити 8,5 т/га (табл. 2). В агрометеорологічних умовах другого та третього періодів очікується, що він сягатиме 9,1-9,6 т/га, що складатиме 138-145 % від середнього значення.

Слід відзначити, що в порівнянні зі розрахунками за сценарієм *RCP4.5* у перші два періоди за сценарієм *RCP8.5* очікується зменшення урожайності надземної маси трав на 0,8-0,9 т/га, а в третій період урожай буде вище на 1,2 т/га. Співвідношення надземної частини біомаси до підземної очікується на рівні 0,56 (табл. 2).

На ділянках степової рослинності баланс гумусу за сценарієм *RCP8.5* очікується позитивним, але дещо нижчим в порівнянні з балансом гумусу при реалізації сценарію *RCP4.5*. Його величина очікується для першого сценарного періоду на рівні 0,485 т/га (128 % від середнього), а для другого і третього періоду — 0,521-0,550 т/га, що відповідно становитиме 137 та 145 % від середнього багаторічного значення.

Висновки. В умовах зміни клімату за реалізації сценаріїв в різні періоди за десятиріччями відбуватимуться неоднозначні зміни умов формування продуктивності лучної та степової рослинності. Зміна волого-температурних умов спричинить незначне збільшення поверхні листя, що в свою чергу сприятиме збільшенню біомаси рослин. Майже в усі три періоди за розрахунками за сценаріями зростуть екологічні категорії врожайності трав. Баланс гумусу теж збільшиться, збільшиться і співвідношення надземної і підземної частини рослин.

Література

1. Шищенко П. Г. Антропогенные преобразования современных ландшафтов // Природная среда и хозяйственная деятельность человека. — К.: Изд-во Киев.ун-та, 1985. — С. 114-131.
2. Шищенко П. Г. Глобалзація і деверсифікація функцій сучасних ландшафтних систем в контексті різноманіття // Проблеми ландшафтного різноманіття України. — К., 2000. — С. 17-20.

3. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н. И. Базилевич. — М.: Наука, 1993. — 293 с.
4. Кормопроизводство / Парахин Н. В., Кобозев И. В., Горбачев И. В. и др. — М.: Колос, 2006. — 432 с.
5. Flora and vegetation of dry grassland of Northeastern Ukraine, and problems of diversity conservation / Vladimir Romkin, Galina Savchenko. — *Насгуетия* 15/2, 2016. — P. 49-62.
6. Проблеми ландшафтного різноманіття України.: Зб. наук. праць. — К.: Карбон. Лтд, 2000. — 325 с.
7. Полевой А. Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности с.-х. культур // *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. — Одеса: Екологія, 2004. — Вип. 48. — С. 195-205.
8. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса: Екологія, 2011. — 694 с.
9. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса: ТЕС, 2015. — 520 с.

Тутов С. Г., Данилова Н. В.

ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ РОСТУ ПРОСА ЗА СЦЕНАРІЄМ RCP4.5 В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Вступ. Зміна клімату може впливати на сільське господарство різноманітними шляхами. За межами певного діапазону підвищення температури, як правило, призводить до зниження врожайності, так як розвиток сільськогосподарських культур прискорюється, і в процесі цього скорочується обсяг зерна. Крім того, більш високі температури порушують здатність рослин отримувати та використовувати вологу. Випаровування з ґрунтів прискорюється при підвищенні температури і збільшенні транспірації, тобто виділення вологи листям рослин. Оскільки глобальне потепління, як правило, призводить до збільшення атмосферних опадів, чистий вплив більш високих температур на водозабезпеченість — це результат “змагання” між підвищеним сумарним випаровуванням і великою кількістю опадів. У цьому “змаганні” зазвичай перемагає сумарне випаровування. Але одна з головних причин зміни клімату — викиди вуглецю — може

також надавати позитивну дію на сільське господарство завдяки прискоренню фотосинтезу багатьох важливих сільськогосподарських культур (так звані культури типу C_3). Наукові дані, втім, аж ніяк не підтверджують переваги вуглецевого живлення. Однак відомо, що це явище не надає позитивного впливу на культури типу C_4 , які за вартістю становлять приблизно чверть всіх сільськогосподарських культур [1, 2].

Урожайність сільськогосподарських культур як результуючий показник землеробства і рослинництва становить великий інтерес для досліджень агрокліматичного потенціалу конкретних територій України. На процес формування врожаю, як відомо, впливає безліч чинників. Основними з них є приплив сонячної радіації і ступінь її поглинання посівами, волога, тепло, ґрунтова родючість, рівень агротехніки, сортові особливості рослин, фотосинтетичний потенціал посівів [3].

Опис об'єктів і методів досліджень. Метою дослідження є оцінка зміни агрокліматичних умов росту проса за сценарієм RCP4.5 в Північному Степу. Аналіз проводиться шляхом порівняння середніх багаторічних агрометеорологічних показників за чотири періоди: 1) середньо багаторічний період з 1980 по 2010 рр.; 2) з 2021 по 2030 рр.; 3) з 2031 по 2040 рр.; 4) з 2041 по 2050 рр.

Для досліджень використовувалися дані спостережень на мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій Української Гідрометслужби [4], дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі RASMO2. Була використана модель А. М. Польового [5].

Опис і аналіз результатів. При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фітомаси посівів проса визначається приходом ΦAP за період і коефіцієнтом її використання. Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування проса відбудеться зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури до яких відноситься ΦAP .

За середніми багаторічними даними прихід ΦAP за період сходи - повна стиглість складає 105,0 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 в I та II періоди очікується збільшення ΦAP до 132,2 та 128,7 кДж/см², що складає 126 та 123 % від середньо багаторічного. В III період прихід ΦAP буде нижчим, ніж в I та II сце-

нарних періодах, але вищим за середньо багаторічну і складатиме 120,9 кДж/см² — 115 % (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняння агрометеорологічних показників умов вегетації проса за середньо багаторічними даними (1980-2010 рр.) та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу (за період сходи - повна стиглість)

Період, сценарій	Середня температура повітря за період, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980-2010	18,4	179	365	711	0,51	1,01	105,0
RCP4.5:							
2021-2030	17,8	146	282	730	0,39	0,84	132,1
2031-2040	17,9	177	302	746	0,40	1,32	128,7
2041-2050	18,2	119	249	833	0,30	0,87	120,9

ПУ всієї сухої маси проса в середньому багаторічному складає 1651 кДж/см². Так як ПУ залежить від ФАР, то в I та II періоди ПУ збільшиться до 2057 та 1999 г/м²дек, що складає 126 та 121 % від середньо багаторічного. В III період із-за зниження ФАР ПУ зменшиться до 115 % (табл. 2).

Таблиця 2.

Формування урожаю проса за середньо багаторічними даними (1980-2010) рр. та за сценарієм зміни клімату RCP4.5 в Північному Степу (за період сходи - повна стиглість)

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м ² дек			Фотосинтетичний потенціал, м ² /м ² за період	Баланс гумусу, т/га	Урожай проса при вологості 14 %, ц/га
	потенційного урожаю	метеорологічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю			
1980-2010	1651	852	528	189,4	0,074	24,1
RCP4.5:						
2021-2030	2057	897	556	266,4	0,078	25,4
2031-2040	1999	865	536	293,3	0,075	24,4
2041-2050	1899	767	476	239,3	0,067	21,7

За середньо багаторічними даними середня температура повітря складає 18,4 °С. За умовами реалізації сценарію RCP4.5 середня температура повітря в I та II періоди буде нижче на 0,6 та 0,5 °С, порівняно з середньою багаторічною. В III період температура повітря складатиме 18,2 °С, що на 0,2 °С нижче від середньо багаторічної (табл. 1).

Сума опадів за вегетаційний період проса в середньо багаторічному складає 179 мм. В I період сума опадів зменшиться 33 мм і складатиме 146 мм. В II період сума опадів буде близькою до середньо багаторічної і складатиме 177 мм. В III період сума опадів зменшиться до 119 мм, що на 60 мм менше за середньо багаторічну (табл. 1).

За кліматичним сценарієм RCP4.5 за період сходи - повна стиглість сумарне випаровування знизиться з 365 мм до 282 мм в I період і до 302 мм в II період. Випаровуваність збільшиться з 711 мм до 730 мм в I період і до 846 мм в II період. Із-за зменшення кількості опадів погіршаться і умови вологозабезпеченості посівів, і складатимуть відносно 76 та 78 % від середньо багаторічної. ГТК в I та II періоди складатиме 83 та 131 %, в порівнянні з середньо багаторічним.

В III період сумарне випаровування зменшиться до 249 мм, а випаровуваність збільшиться на 833 мм, в порівнянні з базовим періодом. В цей період умови вологозабезпеченості будуть трохи гіршими, в порівнянні з I та II періодами та з середньо багаторічним значенням і складатимуть 59 % від середньо багаторічної величини. ГТК в III складатиме 86 % від середнього багаторічного (табл. 1).

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування проса, які розглянуто вище, відбудеться зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів.

За умовами реалізації сценарію RCP4.5 із-за зміни агрокліматичних умов вирощування проса рівень динаміки площі листя за сценарні періоди буде нижчим (рис. 1), порівняно з середньо багаторічним періодом. Так, із-за зниження вологозабезпеченості в I та II періоди площа листової поверхні в період її максимального розвитку зменшиться з 4,74 м²/м² до 4,04 та 3,94 м²/м². В III період очікується трохи вищий рівень площі листя і складатиме 4,48 м²/м².

ФП за середньо багаторічний період та за сценарні періоди максимального значення здобуває в кінці вегетаційного періоду. За сценарними показниками ФП знизиться з 217,8 м²/м² до 210,6 м²/м² в I період, до 189,0 м²/м² в II період і до 194,6 м²/м² в III період (табл. 2).

Рівень ММУ, який залежить від факторів тепла і вологи, в середньо багаторічному складає 852 м²/м². В I та II періоди ММУ

зросте до 897 та 865 г/м²дек, що складатиме 105 та 102 % від середньо багаторічного. В III період із-за гірших умов вологозабезпеченості ММУ зменшиться до 767 г/м²дек, що складатиме 90 % від середньо багаторічного (табл. 2).

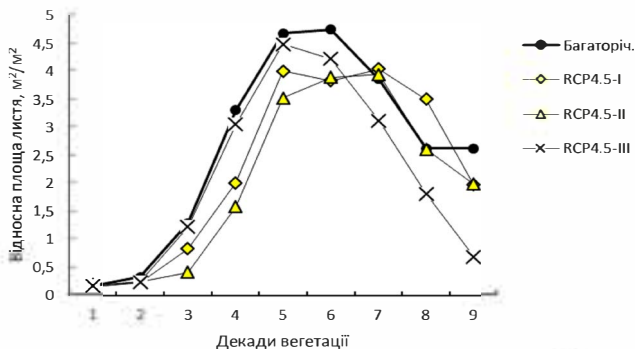


Рис. 1. Динаміка площі листя проса за вегетаційний період в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахункових даних в Північному Степу

За умовами сценарію RCP4.5 з урахуванням природної родючості ґрунту рівень ДМУ в I та II сценарні періоди зросте до 556 та 536 г/м²дек, що складатиме 105 та 102 % від середньо багаторічного. В III період ДМУ зменшиться до 476 г/м²дек, що складатиме 90 % від середньо багаторічного.

Урожай проса при 14 %-й вологості при середніх багаторічних умовах становить 24,1 ц/га (табл. 2). В перші два сценарні періоди урожай зросте до 25,4 та 24,4 ц/га, що становить 105 та 101 % від середньо багаторічного, а в III період зменшиться до 21,7 ц/га, тобто до 90 % від середньо багаторічного.

