

Solar energy resources of Ukraine for 1986-2015

Rybchenko L.S., Savchuk S.V.

Reliability and stability of the work of certain branches of the economy and the vital functions of the population can be ensured with the use of natural resources. Modern climatic parameters determine the feasibility of introducing climatic resources of solar radiation (direct and total solar radiation, duration of sunshine) as one of the renewable natural sources of energy. Climate resources of solar radiation are one of the reserves for the use of renewable energy sources that are environmentally friendly. On the basis of solar radiation monitoring, the fluctuations of the components of the radiation regime for the period 1986-2015 and individual decades and the feasibility of using solar energy in Ukraine have been analyzed. By means of mathematical statistics, specialized indicators of climatic resources of solar energy and the contribution of direct solar radiation to the total radiation during warm period of the year (April-September) have been calculated. According to the results of the analysis of changes in the climate resources of the solar power industry, the expediency of using the energy resources of the solar power industry for the introduction of the solar power plants (SPP) in the most of the territory of Ukraine in 1986-2015 has been identified. In 1986-1995, the energy resources needed for the introduction of the SPP were sufficient in the Steppe and partly in the Forest-Steppe regions. In 1996-2005, the potential of solar energy resources increased significantly, which created the necessary conditions for the introduction of the SPP on the larger territory of the Steppes and Forest-steppes. In 2006-2015, the resources of the solar power industry increased everywhere in Ukraine, which created the conditions for the introduction of the SPP in a larger territory, except for the western part of the Forest-steppe and Polissya. The annual amount of total solar radiation and annual solar radiation has increased in Ukraine from 1986-1995 to 2006-2015. A growth in the amount of annual total radiation required for the implementation of the SPP in the most of the country is determined. The progressive growth of the contribution of the direct solar radiation is a positive factor for the potential of solar energy resources. Significant increase in the duration of sunshine on a larger territory, especially in 2006-2015, shows that it is expedient to use the climatic resources of solar energy (direct and total solar radiation, duration of sunshine) for the introduction of the SPP in almost all of Ukraine, except for the West regions.

Keywords: resources of solar power engineering; components of the solar radiation regime.

Надійшла до редколегії 21.01.2019

УДК.551.576

Лєсков Б.Н.¹, Носар С.В.¹, Сирота М.В. ², Бондаренко А.В.², Єгорова А.В.²

¹Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

²Кримська воєнізована служба із впливів на гідрометеорологічні процеси

ДО ПИТАННЯ ПРО ПОТУЖНІСТЬ ГРАДОВИХ ПРОЦЕСІВ У ЛІТНЬОМУ СЕЗОНІ В КРИМУ

Ключові слова: Крим; градовий процес; градові смуги і доріжки; наземні спостереження і обстеження; радіолокаційний комплекс; матеріальні збитки.

Вступ. Дослідження градових процесів показують, що число днів з градом і масштаби смуг його випадіння суттєво залежать від рельєфу території [1,2]. Кримський півострів розташований на крайньому півдні України й омивається на заході і півдні теплим незамерзаючим Чорним морем, а на сході - Азовським морем, яке досить добре прогривається в літній період. Вздовж північно-східного узбережжя простягнулась система мілководних заток Азовського моря - Сиваш.

Північна частина півострова являє собою степову рівнину, південна зайнята невисокими Кримськими горами, які орієнтовані з південного заходу на північний схід з абсолютними позначками вершин 1000-1500 м над рівнем моря. Неоднорідність рельєфу, близькість морів - істотно позначаються на розподілі опадів і грозово-градових явищ у Криму.

За даними багаторічних спостережень станцій гідрометслужби (ГМС) середнє число днів з градом по території Криму коливається від 1-2 на рівнині до 4 у горах

[3]. В окремі роки на рівнині може бути 3-6 днів з градом, а в горах - до 9-12. Якщо брати дані Держстраху за цей період, то число днів з градом у Криму збільшується приблизно в три рази.

Влітку на території Кримського півострова спостерігається в середньому 25 днів з випадінням твердих опадів. Випадки, коли град спричиняє матеріальні збитки, називаються днями з градобоями. В окремі роки буває близько 13-14 днів з градобоями.

Однак робити висновки про розподіл граду, про ступінь пошкоджень сільськогосподарських культур, про матеріальні збитки на підставі лише даних гідрометеорологічної мережі і виплат Держстраху не можна, тому що рідка мережа ГМС, відсутність своєчасного і якісного проведення обстеження великих територій, роздробленість агроструктур на дрібні підрозділи не дають можливості одержувати своєчасні і достовірні дані про стихійні лиха на території Криму. Тому для дослідження градових процесів застосовувались сучасні радіолокаційні системи [4-7].

Мета цієї роботи – визначити відмінності у результатах оцінки територіального розподілу і масштабів грозово-градових процесів в Криму за даними, що отримані різними методами спостережень: метеорологічними станціями, наземними обстеженнями і методами радіолокації на прикладі 2005 р., коли відмічались особливо спустошливі градобої.

Матеріали і методи досліджень. Радіолокаційні спостереження за грозово-градовими конвективними хмарами проводились персоналом Кримської воєнізованої служби із впливів на гідрометеорологічні процеси. Використовувалися комплекси АСУ-МРЛ. В склад комплексу входять радіолокатори МРЛ-5, пристрої цифрової обробки сигналів, блоки вводу-виведення, персональні комп'ютери, друкуючі пристрої і програмне забезпечення. Цей радіолокаційний комплекс дозволяє з періодичністю 3 хвилини одержувати в радіусі 130 км від пункту спостереження максимум інформації для оцінки складної метеорологічної обстановки, що швидко змінюється. Програмне забезпечення АСУ-МРЛ дає можливість вирішувати такі задачі:

- розпізнавати (з високим ступенем ймовірності) небезпечні явища погоди (сильні зливи, грози, град, шквали);
- оцінювати розміри граду і ступінь пошкоджень градом площ сільгоспкультур (масштаб і просторову конфігурацію градового процесу);
- одержувати карти шару опадів за будь-який проміжок часу;
- одержувати інші макро- і мікрофізичні характеристики хмар.

1. Результати досліджень та їх аналіз. У сезоні 2005 року протягом 104 днів проводилися цілодобові спостереження за розвитком і переміщенням хмарних систем, а також окремо взятих конвективних осередків. Гроза діяльність відзначалася протягом 69 днів, у 24 випадках вона супроводжувалася випадінням круп і граду розміром від 10 до 50 мм, тобто 33% грозових хмар у поточному сезоні переростали в грозово-градові.

У таблиці 1 наведені дані про кількість днів з опадами, грозами і градом, які отримані різними методами спостережень.

Підтверджене (фактичне) число днів з опадами і грозою досить добре збігається з даними АСУ-МРЛ. Подібного співпадіння з даними ГМС не спостерігається. Фактичне число днів з градом у 2,4 рази перевищує дані ГМС. Дані АСУ-МРЛ в 4 рази перевищують відомості ГМС. Різниця пояснюється локальністю і відносною маломасштабністю градобой.

Таблиця 1. Число днів з метеорологічними явищами за даними спостережень різними способами

| Місяць | АСУ МРЛ | | | Фактичне | | | ГМС | | |
|---------|---------|-------|------|----------|-------|------|-------|-------|------|
| | Опади | Гроза | Град | Опади | Гроза | Град | Опади | Гроза | Град |
| 05 | 14 | 8 | 3 | 15 | 6 | 2 | 11 | 6 | 2 |
| 06 | 22 | 18 | 11 | 22 | 17 | 8 | 20 | 17 | 3 |
| 07 | 20 | 15 | 6 | 19 | 11 | 3 | 15 | 10 | 1 |
| 08 | 18 | 18 | 11 | 18 | 18 | 7 | 18 | 18 | 1 |
| 09 | 23 | 19 | 9 | 23 | 17 | 4 | 16 | 15 | 3 |
| Всього: | 97 | 78 | 40 | 97 | 69 | 24 | 80 | 66 | 10 |

Порівняння дійсного факту наявності опадів, грози і граду з даними АСУ-МРЛ показує, що практично в 100% випадків дані АСУ підтверджують наявність цих явищ. Тобто АСУ-МРЛ дозволяє одержувати максимально наближену до фактичної інформацію про небезпечні явища і їхні наслідки.