Баланс гумусу під посівами проса складатиме для двох перших сценарних періодів 105 та 101 %, а в III період зменшиться до 91 % від середньо багаторічного (табл. 2).

Висновки. В ході роботи виконано оцінку зміни агрокліматичних умов росту проса під впливом світлового, теплового та водного режимів для Північного Степу України. Аналіз проводився шляхом порівняння даних за середньо багаторічний період 1980-2010 рр. та за кліматичним сценарієм RCP45 за розрахункові періоди 2021-2030, 2031-2040 та 2041-2050 рр. Із розрахунків видно, що за сценарні періоди, в порівнянні з фактичним 1980-2010 рр. очікуються кращі агрокліматичні умови, що призведе до збільшення урожаю проса.

Література

1. Cline, William R. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. (Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics), 2007.
2. Kole, C., Muthamilarasan, M., Henry, R., Edwards, D., Sharma, R., Abberton, M. Application of genomics-assisted breeding for generation of climate resilient crops: progress and prospects. *Front. Plant Sci*, 2015.
3. Корзун О. С. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь: монография / О. С. Корзун, Т. А. Анохина, Р. М. Кадыров, С. В. Кравцов. — Гродно: ГГАУ, 2011. — С. 6.
4. Агрокліматичний довідник по території України / За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенко. — Кам'янець-Подільський, 2011. — 107 с.
5. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. — К.: КНТ, 2007. — 344 с.

Шевченко Н. П., Ільїна В. Г.

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПЕСТИЦИДАМИ

Вступ. На сучасному етапі надзвичайно загострюються екологічні аспекти землекористування в Україні. Пестициди є одним із важливих елементів інтенсивних технологій, без яких неможливе одержання високих і стабільних урожаїв практично жодної сільськогосподарської культури. Особливості впливу пестицидів на довкілля полягають у їх циркуляції в біосфері протягом тривалого часу. Математичне моделювання, як метод дослідження, у сучасній екологічній науці займає усе більше місця.

На території України зараз є безліч небезпечних відходів, а також агрохімікатів, що давно втратили основний спектр своєї дії та знаходяться в не задовільному стані, на покинутих складах та заводах. Це стосується і умов Черкаської області.

Недостатньо обґрунтованим є твердження, що застосування пестицидів дає змогу зберегти майже третину врожаю. Практика свідчить, що повного збереження врожаю не можна добитись препаратами. Так, незважаючи на десятикратне зростання ви-

користання пестицидів за чотири останніх десятиріччя загальні втрати сільськогосподарської продукції від різних шкідників, бур'янів і хвороб не знизились, а навпаки, зросли з 31 до 37 %. До 40 % пестицидів у нас розпилюється в повітря, що категорично забороняється у багатьох країнах. Часто завищують норми витрат пестицидів [1].

При надходженні в ґрунт пестициди зв'язуються з органічною речовиною, перерозподіляються за профілем, трансформуються і мінералізуються під дією ґрунтової мікрофлори. Всі пестициди під впливом абіотичних та біотичних факторів розкладаються до нескладних сполук: води, вуглекислого газу тощо, які потім включаються у загальний кругообіг елементів. Певна частина пестицидів поглинається рослинністю, виноситься поверхневим та ґрунтовим стоком, що зумовлює їх надходження у водні джерела, а потім і в донні відклади [1].

Міграція токсичних речовин в екологічних системах і харчових ланцюгах призводить до нагромадження залишкових кількостей пестицидів у природних об'єктах і в організмах. Пестициди володіючи високою біологічною активністю здатні негативно впливати на організм людини. Крім того, слід відзначити, що це — отрутохімікати, які застосовуються для знищення живих організмів і тому є потенційно небезпечними для всього живого, у тому числі і для людини. Їх вплив на населення пов'язаний в першу чергу із наявністю залишкових кількостей у продуктах харчування та міграцією у навколишнє середовище. Потенційна можливість негативних наслідків на людський організм пов'язана зі здатністю пестицидів викликати гострі отруєння, алергію, дерматит, бронхіальну астму і т.д. Дія пестицидів через харчові ланцюги виявляє для людини набагато більшу небезпеку, ніж радіоактивність, тому що небезпека радіоізоотопів встановлена, а про токсичність пестицидів відомо дуже мало [2].

Мета роботи. За допомогою математичної моделі виконати оцінку впливу пестицидів на ґрунтово-рослинний покрив Черкаської області, з урахуванням стану навколишнього середовища, якості зрошувальних вод, характеристик ґрунту та біологічних особливостей рослинного покриву .

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є сільськогосподарські угіддя Черкаської області.

Вихідні данні. Для оцінки сучасного стану забруднення сільськогосподарських угідь Черкаської області використано інфор-

мацію про вміст остаточних кількостей пестицидів у ґрунтах та показники стану навколишнього середовища за 2011-2014 роки [3].

Методи дослідження. Одним із найважливіших підходів до визначення та інтегральної оцінки впливу пестицидів на стан навколишнього середовища є вивчення динаміки їх поширення і трансформації в різних середовищах, у тому числі в ґрунтах.

Теоретичною моделлю розчинення, перенесення, поглинання й розпаду пестицидів в ґрунтах у разі одновимірного руху розчину в пористому середовищі є рівняння дифузії [6]:

$$m_0 \frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - V \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial t} - \alpha U + f(x), \quad (1)$$

де $D = DM + \lambda|V|$ — дифузійна складова; α — коефіцієнт швидкості розпаду пестициду; U — концентрація пестициду в розчині; V — швидкість фільтрації; db/dt — швидкість розчинення пестициду у воді; $f(x)$ — функція поглинання пестициду кореневою системою.

На сьогодні часто обмежуються розглядом “точкових” моделей, хоча таке спрощення може бути вкрай небезпечним: усереднюючи поведінку пестициду в просторі, тим самим не враховують можливість нагромадження його в окремих точках простору, вище за норми гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Результати дослідження. У роботі розглядається забруднення пестицидами ґрунтово-рослинного покриву, враховуючи важливість зрошувальних агроценозів у виробництві продуктів харчування і достатньо високу інтенсивність процесів міграції пестицидів в системі “вода — рослина” в умовах зрошувального землеробства. Цей фактор є дуже важливим в умовах зміни клімату у бік збільшення температури та зменшення кількості опадів. За даними 2013 р. виконано оцінку вмісту залишкових кількостей пестицидів у ґрунтах деяких районів Черкаської області (табл. 1).

З табл. 1 видно, що в цілому по області спостерігається перевищення ГДК вмісту пестицидів майже у половині досліджуваних проб, при цьому середнє значення перевищень ГДК складає 2 рази.

У табл. 2 представлена інформація про забруднення залишками пестицидів продукції рослинництва, яка отримана за допомогою приведеної вище математичної моделі. При цьому в якості досліджуваної культури було вибрано цукровий буряк, який є

основною сільськогосподарською культурою, яка культивується на цій території.

Таблиця 1.

Вміст залишкових кількостей пестицидів

Район	Кількість проб	Перевищення ГДК
Монастирищенський	6	2
Христинівський	3	2
Катеринопільський	6	4
Тальнівський	3	6
Корсунь-Шевченківський	7	8
Чорнобаївський	6	6
Смілянський	21	12

Таблиця 2.

Вміст залишкових кількостей пестицидів у продукції рослинництва (на прикладі цукрового буряку) по Черкаській області

Назва препарату	Проаналізовано	З них містять ЗКП	Вміст ЗКП			ГДК
			сер.	мін.	макс.	
ДДТ	281	8	0,05	0,05	0,05	0,10
ГХЦХ	212	9	0,06	0,05	0,10	0,10
Бетанал	81	31	0,09	0,04	0,20	0,20
Ленацил	11	5	0,08	0,05	0,10	0,50
Дуал	36	3	0,05	0,03	0,10	0,05
Фюзілад	1	1	0,10	0,10	0,10	0,20
Тарга	42	5	0,06	0,02	0,10	0,10

Крім цього, ця культура виступає однією з основних технічних культур, продукція якої є основним продуктом переробки у продукти харчування. Залишкові концентрації пестицидів були виявлені в корені цукрового буряка. Перевищень ГДК не спостерігалось. Найбільшу кількість проб забруднено бетаналом — 31, найменшу — фюзіладом — 1.

У табл. 3 приведені значення зміни концентрації бетаналу в залежності від часу внесення в ґрунти та кількості діб після його внесення, отримані за допомогою даної математичної моделі. Виходячи з даних таблиці видно, що максимальні концентрації відзначені у момент його внесення в ґрунти. Зменшення кількості концентрації цього пестициду на 5 добу після внесення склало 10-12 % від початкового внесення. У варіанті, коли було внесено спочатку 2 мг/кг, зменшення у 5 добу склало 30-40 %. Подальше збільшення часу до 90 діб при мінімальній кількості внесеного бетаналу склало 30-35 % від початкової кількості, що дорівнює відсотку, який склав при максимальній кількості на 5 добу.

Таблиця 3.

Зміни концентрації бетаналу $C(t)$ залежно від часу

Відразу після внесення в ґрунти	$C(t)$, мг/кг				
	5 діб	30 діб	50 діб	75 діб	90 діб
0,71	0,66	0,49	0,42	0,36	0,28
1,02	0,84	0,67	0,53	0,48	0,39
1,35	1,11	1,00	0,92	0,79	0,63
2,00	1,16	1,42	1,22	1,02	1,00

При збільшенні початкового внесення дія його на ґрунти із збільшенням часу значно не зменшується, тобто на 5 добу вона складає 1,167 мг/кг, а на 90 добу — 1,03 мг/кг, тобто зменшення склало біля 10 %.

При мінімальній кількості внесеного пестициду різниця між 5 добою та 90 добою склала значно більшу кількість у межах 40-50 %. Виходячи з даних таблиці, можна зробити висновок про те, що зменшення кількості внесеного пестициду до мінімальної дає більший ефект, ніж внесення більшої кількості для отримання максимального ефекту.

Висновки. В умовах Черкаської області на сучасному етапі розвитку агроценозів проблема забруднення ґрунтово-рослинного покриву залишається дуже актуальною. За умови використання математичних моделей можливо виконувати оцінку стану агроценозів, що дає досить достовірні результати (похибка розрахунків складає 17 %). Такі результати дозволяють використовувати математичні моделі для надання практичних рекомендацій що до зменшення негативного впливу хімічних засобів захисту рослин на якісні та кількісні характеристики врожаїв сільськогосподарських рослин на цій території.

Література

1. Пестициди і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. // За ред. М. Д. Євтушенка, Ф. М. Марютіна. — Харків, 2001. — 349 с.
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Черкаській області у 2011 році. — Черкаси, 2012.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Черкаській області у 2012 році. — Черкаси, 2013.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Черкаській області у 2013 році. — Черкаси, 2014.
5. Екологічний паспорт Черкаської області за 2012 рік. — Черкаси, 2013.

6. Лаврик В. І., Боголюбов В. М., Полетаєва Л. М., Юрасов С. М., Ільїна В. І. Моделювання і прогнозування стану довкілля: монографія. — К.: Академія, 2010. — 397 с.

Шпатар К. Р., Ільїна В. Г.