Для аналізу розподілу граду по території Криму в сезоні 2005 року взято 20 днів з випадінням твердих опадів (4 дні відбраковано). За даними АСУ-МРЛ побудовані карти ступеню пошкодження с/г культур градом, що показують просторовий розподіл градових смуг і доріжок. У таблиці 2 наведені основні відомості про градові процеси в сезоні 2005 року.

Розвиток градових процесів в 7-ми випадках був пов'язаний з проходженням холодного фронту, у 6-ти - фронту оклюзії, у 1-ому - теплому фронту. В одному випадку Крим знаходився під впливом циклону і один раз був під впливом улоговини циклону. В іншому випадку ситуація обумовлювалась малоградієнтним баричним полем зниженого тиску і в двох випадках – малоградієнтним полем підвищеного тиску. Ще в одному випадку ситуація обумовлювалась впливом південної частини виступу високого тиску, але на висотах був вплив улоговини. Ізотерма 0 °С розташовувалася на висотах від 2,5 км до 4,1 км. Випадіння твердих опадів удень відбувалось в основному в інтервалі часу між 12:00 та 18:00 годинами (17 випадків), вночі - між 22:00 та 03:00 годинами (3 випадки). Тривалість випадіння граду з однієї комірки була в межах від декількох хвилин до 30 хвилин. Розмір граду в основному складав 5-25 мм. Град розміром 25- 50 мм спостерігався в 5 випадках.

Напрямок руху повітряних мас у дні з градом був переважно західно-східний з південною і північною складовими. Середня швидкість повітряного потоку 40 км/год, максимальна - 70 км/год, мінімальна – 20 км/год. Випадіння граду з однієї хмари спостерігалось у вигляді безперервної градової смуги, яка складалася з окремих, розташованих поруч, градових доріжок.

Час утворення окремої градової смуги в середньому складав 2 години 15 хвилин, мінімальний час - 1 година 18 хвилин, максимальний - 2 години 35 хвилин. Час існування окремої градової комірки в середньому складав 25 хвилин, мінімальний - 9 хвилин, максимальний - 84 хвилини.

У більшості випадків виникнення нових комірок відбувалось праворуч спереду чи праворуч в тилу існуючої комірки, але бували випадки появи їх і зліва.

У сезоні спостерігалось 57 градових смуг. У східній частині Криму відмічалось 26 смуг. 3 них: у Советському районі - 6, Кіровському - 11, Ленінському - 3, Феодосійському - 2, Судакському - 4. У центральній частині Криму - 11: у Сімферопольському районі - 6, у Білогірському - 5. У північній частині Криму - 15: Джанкойський район - 5, Червоногвардійський - 5, Нижньогірський - 5. У південній частині Криму в Бахчисарайському районі - 5.