ВИЗНАЧЕННЯ ВІНОСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОСИСТЕМАМИ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Біогенні елементи поступають у гідрографічну мережу від точкових та площинних джерел, розташованих у прибіровочних зонах (до 500 м), улоговин, лощин та балок або у водоохоронних зонах рік [1]. Київська область відноситься до зони з великою кількістю водних об'єктів, які знаходяться у безпосередній близькості до сільськогосподарських угідь. Сучасне сільськогосподарське виробництво передбачає використання мінеральних та органічних добрив, до складу яких входять біогенні елементи, тому оцінка їх вмісту в агросистемах є досить актуальною задачею.

Мета роботи. Оцінити вміст біогенних елементів в агросистемах Київської області за рахунок внесення мінеральних та органічних добрив.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є агросистеми Київської області.

Вихідні данні. Для оцінки сучасного складу біогенних елементів в агросистемах Київської області використано інформацію про вміст мінеральних та органічних добрив у ґрунтах за 2014 р. [2].

Методи дослідження. Розрахунок вносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь (площинні джерела) проводять на основі відомих агрохімічних залежностей, які зв'язують кількість речовин, що виносяться з властивостями ґрунту, видами та врожайністю сільськогосподарських культур [3].

Розрахункове рівняння для визначення вносу біогенів з ґрунту базується на врожайності сільськогосподарських культур як на інтегральному показнику стану декількох базових факторів (ґрунт, метеорологічні умови, тривалість вегетаційного періоду, кількість добрив, які використовуються, засобів їх внесення та ін.)

Питомий внос біогенів з площі, зайнятою і-ю сільськогосподарською культурою (R_i), визначають за формулою (1):

$$R_i = \alpha_N k_i y_i + \alpha_P k_i y_i + \alpha_K k_i y_i \quad (1)$$

де $\alpha_N, \alpha_p, \alpha_k$ — відповідно коефіцієнти виносу азоту, фосфору та калію для різних ґрунтових умов та сільськогосподарських культур; k_i — винос біогенів з ґрунту з урожаєм, кг/т (табл. 2); y_i — фактична врожайність сільськогосподарської культури т/га (табл. 1).

Відповідно загальний винос біогенних речовин з водоохоронної зони річки або іншого водного об'єкту визначають за формулою:

$$\sum W_{пл} = \sum_{i=1}^n R_i S_i \quad (2)$$

де $\sum W_{пл}$ — загальний винос біогенів з площі водоохоронної зони, кг/у рік; R_i — питомий винос біогенів з площі, зайнятої сільськогосподарською культурою; n — кількість сільськогосподарських культур на площі водоохоронної зони; S_i — площа, яка зайнята сільськогосподарською культурою, га.

Таблиця 1.

Урожайність основних видів продукції рослинництва (2014 р.)

Види культур	Урожайність, ц/га
Пшениця	32,8
Ячмінь	28,1
Зернові та зернобобові культури	33,5
Кукурудза на зерно	53,2
Цукрові буряки	262,4
Ріпак	20,0
Соя	16,2
Картопля	149,0
Овочі	204,0

Площу, зайняту культурою, визначають за фактичними даними господарства про структуру посівів (при цьому розрахунки виконано для трьох основних сільськогосподарських рослин).

Таблиця 2.

Винос біогенів з ґрунту з урожаєм сільськогосподарських культур, кг/т

Культура	Ґрунти	N	P	K
Озима пшениця	чорноземи звичайні, каштанові	29,0	10,0	27,0
Ярий ячмінь	чорноземи звичайні	30,4	11,4	22,0
Картопля	усі ґрунти	17,6	6,3	19,5

Початкову кількість внесених біогенних елементів визначають за формулою (3):

$$W_{ВИХ} = \sum_{j=1}^m \Phi_{M_j} W_{CP_j} \quad (3)$$

де $W_{ВИХ}$ — вихідна кількість внесених у ґрунт біогенів, кг/рік; m — кількість видів добрив; Φ_{M_j} — фізична маса j -го виду добрив, що вносяться, т; W_{CP_j} — середній вміст біогенних елементів у добриві j -го виду.

Фізичну масу добрив розраховують за формулою (4):

$$\Phi_{M_j} = \sum_{j=1}^m S_j N_j \quad (4)$$

де S_j — площа внесення j -го добрива, га; N_j — норма внесення j -го добрива, т/га.

Підвищенні втрати біогенів можуть спостерігатись при низьких рівнях технологій використання добрив. Використовуючи дані табл. 2, можна визначити долю втрат біогенних елементів та розрахувати їх сумарний винос з ділянки внаслідок порушень технології ($W_{ПОТ}$, кг/рік) за формулою [1]:

$$\sum W_{ПОТ} = \sum_{j=1}^m W_{ВИХ_j} q_j \quad (5)$$

де q_j — доля втрат біогенних елементів внаслідок порушень технології внесення j -го добрива; $W_{ВИХ_j}$ — вихідна кількість внесення біогенних добрив j -го виду, кг/рік.

Загальна величина виносів біогенів ($W_{заг}$, кг/рік) буде складати:

$$W_{заг} = \sum W_{ПЛ} + \sum W_{ПОТ} \quad (6)$$

а коефіцієнт втрат

$$\alpha_{ПОТ} = W_{заг} / W_{ВИХ} \quad (7)$$

Проблема деградації шляхом ерозії ґрунтів у Київській області, як і в цілому в Україні, не тільки не вирішена, але і дещо загострилася і особливо це відчутно в умовах економічної кризи і реформування земельних відносин.

Результати дослідження. У табл. 3 наведено розрахунок фізичної маси добрив. З даних табл. 3 видно, що для росту і

розвитку багаторічних рослин потрібно вносити найбільшу частку органічних добрив, а потім азотних мінеральних, фосфорних та найменшу частку калійних.

Визначивши фізичну масу добрив, слід визначити початкову кількість біогенних елементів (табл. 4). Згідно даних табл. 4 найбільшу частку біогенних елементів потрібно внести мінеральними добривами, їх кількість значно вища, а ніж органічних. Визначення виносу біогенних елементів різними сільськогосподарськими культурами (табл. 5). З даних табл. 5 видно, що найбільше поживних речовин з ґрунту виносить ячмінь, потім картопля, а найменше пшениця.

Таблиця 3.

Розрахунок фізичної маси добрив, тис. т

Види рослин	Мінеральні добрива			Органічні добрива
	N	P	K	
Багаторічні трави	15643	3069	3540	23483

Таблиця 4.

Внесення початкової кількості біогенних елементів, кг/рік

Мінеральні добрива			Органічні добрива		
N	P	K	N	P	K
190930	72865	41915	30135	15068	14733

Таблиця 5.

Питомий виніс біогенів різних сільськогосподарських культур

Культура	Пшениця	Ячмінь	Картопля
Питомий виніс біогенів, кг/га	28,46	75,19	34,27

Визначення загального виносу біогенних речовин з водоохоронної зони наведено у табл. 6.

Таблиця 6.

Загальний винос біогенних речовин з водоохоронної зони

Культура	Пшениця	Ячмінь	Картопля
Загальний винос, кг/га	7484980	12609363	3197391

З ґрунтів водоохоронної зони найбільше біогенів виноситься ячменем, його загальний винос найбільший в порівнянні з іншими культурами [4]. Визначення втрат біогенних елементів за рахунок порушення технології наведено у табл. 7.

Найбільше біогенів втрачається в посівних площах саме мінеральних добрив, в порівнянні з органічними. Визначення загаль-

ної величини виносу біогенів наведено у табл. 8. З табл. 8 видно, що найбільшу кількість біогенів з ґрунту за рік виносить ячмінь, потім картопля та найменшу кількість пшениця.

Таблиця 7.

Втрати біогенних елементів
за рахунок порушення технології вирощування

Мінеральні добрива			Органічні добрива		
N	P	K	N	P	K
19093	29146	16766	3013	1506	1473

Таблиця 8.

Загальна величина виносу біогенних елементів, кг/рік

Культура	Мінеральні добрива			Органічні добрива		
	N	P	K	N	P	K
Пшениця	824870	777644	765264	751511	750004	749971
Ячмінь	1337308	1290082	1277702	1263949	1262443	1262409
Картопля	396111	348885	336505	3227526	321245	321212

У табл. 9 наведені дані про коефіцієнт виносу біогенних елементів у порівнянні із вносимою кількістю з мінеральними та органічними добривами.

Таблиця 9.

Визначення коефіцієнту виносу біогенних елементів, %

Культура	Мінеральні добрива			Органічні добрива		
	N	P	K	N	P	K
Пшениця	4,3	10,7	18,3	24,9	39,8	40,9
Ячмінь	7,0	17,7	30,5	31,9	8,4	8,5
Картопля	2,1	4,8	8,0	10,7	21,3	21,8

Висновки. Проблема визначення вмісту біогенних елементів в агросистемах та водних об'єктах є досить важливою для території Київської області завдяки складності вирішення проблеми евтрофування водних об'єктів, що є основною екологічною проблемою для даної території. За результатами даної роботи зроблено висновки про значну кількість біогенних елементів, які потрапляють в агросистеми та водні об'єкти, розташовані у водоохоронних зонах. В цілому, коефіцієнт виносу біогенних елементів з території Київської області складає біля 25 %. Цей показник є досить великим, у порівнянні з середнім для України (він складає 17 %).

Література

1. Куценко А. М., Писаренко В. Н. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. — К.: Урожай, 1991. — 387 с.
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Київській області у 2013 році. — К., 2014.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Київській області у 2014 році. — К., 2015.
4. Ефимов В. Н., Донских И. Н., Царенко В. П. Система применения удобрений. — М.: Колос, 2002. — 320 с.
5. Писаренко В. Н., Писаренко П. В., Писаренко В. В. Агроэкология. — Полтава, 2008. — 408 с.

Приходько В. Ю., Кіріяк В. Є.

ОЦІНКА ЕМІСІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ РІЗНИХ СИСТЕМ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ WARM

Вступ. Проблема твердих побутових відходів (ТПВ) є однією з актуальних екологічних проблем України. Відомо, що основним методом поводження з ТПВ є їх захоронення на звалищах і полігонах, які є джерелом впливу на довкілля. Одним із напрямків впливу є утворення та емісія парникових газів (ПГ) внаслідок анаеробної деструкції органічних речовин в тілі полігону. Але ПГ утворюються не лише при захороненні відходів на звалищах і полігонах, а за інших методів поводження з відходами, зокрема, при спалюванні і компостуванні (табл. 1). Оцінка емісії ПГ за різних методів поводження з відходами визначається в Національному Кадастрі антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні (за різні роки), наприклад [1]. Основні процеси в секторі “Відходи”, для яких проводиться інвентаризація викидів ПГ [1]: видалення відходів, біологічна обробка відходів, інсінерація і відкрите спалювання відходів, очищення і скид стічних вод. За даними Національного Кадастру [1], сектор “Відходи” — єдиний, що має позитивну динаміку викидів ПГ, причому, в основному, за рахунок захоронення: на цей метод припадає 66,57 % викидів ПГ у секторі, за період 1990-2016 рр. викиди збільшилися на 26 %.

Як бачимо з табл. 1, при поводженні з відходами утворюються різні ПГ, які відрізняються парниковим потенціалом. Наприк-

лад, 1 т CH_4 еквівалентна 21 т CO_2 , а 1 т N_2O — 298 т CO_2 . Зазначимо, що 99,5 % викидів ПГ припадає на видалення відходів, утворення ПГ від спалювання та компостування досить незначне через малу поширеність цих методів поводження з ТПВ.

Таблиця 1.

Викиди ПГ за різних методів поводження з відходами [2]

Метод поводження з відходами	Утворення ПГ	Динаміка 1990-2015 рр.
Видалення	<u>CH_4</u> , CO_2 , N_2O , НЛОС	74 % від сектору, викиди метану зросли на 24,6 %
Спалювання	<u>CO_2</u> , <u>N_2O</u> , CH_4 , C_mH_n	викиди ПГ скоротилися на 70,5 %
Компостування	CO_2 , <u>N_2O</u> , <u>CH_4</u> , H_2O , C_mH_n	викиди від сектору зросли на 45,4 %

Примітка: підкреслені речовини, викид яких розраховується у Кадастрі

Отже, визначення утворення ПГ за різних методів поводження з ТПВ може виступати критерієм для порівняльної оцінки та обґрунтування стратегії поводження з ТПВ на регіональному рівні. Тому такі дослідження є актуальними.

Метою даного дослідження є оцінка можливостей моделювання та визначення емісії ПГ для різних систем поводження з ТПВ за допомогою моделі WARM. Під системою поводження з ТПВ розуміємо комплекс методів поводження з окремими складовими ТПВ або їх групами. В якості об'єкта для апробації моделі обрана Одеська область: характеристика потоку ТПВ та поводження з ними.

Викладення основного матеріалу дослідження. The U.S. Environmental Protection Agency's (EPA) Waste Reduction Model (WARM) є інструментом, який дозволяє оцінити і порівняти утворення ПГ для різних методів поводження з компонентами ТПВ, включаючи зміни в споживанні матеріальних і енергетичних ресурсів, необхідних для виробництва продукції, яка в процесі використання переходить в категорію відходу.

Модель WARM розглядає такі методи зниження відходоутворення і поводження з відходами [3]:

- 1) скорочення споживання вихідних матеріалів або зниження обсягів виробництва (source reduction);
- 2) рециклінг відходів (recycling);
- 3) захоронення на полігонах (landfilling);

- 4) спалювання з використанням енергії (combustion with energy recovery);
- 5) анаеробне зброджування (anaerobic digestion);
- 6) компостування (composting).

За допомогою порівняння базового та альтернативного сценаріїв поводження з ТПВ, WARM дозволяє оцінити енергетичні наслідки і викиди ПГ.

Загальна формула для визначення емісії для кожного із сценаріїв, покладена в основу моделі WARM (сценарії управління матеріальними потоками) [3]:

$$\begin{aligned} \text{Чисті викиди ПГ} = & \text{Валові виробничі викиди ПГ} - \\ & - (\text{Збільшення в запасах вуглецю} + \\ & + \text{Запобігання викидів ПГ при використанні вторсировини}) \end{aligned}$$

Методологічна основа WARM — це скорочений життєвий цикл (ЖЦ) з орієнтацією на утворення ПГ за різних фаз циклу. ЖЦ включає наступні етапи: 1) добування та переробка сировини; 2) виробництво продукції; 3) транспортування продукції на ринки; 4) використання продукту споживачами; 5) поводження з матеріалами після закінчення строків служби. При цьому WARM не включає викиди від етапу споживання продукту, оскільки воно не впливає на викиди ПГ за різних підходів до поводження з відходами.

Модель WARM постійно оновлюється (майже щорічно). Для зручного користування моделлю існує інструмент Excel Current WARM Tool - Version 14, остання версія моделі WARM була випущена у березні 2016 року, до цієї моделі було включено анаеробне зброджування як метод поводження з органічними відходами. Остання версія моделі WARM 14 (березень 2016) налічує 54 компонента ТПВ, серед яких такі групи відходів: метал і скло; полімерні відходи; папір і деревина; органічні відходи; композитні вироби (комп'ютер); будівельні відходи; змішані відходи.

Також зазначимо, що модель працює не тільки для компонентів ТПВ, що містять біодоступний вуглець, який є джерелом для утворення ПГ, а й для інших відходів у складі ТПВ. Відповідно до Керівних принципів національних інвентаризацій ПГ [4], до таких компонентів відносять: папір і картон, текстиль, харчові відходи, деревина, садово-паркові відходи, а також засоби особистої гігієни та гума і шкіра.

Для моделювання утворення ПГ за різних систем поводження ТПВ нами була обрана Одеська область. Проблема відходів є

актуальною для Одеської області, де щорічно утворюється близько 6,1 млн. м³ ТПВ, а це близько 9 % від загального об'єму ТПВ по Україні. Основним методом поводження з відходами є їх видалення у спеціально відведені місця. Загальна кількість полігонів і звалищ в 2016 р. склала 608 площею 1274,9 га [5]. В Одеській області є основа для створення ефективної системи поводження з ТПВ: існують організації по утилізації вторсировини, розроблена інтерактивна карта розташування міських пунктів прийому вторсировини і предметів, які вимагають особливої утилізації “Куди здати відходи” і т.п. Розроблена основа для ефективного управління і поводження з ТПВ — Програма поводження з ТПВ в Одеській області на 2013-2017 рр. Основними напрямками цієї Програми були: 1) будівництво нових полігонів (близько 40); 2) роздільний збір; 3) впровадження сміттесортувальних комплексів; 4) будівництво заводів по переробці ТПВ (м. Ізмаїл, м. Котовськ). Але через відсутність фінансування програма не була реалізована. Нині розроблений новий проект Програми поводження з ТПВ в Одеській області на 2018-2022 рр. [6]. В основі нової концепції — створення п'яти кластерів для комплексного поводження з ТПВ. Вважаємо, що попри низку природоохоронних ініціатив, в найближчій перспективі захоронення буде залишатися основним методом вирішення проблеми відходів. Отже, приймаємо поточну ситуацію з ТПВ в Одеській області в якості базового варіанта поводження з ТПВ.

Для визначення емісії ПГ за різних систем поводження з ТПВ для умов Одеської області необхідно визначити кількість відходів окремої категорії (залежить від морфологічного складу ТПВ та обсягів утворення відходів). В окремих випадках ми розділяли ТПВ, які утворюються в Одеській агломерації (544 тис. т) і захоронюються на полігоні “Дальницькі Кар'єри”, та весь обсяг ТПВ області (922 тис. т). В моделі WARM поняття системи або методу (способу) поводження з ТПВ ототожнюється з терміном “сценарій”.

Розглянемо такі сценарії поводження з ТПВ в Одеській області (табл. 1). Для роботи з моделлю нами визначені маси таких компонентів ТПВ, як харчові відходи, пластмаса, ПЕТ-плівка, папір і картон, текстиль, гума, деревина, метали, будівельні відходи, садово-паркові відходи та інші.

За допомогою моделі WARM оцінимо ці сценарії за величиною емісії ПГ (табл. 2).

Таблиця 1.

Різні сценарії поводження з ТПВ в Одеській області

1-й сценарій (базовий)	2-й сценарій	3-й сценарій	4-й сценарій
Валовий збір та захоронення компонентів ТПВ	Захороненню підлягають всі відходи, крім потоку органічних відходів, що легко розкладаються. Харчові, садово-паркові відходи та деревина подаються на анаеробне збродження	Харчові, садово-паркові відходи та деревина надходять на компостування. Спалюванню підлягають пластмаса, папір та картон. Решта захоронюється	Потік органічних ТПВ, що легко розкладаються, подається на анаеробну ферментацію. Папір і картон, метали, пластмаса сортуються і утилізуються. Решта захоронюється

Таблиця 2.

Результати оцінки емісії ПГ, т CO₂-екв,
за допомогою моделі WARM

Показник	Сценарій			
	1	2	3	4
Кількість утворених ПГ	886796	339450	168368	210880
Кількість відвернутих ПГ	–	547346	718428	675916

Як бачимо з табл. 2, кількість утворених ПГ за різних сценаріїв поводження з ТПВ відрізняється. Але зауважимо, що комплексне використання компонентів ТПВ в якості вторресурсів дозволяє зменшити вплив ТПВ на довкілля в напрямку утворення та емісії ПГ в атмосферу.

Необхідно зауважити, що застосування моделі WARM для умов Одеської області можливо лише у випадку порівняльної оцінки різних сценаріїв, оскільки, як зазначається в інструкції до моделі [3], модель має обмежене використання за межами країни-розробника [7]. На відміну від моделей з Національного Кадастру [1] (наприклад, Національна модель), WARM є достатньо комплексною моделлю, має широкий вибір типів відходів та методів поводження з ними, а також результати можна отримати і за альтернативними сценаріями, враховуючи кількість відходів, яка подається на спалювання, компостування, рециклінг і т.д. Недоліками її є відсутність адаптації до українських умов, а також відсутність можливості оцінити емісію окремих ПГ [7].

Висновки. Всі методи поводження з ТПВ є джерелами утворення ПГ. Як бачимо, величина емісії ПГ за різних підходів до вирішення проблеми ТПВ може бути індикатором впливу на

довкілля. Враховуючи результати комплексного моделювання утворення ПГ за допомогою моделі WARM, можна сказати, що для мінімізації негативного впливу ТПВ на довкілля потрібно впроваджувати систему управління ТПВ та широко використовувати ресурсний потенціал компонентів ТПВ, особливо із залученням таких методів, як повторне використання та рециклінг окремих компонентів ТПВ. Це стає можливим за умов диференціації потоку ТПВ в момент утворення з вилученням потоку органічних відходів, які легко розкладаються та отриманням чистого потоку вторинних матеріальних ресурсів для подальшої переробки.

Література

1. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory Report 1990-2016 / Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Kyiv, 2017. 519 p. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip.
2. Приходько В. Ю., Кіріяк В. Є. Оцінка емісії парникових газів за різних методів поводження з твердими побутовими відходами // Мат. Міжнар. наук. конф. мол. вчених “Регіональні проблеми охорони довкілля”, 30 травня - 1 червня 2018 р., ОДЕКУ. — Одеса: ТЕС, 2018. — С. 182-185.
3. User's Guide WARM version 14. — URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-02/documents/warm-users-guide-excel_v14_march2018.pdf
4. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов / МГЭИК, 2006. Т. 5 (Отходы). — URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol5.html>.
5. Звіт з аналізу існуючого стану системи поводження з ТПВ в Одеській області за 2013-2017 рр. // ТОВ ЕСКО “Екологічні системи”. — 2017. — 37 с.
6. Програма поводження з твердими побутовими відходами в Одеській області на 2018-2022 роки (проект). — URL: <http://oblrada.odessa.gov.ua/wp-content/uploads/03-21-VII.pdf>
7. Приходько В. Ю. Кіріяк В. Є. Оптимізація системи поводження з твердими побутовими відходами на основі моделі WARM // 5-й Міжнар. конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: зб. мат. 26-29 вересня 2018 р., Львівська Політехніка. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. — С. 138.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛ УТВОРЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРИ ПРОЦЕСАХ ПЕРЕСИПАННЯ НА КАР'ЄРАХ

Територія Помошнянського кар'єра ЗАТ “Кіровоградграніт” знаходиться в районі села Кирилівка Добровеличківського району Кіровоградської області та межує:

- з півночі — сільгоспугіддя (рілля);
- зі сходу — струмок;
- із заходу — сільгоспугіддя і незабудовані ділянки землі;
- з півдня — хоч греблю.

Відстань від джерел викидів гірничодобувного виробництва кар'єра до кордону найближчої житлової забудови села Олексіївка становить понад 1000 м, мінімальна відстань від джерел ПДСУ до села Кирилівка — 750 м.

За санітарної класифікації санітарно-захисна зона від джерел гірничодобувного виробництва підприємства, з урахуванням проведення підривних робіт на кар'єрі, становить 1500 метрів (клас I А) [1].

Помошнянській кар'єр ЗАТ “Кіровоградграніт” спеціалізується на видобутку природного каменю (граніту) вибуховим способом в кар'єрі і виробництва щебеню на дробильно-сортувальному ділянці (ПДСУ).