Таблиця 2. Відомості про градові процеси в сезоні 2005 року в Криму

| Дата | Синоптична ситуація | Н ₀ , (км) | α _d , (град) | VV, км/ год | T, год, хв | d, (мм) | Градова смуга | | | | Місце градобиття, район | |
|-------------|---|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|------------|---|--------------------------|-----------------------|--------------------------|---|--|
| | | | | | | | Розміри, (км x км) | Орієнтація, (град) | Орієнтація, (град) | Розміри, (км x км) | | |
| 31.05.2005 | МГП зниженого тиску, на висотах периферія Zп | 3,7 | 85 | 40 | 14.20- 16.30 | 5-15 | 8,0x18,0 | 85 | 3 | 60 | 4,5 x 8,0 | Сімферопольський |
| 01.06.2005 | Улоговина, на висотах передня частина Zп, ХФ | 3,7 | 100 | 25 | 11.19- 13.30 | 15-25 | 6,5x12,0 6,0x29,5 6,5x7,5 | 235 230 225 | 1 5 1 | 240 230 235 | 6,5x12,0 4,5x6,0 6,5x7,5 | Білогірський, Советський Советський |
| 1-2.06.2005 | Вночі проходження ХФ | 2,5 | 300 | 70 | 22.03- 00.37 | 10-20 | 9,5x14,0 8,5x28,0 | 265 265 | 1 4 | 325 325 | 9,5x14,0 4,0x7,0 | Бахчисарайський |
| 2.06.2005 | Вночі проходження ХФ | 2,5 | 300 | 70 | 01.20- 03.20 | 10-20 | 6,5x5,0 5,0x7,5 6,5x10,5 | 250 265 255 | 1 2 2 | 230 240 240 | 6,5x5,0 4,0x7,0 4,0x6,5 | Ленінський |
| 11.06.2005 | МГП зниженого тиску, улоговина, зона ХФ | 3,7 | 190 | 70 | 15.03- 17.22 | 5-10 | 12,5x78,0 12,0x45,0 | 200 200 | 8 4 | 210 190 | 3,0x7,0 3,0x7,0 | Сімферопольський, Кіровський |
| 15.06.2005 | МГП підвищеного тиску, на висотах тип улоговини | 3,0 | 325 | 30 | 17.59- 19.59 | 10-15 | 7,5x23,0 4,5x28,0 8,5x11,0 | 325 290 305 | 4 5 2 | 310 295 300 | 3,0x6,5 3,0x4,5 3,0x7,0 | Красногвардійський |
| 16.06.2005 | Тип улоговини | 2,7 | 315 | 40 | 16.10- 18.24 | 5-10 | 10,0x32,0 | 280 | 4 | 310 | 3,5x10,0 | Білогірський |
| 18.06.2005 | Тип улоговини, зона Ф0 | 3,5 | 285 | 45 | 11.58- 13.54 | 10-30 | 6,0x11,5 8,5x16,5 10,0x24,0 7,5x15,5 | 240 230 245 220 | 1 2 3 2 | 240 270 270 270 | 6,0x11,0 5,0x8,0 8,0x9,0 5,0x7,0 | Джанкойський |
| 20.06.2005 | При землі і на висотах тип Zп | 2,8 | 340 | 55 | 15.03- 17.38 | 10-30 | 3,5x18,0 5,5x28,0 5,0x9,0 4,5x11,5 | 300 315 325 310 | 3 4 1 3 | 315 290 325 300 | 1,5x3,5 2,5x5,0 5,0x9,0 2,5x4,0 | Советський, Кіровський, Советський Кіровський |
| 16.07.2005 | Північна периферія Zп, улоговина, зона Ф0 | 3,5 | 205 | 35 | 13.07- 15.21 | 5-8 | 8,5 x 24,0 6,5 x 19,5 | 5 45 | 1 2 | 5 5 | 8,5 x 24,0 3,0 x 6,0 | Бахчисарайський |
| 17.07.2005 | Тип улоговини, зона Ф0 | 3,6 | 305 | 20 | 14.30- 16.04 | 5-10 | 12,5x26,0 8,0x17,5 | 275 280 | 4 3 | 295 295 | 4,0x12,0 3,0x8,0 | Кіровський |
| 03.08.2005 | МГП підвищеного тиску, на висотах виступ високого тиску | 3,8 | 30 | 30 | 12.47- 14.56 | 5-10 | 6,5x18,5 7,5x23,5 10,5x31,0 | 290 305 20 | 3 2 3 | 20 20 360 | 3,0x6,0 3,0x7,0 3,0x10,0 | Білогірський, Сімферопольський, Сімферопольський |