Річний обсяг виробництва щебеню становить 222,0 тис. м³.

До складу підприємства входять:

- гранітний кар'єр;
- дробильно-сортувальний ділянку;
- ремонтні майстерні;
- склад ПММ з АЗС;
- транспортне господарство.

Відповідно до здійснюваними технологічними процесами на підприємстві розглядаються шість видів виробництв: гірничодобувне, дробильно-сортувальне, енергетичне, ремонтно-механічний, складське, транспортне.

Гірничодобувне виробництво включає в себе сукупність технологічних процесів, пов'язаних з видобутком гірської маси (граніту).

Дане виробництво включає в себе:

- бурові роботи;
- масовий вибух;

- розробка негабаритів (буріння і вибух);
- відвантаження гірської маси на транспортні засоби.

Бурові роботи виконуються буровим верстатом швидкісного буріння Atlas Copco ROC - 860 HC, оснащеним установкою очищення ефективністю близько 85 %. У процесі роботи в атмосферне повітря викидається пил неорганічна, що містить діоксид кремнію (SiO_2) 70-20 %.

Масовий вибух проводиться 4 рази на рік за допомогою вибухових речовин. В результаті вибуху гірська порода подрібнюється до розмірів, що дозволяють транспортувати гірничу масу автотранспортом. В результаті масового вибуху в атмосферне повітря викидаються азоту оксиди, вуглецю оксиди, пил неорганічна, що містить SiO_2 70-20 %. Велика потужність виділень зумовлює значне забруднення атмосфери, проте тривалість емісії невелика (в межах 10 хв.), Тому дані викиди відносяться до залпових.

Фрагменти гірської маси великих розмірів, які неможливо завантажити на транспортний засіб (негабариту) підлягають руйнуванню — проводиться розробка негабаритів. Для цього в їх обсязі за допомогою ручних перфораторів пробуривають шурфи і невеликими кількостями вибухових речовин підривають. Характер і склад викидів аналогічний масовому вибуху, а при бурінні шурфів в негабаритах — буровим роботам за допомогою бурових машин.

Виймально-навантажувальні роботи здійснюються екскаватором ЕКГ-5 з електроприводом. В межах кар'єру працює кар'єрна техніка: бурова машина, бульдозер, кран, кар'єрний транспорт. Двигуни зазначених механізмів під час роботи викидають в атмосферу продукти згоряння дизельного палива: азоту оксиди, вуглецю оксид, вуглеводні.

Дробильно-сортувальне виробництво призначене для переробки гірської маси на щебінь. Гірська маса доставляється автотранспортом і перевантажується в приймальний бункер і далі в шнекову дробарку для первинного подрібнення. Пройшовши первинне подрібнення, по стрічковому конвеєру надходить на гуркіт I, де відділяється відсів — дрібні частинки. Після гуркіту I частина гірської маси доставляється в конусний подрібнювач для подальшого подрібнення, а частина — на склад щебеню. Щебінь, який пройшов подрібнення в конусній дробарці, по системі стрічкових конвеєрів далі надходить на грохоти II і III, де відбувається поділ щебеню по більш дрібним фракціям і на відсів.

Під час пересипання і подрібнення гірської маси і щебеню в атмосферне повітря викидається пил неорганічна, що містить SiO_2 70-20 %.

Щебінь різних фракцій надходить на відкриті склади щебеню і відсіву по фракціях: відсів — до 2 мм і до 5 мм; щебінь — 5-10 мм, 10-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм. В межах розміщення відкритих складів щебеню відбувається їх формування: пересипання з конвеєрів, переміщення їх після накопичення за допомогою бульдозерів, а також відвантаження на транспортні засоби споживачів. При виконанні всіх цих робіт в атмосферне повітря викидається пил неорганічна, що містить SiO_2 70-20 %, а також продукти згоряння палива в двигунах техніки, яка використовується при цьому — оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні.

Транспортне виробництво представлено технікою та автомобілями — кар'єрними і загального значення. Зони роботи техніки обмежені територією кар'єра, проте мають динамічний характер, тому площа виділень при бурових, виймальних-навантажувальних, вантажно-розвантажувальних і транспортних роботах рівномірно розподілена по всій території кар'єру. Крім зон роботи техніки та автотранспорту, що забезпечують технологічні процеси основного виробництва, на підприємстві є також гальмобокс загального призначення.

При роботі двигунів в атмосферне повітря викидаються продукти згоряння палива — оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні, а у кар'єрного транспорту — пил з-під коліс.

Енергетичне виробництво представлено котельнею в приміщенні адміністративно-побутового корпусу, в якій встановлено опалювальний котел.

В якості палива на підприємстві використовується вугілля. Річна витрата палива становить близько 8,0 тонн.

Відведення продуктів згоряння від котла проводиться через димову трубу висотою 6 м та діаметром 0,13 м.

Забруднюючі речовини викидаються в атмосферне повітря: оксиди азоту, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, зола, важкі метали: ртуть, мідь, нікель, свинець, хром, цинк, миш'як; а також парникові гази.

До складського виробництва віднесені відкритий склад вугілля і склад ПММ з АЗС. На складі ПММ зберігається і відпускається паливо для транспортних засобів та іншої техніки. На

складі знаходяться ємності для зберігання бензину, дизельного палива і масла, а також паливороздавальні колонки.

При роботі складів в атмосферне повітря викидаються пари бензину, вуглеводнів граничних і масла мінерального, а також пил вугільна.

Ремонтно-механічне виробництво включає в себе майстерні з ремонту та обслуговування техніки, до складу яких входять токарна ділянка і відкритий пост електрозварювання і різання металу. Відкритий пост електрозварювання є також на території кар'єру. У приміщенні токарної ділянки розташований загострювальний верстат. Пил абразивно-металевий, що утворюється при роботі загострювального верстата, викидається в атмосферне повітря за допомогою системи місцевої витяжної вентиляції через патрубок вентилятора.

Склад забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, джерелами ремонтно-механічного виробництва: пил абразивно-металевий, оксиди заліза, марганець та його сполуки, азоту оксиди, вуглецю оксид.

Всього на проммайданчику підприємства 42 джерела викидів, з них 2 організованих.

Організованими джерелами викидів є:

- * димова труба опалювального котла;
- * патрубок вентилятора системи вентиляції приміщення токарного ділянки (заточний верстат).

Неорганізованими джерелами є:

- * завантажувальний бункер;
- * дробильно-сортувальне обладнання — шнековий і конусний подрібнювачі, грохоти;
- * стрічкові конвеєри;
- * відкриті склади щебеню;
- * пости відвантаження щебеню на автотранспорт;
- * двигуни кар'єрної техніки і автотранспорту;
- * відкритий склад вугілля;
- * ворота стоянкового боксу;
- * відкриті пости електрозварювання газового різання металу;
- * ємності для зберігання бензину, дизпалива і масел;
- * паливозаправочні колонки;
- * зони виробництва бурових робіт;
- * зони проведення підривних робіт;

- виймальних-навантажувальні роботи в кар'єрі (зона роботи екскаватора);
- запилювання при русі кар'єрного транспорту.

Забруднюючими речовинами, що виділяються в процесі виробництва, є:

- тверді — пил неорганічна, що містить SiO_2 70-20 %, оксиди заліза, марганець та його сполуки, пил абразивно-металевий, пил вугільна, зола; важкі метали — ртуть, мідь, нікель, свинець, хром, цинк, миш'як;
- рідкі і газоподібні — азоту оксиди, вуглецю оксид, ангідрид сірчистий, бензин нафтової, вуглеводні, масло мінеральне нафтове.

Крім того, при згорянні вугілля в топці котла в атмосферне повітря виділяються парникові гази: вуглекислий газ, метан, діоксид азоту.

Стандартне пилогазоочисне обладнання на підприємстві відсутнє.

Основними виробництвами, що виділяють в атмосферу забруднюючі речовини, є гірничодобувне та дробильно-сортувальний виробництво, а також робота кар'єрної техніки і транспорту безпосередньо на проммайданчику підприємства, які здійснюють бурові, вантажно-розвантажувальні, транспортні та інші роботи, що забезпечують технологічні процеси у кар'єрі.

Розрахунок виконаний на підставі “Тимчасового методичного посібника з розрахунку викидів від неорганізованих джерел у промисловості будівельних матеріалів” Новоросійськ, 1982 р., “Методики розрахунку кількості відхідних, уловлених і викидаються в атмосферу шкідливих речовин підприємствами з видобутку і переробці вугілля”, Перм, 1986 р.

Річна кількість гірської маси, що переробляється — 388,5 тис. тон.

Для розрахунку розсіювання в атмосфері забруднюючих речовин застосовується коефіцієнт усереднення величини викидів щодо 20-хвилинного інтервалу. З урахуванням короткочасності робіт по завантаженню бункера (до 2 хв.) $K_{\text{оср}} = 10$. Величина максимально-разового викиду від джерела складе 0,1200 г/с.

Висновки та рекомендації: технологічне обладнання, яке експлуатується на проммайданчику, в цілому відповідає діючим санітарно-гігієнічним нормам і вимогам. Значне зниження обсягів викидів неорганічного пилу, що містить SiO_2 70-20 %, від

джерел основного виробництва можна забезпечити за умови засто- сування зрошення гірничої маси при дробленні, а також при забез- печенні пилоподавлення і при перевезенні гірничої маси автосамос- кидами з кар'єру на подрібнювально-сортувальне виробництво.

Література

1. Державні санітарні правила “Планування і забудова населе- них пунктів”. — Дод. 5. — К., 1996.
2. Временное методическое пособие по расчету выбросов от не- организованных источников в промышленности строительных материалов. — Новороссийск, 1982.
3. Методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля. — Пермь, 1986.

Вовкодав Г. М., Пономаренко Т. М.

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ПРИ РОЗРОБЦІ ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ

Родовище гранітів знаходиться в с. Кирилівка, Добровелич- ківського району Кіровоградської області. Родовище знаходить- ся в 1 км на північ від с. Кирилівка. Найближчі населені пун- кти є с. Олексіївка, Пісчаний Брід, Любомирка, Кислиця. Районний центр смт. Добровеличківка розташований в 15 км від родовища [1].

Кирилівське родовище гранітів розробляється з 1956 року Поміччанським гранітним кар'єром. Площа розробки 8,3 га. Родовище має запаси корисних копалин у розмірі 27263,3 тис. м².

Якість корисних копалин відповідає вимогам державних стандартів та виробництва будівельного щебеню і каміння було- вого. Район Кирилівського родовища розташований в південно- західній частині Українського кристалічного щиту. Кристалічні породи виходять на поверхню біля річних долин і балок [1].

Граніти розбиті щитами мають грубозернисту або середньо- зернисту основну масу. У геологічній будові родовища прийма- ють участь осадові породи четвертинного віку та кристалічні породи докембрію.

Кирилівське родовище грантів розташовано в межиріччі річок Чорний Ташлик і його лівого притоку річки Грузька на лівому березі струмка. Гідрогеологічні умови родовища харак-

теризуються розвитком водоносних горизонтів у відкладеннях піщаної товщі, а також тріщинуватої зоні кристалічних порід. Водонасні горизонти осадових утворень мають високу водоемкість.

Водонасні горизонти тріщинуватої зони кристалічних порід відрізняються великою непостійністю розвитку за площею і глибиною. Потужність свердловин невелика 1,5-1,8 м³/год. Водоприплив в кар'єр здійснюється за рахунок фільтрації струмка вздовж східного контуру та вод атмосферних опадів.

Для збору води в кар'єр встановлений зумпф ємністю 200 м³. Відкачка води з зумпфу проводиться насосом 1Д 315-71 потужність 320 м³/год в струмок по трубопроводу довжиною 100 м і далі в річку Чорний Ташлик [1].

Джерелом технічного водопостачання є р. Чорний Ташлик та кар'єрні води, для господарсько-питних потреб використовується вода шахтного колодезя. Скид господарсько-побутових стічних вод здійснюється у вигріб.

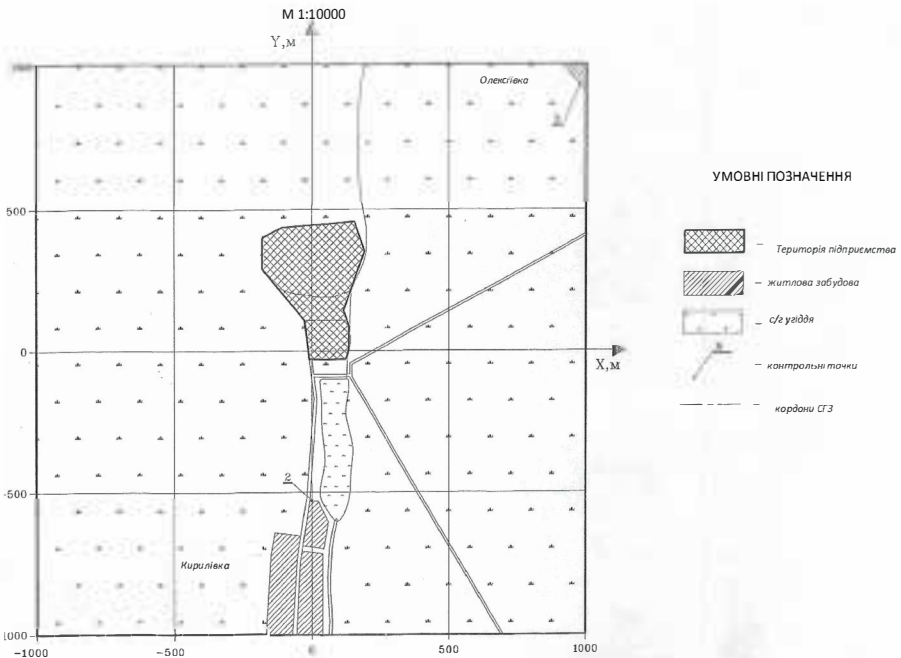


Рис. 1. Ситуаційна карта-схема місця розташування ЗАТ "Кіровоградграніт" [1]

Приймачем зворотних вод ЗАТ “Кіровоградграніт” Почінянського кар’єру є річка Чорний Ташлик, котра є лівою притокою р. Синюха (бас. Півд. Бугу). Річка протікає у Новоукраїнському, Добровеличківському і Вільшанському р-нах Кіровоградської області та Первомайському районі Миколаївської області. Довжина — 135 км, похил — 81 м/км, площа басейну — 2387 км². Основні притоки: Ташлик, Грузька, Плетений Ташлик. Воду використовують для технічного сільськогосподарського водопостачання та зрошування. Стік Чорного Ташлику зрегульований ставками, водосховищами [2].

Вода в річці Чорний Ташлик за величиною мінералізації відноситься до прісних вод. Води кар’єрного водовідливу за величиною мінералізації відносяться до прісних вод. Згідно з класифікацією О. А. Альокіна, за іонним складом вони відносяться до гідрокарбонатного класу, кальцієвої групи, третього типу С^{Ca}_{III}. За жорсткістю — жорстка, середовище лужне, майже нейтральне. Виходячи з даних можемо сказати, що протягом досліджуваного періоду жовтень-березень спостерігається тенденція змін у гідрохімічних показниках ґрунтових вод, так як загальна жорсткість знизилась з 9,5 до 8,1 мг-екв/м³. Загальна мінералізація зменшувалася протягом сезону з 699,7 до 678,9 мг/дм³ [3].

Фоновий стан річки Чорний Ташлик (500 м вище скидів стічних вод) не відповідає вимогам санітарних норм, що встановлені для водних об’єктів комунально-побутового призначення: спостерігається перевищення ГДК по ХСК, БСК₅, сульфатам, залізу загальному, міді, цинку та хрому (VI). Інші показники в нормі.

Після усіх скидів стічних вод стан річки у цілому практично не змінюється: перевищення ГДК спостерігається за показниками БСК₅, ХСК, сульфати, залізо загальне, мідь, цинк та хром (VI).

Хімічний склад вод річки Чорний Ташлик і зворотних вод відрізняються: в зворотних водах підприємства збільшилась концентрація заліза, хрому, міді, нікелю, хлоридів та відбулося незначне збільшення концентрації нітратів.

Нітрити, залізо, хром, мідь, нікель мають ефект спільної дії (у цих показників 2 клас небезпеки і вони нормовані з санітарно-токсикологічною ЛОШ), тому при нормуванні скиду нітритів з зворотними водами необхідно врахувати вміст фтору у воді річки.

Очікуваний обсяг водовідведення поверхневого стоку з території промислової площадки ЗАТ “Кіровоградграніт” визначений розрахунковим шляхом.

Для розрахунку ГДС зливових вод необхідно визначити витрату поверхневого стоку та обґрунтувати концентрації речовин, допустимі до скидання.

Розрахунок ГДС речовин в зливових водах підприємств виконаний згідно “Тимчасових рекомендацій з проектування споруд для очищення поверхневого стоку з територій промислових підприємств і розрахунку випусків його у водні об’єкти” [4], ДСТУ 3013-95 “Гідросфера. Правила контролю за відведенням дощових і снігових вод з території міст і промислових підприємств” [5] та інших рекомендацій.

Основними домішками, що містяться в стоці з території, є грубо дисперсні домішки, нафтопродукти, сорбовані головним чином на завислих речовинах, мінеральні солі і органічні домішки природного походження.

Розрахунковий об’єм промислових стічних вод по випуску складає 350 тис. м³/рік

Результати розрахунків нормативів ГДС забруднюючих речовин, які виводяться із зворотними водами ЗАТ “Кіровоградграніт” Помічянського кар’єру в р. Чорний Ташлик (по струмку Дерієва), показали наявність зверх нормативного скиду по залізу загальному: допустимий — 44,8 г/год., фактичний — 83,2 г/год., допустима концентрація — 0,14 мг/дм³, фактична — 0,26 мг/дм³. Маса виносу за рік по залізу загальному не перевищена, тому що розрахунковий допустимий річний об’єм відведення зворотних вод значно перевищує фактичний.

Відповідно до умов інструкції про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) у водні об’єкти із зворотними водами має бути розроблений план заходів щодо досягнення нормативів ПДС.

Послідовність змінення фонові витрати вод в річці і кратності розводження стічних вод за випуском наступна: фонові витрати рівні 0,18 м³/с, витрати стічних вод дорівнює 0,089 м³/с, кратність розводження при повному змішуванні буде дорівнювати 3,0.

Висновки: Розрахунок антропогенної складової показує, що негативного антропогенного складу р. Чорний Ташлик не має. Це зумовлено тим, що біля досліджуваної території не працюють великі заводи. Фоновий стан річки Чорний Ташлик не відповідає вимогам санітарних норм, що встановлені для водних об’єктів

комунально-побутового призначення: спостерігається перевищення ГДК по ХСК, БСК₅, сульфатам, залізу загальному, міді, цинку та хрому (VI). Інші показники в нормі. Після усіх скидів стічних вод стан річки у цілому практично не змінюється: перевищення ГДК спостерігається за показниками БСК₅, ХСК, сульфати, залізо загальне, мідь, цинк та хром (VI). Хімічний склад вод річки Чорний Ташлик і зворотних вод відрізняються: в зворотних водах підприємства збільшилась концентрація заліза, хрому, міді, нікелю, хлоридів та відбулося незначне збільшення концентрації нітратів.

Література

1. ЗАТ “Кіровоградграніт”. — URL: <http://www.kgranit.com.ua> (дата звернення 21.11.2018).
2. Яцик А. В. Малі річки України. — К.: Урожай, 1991. — 294 с.
3. Алекин О. А. К вопросу о химической классификации природных вод // Труды НИУ ГУГМС. — 1946. — Сер. 4, Вып. 32. — 124 с.
4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об’єкти із зворотними водами // База даних “Законодавство України” / ВР України URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0313-94/page> (дата звернення 12. 11. 2018).
5. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0403-02> (дата звернення 29.10.2018)

Даус М. Є., Наливко Н. В.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ ТА КРАЇНАХ ЄВРОПИ

Вступ. На сьогоднішній день важливим питанням є проблема накопичення відходів на поверхні землі, а також забруднення навколишнього середовища, що виникає при цьому.

Про важливість цієї проблеми свідчать не тільки величезні запаси всіляких промислових побутових відходів, але прийняті в переважній більшості держав світу законодавчі підзаконні акти, спрямовані на регламентацію підтримки діяльності, пов’язаної з утилізацією та повторним використанням відходів. В останні

десятиліття світова спільнота стала приділяти все більшу увагу вирішенню екологічних проблем, раціональному використанню природно-ресурсного потенціалу регіонів, безпечній утилізації і переробці відходів.

Мета роботи. Аналіз і визначення перспектив розвитку в галузі поводження з відходами в Україні в контексті забезпечення екологічно сталого розвитку шляхом аналізу міжнародного досвіду та моделювання різних сценаріїв розвитку зазначеної галузі. У дослідженні розглядаються інституційні й економічні механізми, які могли б допомогти досягти найбільш ефективної реалізації потенціалу країни в галузі переробки відходів.

Об'єктом дослідження є переробка відходів в Україні та провідних країнах Європи, а предметом дослідження виступають вже безпосередньо самі відходи як джерело забруднення середовища проживання людини.

Загальна характеристика відходів. Відходи — це невикористані залишки продуктів виробництва, побуту, транспорту у місцях їхнього утворення, що мають реальну або потенційну цінність як продукт для інших галузей або регенерації (відновлення).

Складність розв'язання проблеми утилізації відходів можна пояснити відсутністю чіткої науково обґрунтованої класифікації, необхідністю застосування складного капіталоємного устаткування і відсутністю економічного обґрунтування кожного конкретного рішення.

Тверді промислові відходи (ТПрВ) — майже однорідні продукти, які не потребують подальшої сепарації (розділення) на групи для їх переробки.

Класифікатор відходів — систематизований перелік кодів і назв відходів, призначений для використання в державній статистиці з метою надання різнобічної та обґрунтованої інформації про утворення, накопичення, оброблення (перероблення), знешкодження та видалення відходів.

Класифікатор відходів складається з двох частин:

- класифікації відходів, утворених у сировинних, видобувних та обробних галузях економіки, і специфічних відходів, утворених у сфері надання послуг;
- надання послуг, пов'язаних з відходами.

Використання класифікатора відходів формує нормативну базу для проведення порівняльного аналізу структури та обсягу

утворення відходів в межах Європейської статистики усіх видів економічної діяльності.

ТПРВ поділяють на такі групи відходів специфічних виробництв:

- * метало переробні;
- * металургійні;
- * керамічні та скло;
- * полімерних матеріалів синтетичної хімії (гумотехнічні);
- * природних полімерних матеріалів (деревина, картон, папір тощо);
- * опалювальних систем;
- * волокнисті;
- * радіоактивні.

Отримані після сепарації ТПоВ поділяють на групи:

А. Відходи з природних матеріалів:

- 1) харчові (гниючі);
- 2) медичних, лікувальних, ветеринарних закладів;
- 3) полімерних природних матеріалів (деревина, картон, пакувальні);

Б. Виробничі відходи:

- 1) металеві;
- 2) бите скло і склопосуд;
- 3) полімерних матеріалів (гума, тара, обгортки, синтетична хімія);
- 4) радіоактивні.

За походженням відходи поділяють на такі групи:

- 1) побутові — тверді відходи, які не утилізуються в побуті (предмети побуту і харчові продукти не придатні для використання);
- 2) промислові — залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, які утворюються при виробництві продукції;
- 3) сільськогосподарські — відходи сільськогосподарського виробництва;
- 4) будівельні — відходи, які утворюються при будівництві і виробництві будівельних матеріалів;
- 5) радіоактивні — радіоактивні речовини і матеріали, які утворюються при роботі ядерних реакторів, при виробництві і застосуванні радіоактивних ізотопів;
- 6) відходи споживання — вироби, які втратили свої споживчі властивості в результаті зносу.

За токсичністю відходи поділяють на:

- 1) токсичні — відходи, які можуть викликати отруєння чи інше ураження живих організмів;
- 2) нетоксичні.

Характеристика твердих побутових відходів. Побутові відходи характеризуються складом, властивостями і об'ємами накопичення.

Вплив на довкілля твердих побутових відходів. Маса світового об'єму ТПоВ щорічно складає близько 400 мільйонів тонн, з яких тільки 80 % знешкоджується шляхом складування на звалищах та полігонах. Така кількість, без перебільшення, сягає геологічних масштабів — так, зі сміттям у біосферу потрапляє близько 85 млн. тонн органічного вуглецю. Для порівняння, природне надходження цього елемента в ґрунтовий шар планети становить 40 млн тон на рік.

Через відсутність належної системи збору ТПоВ утворюються тисячі стихійних звалищ, які не піддаються точному обліку. На сучасному етапі розвитку суспільства кожна людина за даними статистики в середньому за одну добу створює близько 1 кг ТПоВ, і це явище має тенденцію до постійного зростання. Найбільше відходів розміщено у місцях неорганізованого зберігання (на стихійних звалищах) у Львівській — 229,0 тис. т (69,1 % сумарних обсягів по країні), Івано-Франківській — 54,6 тис. т (16,5 %), Київській — 18,8 тис. т (5,7 %), Полтавській — 8,8 тис. т (2,7 %), Луганській — 7,3 тис.т (2,2 %), Кіровоградській — 6,0 тис. т (1,8 %) областях [1].

Оскільки в результаті біохімічних процесів температура в тілі звалища зростає, то часто спостерігається активне горіння або тління складованих відходів. Над територією, де спостерігається тління відходів, в атмосферу викидається метан, оксид вуглецю (2 ГДК), аміак (11 ГДК), фенатрен, антрацен. Над зоною активного горіння концентрації оксиду вуглецю зростають до 49-150 ГДК, оксиду сірки — 40-200 ГДК, оксиду азоту — 50 ГДК, аміаку — 9 ГДК, бензолу — 42 ГДК. Крім цього фіксуються викиди метану, флуорену, фенатрену, антрацену, етану, етилену, пропану, пропілену, норм-бутану, органічних сполук класу фенолів, заміщених нафталінів та фенатренів, аліфатичних та ароматичних вуглеводнів. Аналогічні невтішні результати отримані і в дослідженнях поверхневих та підземних вод. Особливо проблема забруднення гідросфери загострюється за неналежної експлуатації звалищ

ща, за можливості надходження фільтратів в поверхневі водойми. Рідка фаза звалищ ТПоВ містить значну кількість органічних та неорганічних речовин, важких металів, завислих часток, мікроорганізмів. Інтенсивно забруднюються і ґрунти прилеглих до звалищ територій. В ґрунтах фіксується надмірний вміст свинцю, миш'яку, олова, марганцю, хрому, цинку, міді, нікелю, різноманітних небезпечних біологічних об'єктів [2].

Основним фактором впливу полігонів ТПоВ на навколишнє середовище є фільтрат. Фільтрат — це стічні води, що виникають в результаті інфільтрації атмосферних опадів у тіло полігону, які концентруються в його “підшві”. Це складна за хімічним складом рідина з яскраво вираженим неприємним запахом біогазу. Проникнення фільтрату до ґрунту та ґрунтових вод може призвести до значного забруднення навколишнього середовища не лише органічними та неорганічними сполуками, а ще й яйцями гельмінтів та патогенними мікроорганізмами. Для підтвердження встановлених закономірностей та визначення територій України, пріоритетних за фактором сумарного забруднення довкілля, представлений результат медико-картографічного аналізу, наведеного на рис. 1 [5].



Рис. 1. Медико-картографічний аналіз забруднення довкілля [5]

Досвід країн Європейського союзу у переробці твердих побутових відходів. У Швеції, вдруге переробляються або перетворюються в теплову і електроенергію 99 % відходів. Такому високому показнику шведи завдячують сортуванню сміття і “розумним” системам переробки. На полігони надходить всього 1 % відходів. Однак вже до 2020 року Швеція прагне досягти 100 % переробки відходів. Процес під назвою “відходи для енергії” або WTE, створює стійке джерело електроенергії для всієї країни.

Швецію вже називають “екологічним лідером” промислово розвинених країн завдяки її електричним дорогам і планам стати на 100 % вільною від використання “брудного” палива до 2050 року. Однак, країна не хоче на цьому зупинитися.

Упродовж багатьох років сміття у Німеччині не мало жодної цінності — його просто спалювали чи закопували. Аж допоки уряд ФРН не спонукав підприємства до вторинної переробки сміття, а громадян — сортувати відходи.

У типовому німецькому дворі чи будинку можна зустріти як мінімум 5 різнокольорових контейнерів для збирання сміття. Чорний — для несортованого сміття, коричневий — для органічних відходів, синій — для паперу, жовтий — для упаковки і пластику, зелений — для кольорового скла, зелений з білою смугою — для безбарвного. Щорічно кожен житель Німеччини отримує поштою особливий лист — у ньому детально описується, як і куди потрібно викидати побутові відходи, по яких днях буде вивозитися той чи інший тип сміття протягом наступних 12 місяців.

Також існують ще спеціальні контейнери для скла, батарейок. Хоча німці сьогодні викидають не так вже й багато скла, оскільки в останні роки в німецьких магазинах почали брати заставу, тому їх можна вільно здати в магазин.

Швейцарія вважається однією з найбільш чистих країн світу, яка переробляє практично 100 % своїх відходів. Система сортування сміття тут доведена до абсолюту. А дехто навіть скаже, що до абсурду.

При цьому система не знає винятків — всі зобов'язані складати сміття по різних контейнерах. Не згоден — платити штраф. Для прикладу випадок, коли житель Швейцарії по дорозі на роботу викинула з вікна автомобіля домашнє сміття в паперових мішках. Поліція знайшла його.

Порушника судили і наклали штраф: 6000 франків за утилізацію сміття і очищення траси, 3000 франків за порушення

закону і 530 франків судових витрат. Разом, 9530 франків (більше 9400 доларів).

Таблиця 1.

Особливості поводження з відходами у деяких країнах Європи [3]

Країна	Особливості
Німеччина	Утилізація відходів здійснюється шляхом їх сортування та подальшої переробки. Відходи які не підлягають переробці спалюються з отриманням тепла та електроенергії. Впроваджена нова система збору сміття жодних санкцій не передбачає.
Швейцарія	Заборонені сміттєві полігони. В країні поширенні методи сортування відходів. Повторно використовуються відходи жерстяних банок та скла. Політикою швейцарі передбачається штрафування за викидання не відсортованих відходів.
Франція	Система утилізації відходів передбачає сортування відходів на дві фракції, вторинна сировина та інші відходи. Передбачається урини для одягу. Не передбачає покарань чи заохочень.
Швеція	Сортування відходів по фракціям, а також спалювання з отриманням тепла та електроенергії. Політика країни спрямована на інформаційну кампанію. Перевага віддається переробці відходів.
Польща	В країні здійснюється сортування відходів на 5 компонентів, які згодом утилізується як втор сировина. Відходи які неможливо переробити, захоронюються на полігонах ТПВ на яких передбаченні системи дегазації полігонів з отриманням тепла та електроенергії.

Стан переробки відходів в Україні. Україна має значний потенціал нетрадиційних джерел енергії, але через незадовільне фінансування практична реалізація цих програм дуже незначна. Одним із перспективними напрямків є біоенергетика. Доцільність отримання в масштабах України біогазу з органічних відходів зумовлена їх кількістю та концентрацією як в окремих господарствах, так і в цілих регіонах.

Україна має значні ресурси та перспективи у сфері переробки відходів. Першим етапом у на цьому шляху є сортування відходів. Частка населених пунктів, в яких впроваджено роздільне збирання твердих побутових відходів зростає, хоча і дуже повільно (рис. 2) [6].

За два роки у Львові має запрацювати завод із переробки відходів. Він буде першим в Україні, побудованим за європейсь-

ким зразком. Для прикладу, лише у сусідній Польщі таких 150 [4]. Станом на середину 2018 року, перший в Україні сучасний комплекс з переробки ТПОВ, з системою збору полігонного газу і виробництва електроенергії, будується в Дергачівському районі Харківської області. Комплекс складатиметься з чотирьох окремих майданчиків для складування сміття, які будуть ізольовані спеціальною гідроізоляційною мембраною. Найбільший в Україні завод з перероблення відходів може з'явитися в Житомирі вже в 2019 році. Проект будівництва заводу вартістю 7-10 млн. євро та потужністю близько 82 тис. тонн відходів в рік буде використовувати новітню технологію перероблення ТПОВ [4].

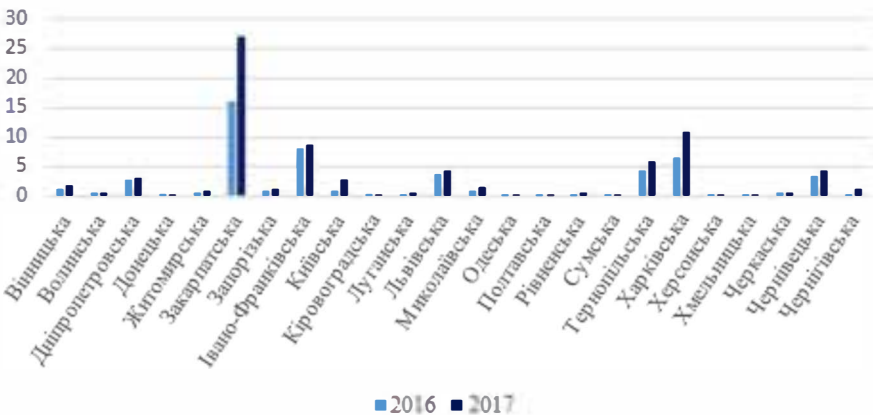


Рис. 2. Частка населених пунктів, в яких впроваджено роздільне збирання твердих побутових відходів, % [6]

Олександрівська сільрада Вознесенського району уклала договір з розробки проектно-кошторисної документації комплексу з переробки органічних відходів. Проект переробного заводу органічних відходів рослинної сировини в електричну і теплову енергію повинен бути готовий до 31 грудня 2018 року.

Кажучи про відповідальність, слід зазначити, що з 1 січня 2018 року в Україні діють штрафи за невідсортоване сміття як для суб'єктів господарювання (від 850 до 1700 грн.), так і для фізичних осіб (від 340 до 1360 грн.). Проте далеко не всюди є спеціальні сортувальні урни, а якщо вони і є, то часто сміттєвоз збирає відсортоване сміття в один бак і просто вивозить на сміттєзвалище.

Висновки. Отже, ситуація зі сміттям в Україні є неконтрольованою, є багато незаконних сміттєзвалищ, які кожного дня погіршують екологічну ситуацію в Україні. Єдиний працюючий сміттєспалювальний завод не може вирішити цю проблему. Для переробки відходів потрібне спеціальне обладнання, яке можуть виробляти вітчизняні підприємства. Це дозволить розширити спеціалізацію вітчизняних підприємств, що збільшить їхній прибуток. Усе пов'язано між собою та потребує спільних зусиль в зазначеному напрямі.

Правильна утилізація сміття може стати складовою економічного розвитку країни. Варто звернути увагу на провідні галузі України (чорна металургія, машинобудування, хімічна, харчова) та виходячи з цього розвивати сферу утилізації відходів. Українці мають розробити свій шлях утилізації відходів в залежності від галузевої структури, але для початку можна взяти і схеми інших країн світу. За останні роки країни Західної Європи отримали досвід по утилізації відходів і в продовж часу удосконалювали методи поводження з відходами, підлаштовували способи поводження з особливостями території. Перейняти досвід поводження з відходами в комплексі для України досить складно враховуючи особливості країни. На початкових стадіях розвитку методів поводження з відходами на полігонах ТПВ доцільно перейняти досвід з сортування відходів та підлаштовувати під свої особливості, оскільки у всіх вище наведених країн, існують свої методи сортування. В Україні методи безпечного поводження з відходами не розвинуті та практично всі відходи складуються на полігонах.

Новизна результатів дослідження полягає у виділенні сучасних напрямів утилізації сміття, методів удосконалення переробної сфери в Україні, основних напрямів розвитку бізнесу на переробці ТПВ. Запропоновано напрями вирішення проблеми утилізації сміття, на яких варто сконцентрувати увагу: методи самостійного сортування та подальшого перероблення сміття. Розвиток подальших досліджень в даному напрямку повинен бути спрямований на здійснення добору найбільш оптимального набору технологій та методів вторинної переробки та утилізації відходів.

В Україні, незважаючи на певний прогрес у вирішенні проблеми відходів, стратегія поводження з відходами залишається

несформованою. Нестійкою залишається фінансова безпека цієї сфери, що має особливо насторожувати. Зрештою, у цьому сенсі треба менше спекулювати екстремальністю ситуації, не вирішувати проблеми авральним шляхом, а, виходячи зі стратегічних підходів і міжнародного досвіду, формувати прагматичну національну політику.

Література

1. Баранов К. М. Україна в смітті: що потрібно знати про переробку й утилізацію відходів. — Режим доступу: <http://www.lustrum.com.ua/garbage/>
2. Березельський А. В. Проблеми утилізації відходів в Україні // Центр досліджень соціальних комунікацій НБУВ. — 2015. — С. 5-8.
3. Навроцький Р. Л. Досвід країн Європейського союзу в сфері безпечного поводження з твердими побутовими відходами // Національного університету водного господарства та природокористування. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://economyandsociety.in.ua/journal/7_ukr/105.pdf
4. Пиріков О. В., Золотарева В. В., Ардат'єв В. Н. Екологічний рециклінг як інструмент механізму еколого-економічного розвитку сталих регіонів / О. В. Пиріков, В. В. Золотарева, В. Н. Ардат'єв. — 2015. — 19 с.
5. Циганкова М. В., Свестун Р. І., Парахіна О. О., Доценко Т. Є. Комплексний аналіз стану хімічного забруднення довкілля в різних регіонах України // Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. “Медико-біологічні студії екосистем” [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.experts.in.ua/baza/analitic/index.php?ELEMENT_ID=25685&print=Y
6. Чеберяк Ю. М. Державна політика поводження з відходами: що заважає позбутися сміття? — Режим доступу: https://24tv.ua/ru/derzhavna_politika_povodzhennya_z_vidhodami_shho_zavazhaye_pozbutisya_smittya_n930409.

НАШИ АВТОРЫ

- * *Базыка Ю. В.*, магистрант каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- * *Барсукова Е. А.*, канд. географ. наук, доцент каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- * *Божко Л. Ю.*, канд. географ. наук, доцент каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- * *Бортник М. В.*, магистр каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- * *Вовкодав Г. М.*, канд. хим. наук, доц. каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- * *Гаврилюк Р. В.*, каф. океанологии и морского природопользования ОГЭКУ
- * *Гречка С. В.*, студ. Учебно-научного ин-та морского бизнеса ОНМУ
- * *Громенко Д. Е.*, магистр каф. метеорологии и климатологии ОГЭКУ
- * *Данилова Н. В.*, канд. географ. наук, каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- * *Даус М. Е.*, канд. географ. наук, доцент каф. безопасности жизнедеятельности, экологии и химии ОНМУ
- * *Джура О. С.*, магистрант каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- * *Ильина А. О.*, аспирант каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- * *Ильина В. Г.*, канд. географ. наук, доцент каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- * *Кирияк В. Е.*, магистр ОГЭКУ
- * *Климюк И. И.*, ОГЭКУ
- * *Комарова Ю. В.*, студ. Учебно-научного ин-та морского бизнеса ОНМУ
- * *Костюкевич Т. К.*, канд. геогр. наук, ассистент каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- * *Кот Я. С.*, магистр ОГЭКУ
- * *Лебеденко А. И.*, магистр каф. метеорологии и климатологии ОГЭКУ

- *Ломакин П. Д.*, доктор географ. наук, профессор, вед.н.с. Морского гидрофизического ин-та НАН Украины
- *Ляшенко Г. В.*, профессор каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- *Матыгин А. С.*, канд. физ.-мат. наук, ведущий метеоролог ГМЦ ЧАМ
- *Мороз А. Я.*, магистр каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Нагаева С. П.*, канд. географ. наук, доцент каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Нажмудинова О. М.*, канд. географ. наук, доцент каф. метеорологии и климатологии ОГЭКУ
- *Наливко Н. В.*, студ. Учебно-научного морского гуманитарного ин-та ОНМУ
- *Недострелова Л. В.*, канд. географ. наук, доцент каф. метеорологии и климатологии ОГЭКУ
- *Николаева А. М.*, студ. ОГЭКУ
- *Николишин В. О.*, магистр каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Полевой А. Н.*, доктор географ. наук, профессор, зав. каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- *Пономаренко Т. М.*, магистр каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Приходько В. Ю.*, канд. географ. наук, доцент каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Саченко И. С.*, магистр каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Сукманский А.*, магистр каф. агрометеорологии и агроэкологии ОГЭКУ
- *Терлина Д. В.*, магистр каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ
- *Тутов С. Г.*, магистр ОГЭКУ
- *Чепурна В.*, ГМЦ ЧАМ
- *Чугай А. В.*, канд. геогр. наук, доцент, декан природоохранного факультета ОГЭКУ
- *Шевченко Н. П.*, ОГЭКУ
- *Шпатар К. Р.*, магистр каф. экологии и охраны окружающей среды ОГЭКУ

СОДЕРЖАНИЕ

Чепурна В., Матигін А.

Довгостроковий прогноз льодових явищ
на акваторіях морів України
на підставі прогнозу аномалій температури повітря 3

Чепурна В., Гаврілюк Р., Матигін А.

Короткостроковий фізико-статистичний метод прогнозу
рівня моря у портах України (Чорноморськ, Южний) 20

Гаврілюк Р. В.

Льодові явища в Чорному і Азовському морях
і їх прогнозування в умовах кліматичних змін 32

Вовкодав Г. М., Саченко І. С.

Загальний стан і проблема групи Тузловських лиманів 51

Вовкодав Г. М., Саченко І. С.

Проблеми збалансованого природокористування
в групі Тузловських лиманів 54

Чугай А. В., Джура О. С.

Аналіз гідрохімічного режиму
поверхневих вод Одеської області 57

Чугай А. В., Джура О. С.

Антропогенні фактори впливу
на поверхневі води Миколаївської області 64

Нагаєва С. П., Кот Я. С.

Оцінка якості вод малих річок
басейну Дністра в Одеській області 67

Даус М. Є., Гречка С. В.

Гідрохімічні показники та якість води оз. Ялпуг-Кугурлуй 70

Ломакін П. Д.

Грунтові звалища в Керченській протоці
як джерела забруднення водного середовища 76

Сукманський О., Ляшенко Г. В.

Характеристика ресурсів тепла і вологи
на півдні Одеської області 85

Нажмудінова О. М.

Особливості формування заморозків
на території Кропивницької області у 2013-2017 рр. 91

<i>Лебеденко А. І., Недострелова Л. В.</i> Особливості часової мінливості снігового покриву на станціях Кіровоградської області	100
<i>Громенко Д. Є., Недострелова Л.В.</i> Дослідження диференціального та інтегрального розподілу снігового покриву на території Вінницької області	107
<i>Чугай А. В., Базика Ю. В.</i> Оцінка техногенного навантаження на повітряний басейн Харківської області	112
<i>Чугай А. В., Терліна Д. В.</i> Характеристика антропогенного навантаження на повітряний басейн Львівської області	120
<i>Чугай А. В., Базика Ю. В., Терліна Д. В.</i> Оцінка якості атмосферного повітря м. Львів	123
<i>Данілова Н. В., Ніколаєва А. М.</i> Вплив агрометеорологічних умов на формування врожайності проса в Дніпропетровській області	127
<i>Гльїна А. О., Польовий А. М.</i> Моделювання впливу мінерального живлення на ріст та розвиток рослин вівса в умовах Півдня України	131
<i>Костюкєвич Т. К., Бортник М. В.</i> Агрометеорологічні умови формування врожаю озимого жита в Львівській області в весняно-літній період вегетації	136
<i>Костюкєвич Т. К., Климюк І. І.</i> Агрометеорологічні умови вирощування вівса на зерно в умовах Житомирської області	145
<i>Мороз А. Я., Гльїна В. Г.</i> Агрохімічна характеристика ґрунтів сільськогосподарського призначення Волинської області	151
<i>Ніколішин В. О., Гльїна В. Г.</i> Оцінка сучасного стану забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення Закарпатської області	156
<i>Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.</i> Вплив змін клімату на продуктивність лучної і степової рослинності в лісостеповій зоні України	158

Тутов С. Г., Данілова Н. В.

Оцінка зміни агрокліматичних умов росту проса
за сценарієм RCP4.5 в північному степу України 168

Шевченко Н. П., Ільїна В. Г.

Використання математичної моделі для оцінки
ступеню забруднення ґрунтово-рослинного
покриву Черкаської області пестицидами 173

Шпатар К. Р., Ільїна В. Г.

Визначення виносу біогенних елементів
агросистемами Київської області 178

Приходько В. Ю., Кіріяк В. Є.

Оцінка емісії парникових газів для різних
систем поводження з твердими побутовими
відходами з використанням моделі WARM 183

Вовкодав Г. М., Пономаренко Т. М.

Характеристика джерел утворення
та розрахунок викидів забруднюючих речовин
при процесах пересипання на кар'єрах 189

Вовкодав Г. М., Пономаренко Т. М.

Оцінка техногенного забруднення
природних вод при розробці гранітного кар'єру 194

Даус М. Є., Наливко Н. В.

Особливості переробки відходів
в Україні та країнах Європи 198

НАШИ АВТОРЫ 208

ФОП Попова

Тираж 150 екземплярів

65010, г. Одеса, ул. Палубная 9/4

тел/факс: (048) 714-91-71