Закінчення таблиці 2

| Дата | Синоптична ситуація | Н ₀ , (км) | dd, (град) | vv, км/ год | Т, год, хв | d, (мм) | Градова смуга | | | | Місце градобиття, район | |
|------------|--|--------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------------|---|
| | | | | | | | Розміри, (км x км) | Орієнтація я, (град) | Орієнтація | | | Розміри, (км x км) |
| | | | | | | | | | п | Орієнтація, (град) | | |
| 05.08.2005 | Південна частина виступу високого тиску, тил улоговини | 4,1 | 60 | 35 | 13.52- 16.40 | 10-20 | 7,5x9,0 | 30 | 1 | 30 | 7,5x9,0 | Судацький, Кіровський, Судацький |
| | | | | | | | 4,0x13,5 | 80 | 4 | 60 | 2,0x4,0 | |
| | | | | | | | 3,5x11,5 | 45 | 3 | 60 | 2,0x3,0 | |
| 19.08.2005 | При землі і на висотах улоговина, зона ХФ | 4,0 | 240 | 35 | 14.00- 16.30 | 10-50 | 7,0x28,0 | 220 | 1 | 220 | 7,0x28,0 | Судацький, Кіровський, Білогірський, Судацький, Красногвардійський, Нижньогірський, Нижньогірський, Нижньогірський |
| | | | | | | | 6,0x14,0 | 210 | 4 | 195 | 3,0x6,5 | |
| | | | | | | | 10,0x11,0 | 340 | 1 | 340 | 10,0x11,0 | |
| 25.08.2005 | При землі і на висотах улоговина, зона ФО | 3,9 | 230 | 70 | 13.37- 15.58 | 10-50 | 15,0x15,5 | 320 | 3 | 240 | 4,0x14,0 | Красногвардійський, Нижньогірський, Нижньогірський, Нижньогірський |
| | | | | | | | 12,0x23,5 | 345 | 3 | 260 | 4,0x12,0 | |
| | | | | | | | 8,5x14,5 | 310 | 1 | 310 | 8,5x14,5 | |
| 26.08.2005 | Улоговина, зона ФО | 3,4 | 250 | 35 | 12.30- 14.20 16.37- 18.50 | 10-30 | 10,5x12,0 | 310 | 2 | 240 | 3,0x5,0 | Кіровський, Білогірський, Красногвардійський, Нижньогірський, Джанкойський |
| | | | | | | | 14,0x19,5 | 325 | 3 | 240 | 5,0x12,0 | |
| | | | | | | | 10,0x23,0 | 295 | 5 | 260 | 5,0x10,0 | |
| 04.09.2005 | Тип улоговини, вплив вторинного ХФ | 2,5 | 300 | 20 | 01.04- 03.14 | 5-15 | 10,5x19,5 | 265 | 1 | 265 | 10,5x19,0 | Феодосійський, Нижньогірський |
| | | | | | | | 5,5x26,0 | 250 | 1 | 250 | 5,5x26,0 | |
| | | | | | | | 15,0x23,5 | 330 | 2 | 260 | 8,0x15,0 | |
| 14.09.2005 | Улоговина, зона ФО | 3,6 | 290 | 40 | 13.48- 15.06 | 5-10 | 6,5x18,5 | 290 | 1 | 290 | 6,5x18,5 | Феодосійський, Кіровський, Кіровський |
| | | | | | | | 9,0x23,5 | 230 | 3 | 340 | 4,0x9,0 | |
| | | | | | | | 12,5x49,0 | 320 | 6 | 250 | 6,0x12,0 | |
| 19.09.2005 | Улоговина ХФ з півночі | 3,9 | 260 | 40 | 14.53- 16.11 17.09- 18.43 | 5-10 5-10 | 5,5x28,0 | 35 | 4 | 10 | 3,0x6,0 | Советський, Советський |
| | | | | | | | 6,0x27,5 | 30 | 3 | 10 | 3,0x6,0 | |
| | | | | | | | 6,0x18,0 | 20 | 3 | 5 | 4,0x6,0 | |
| 22.09.2005 | Північна периферія Зп, зона ТФ | 3,4 | 220 | 30 | 15.47- 17.26 | 5-9 | 3,0x10,5 | 205 | 2 | 255 | 1,5x3,0 | Кіровський, Сімферопольський |
| | | | | | | | 4,5x8,0 | 230 | 1 | 230 | 4,5x8,0 | |
| | | | | | | | 6,0x18,5 | 130 | 3 | 95 | 4,0x5,5 | |
| 22.09.2005 | Північна периферія Зп, зона ТФ | 3,4 | 220 | 30 | 15.47- 17.26 | 5-9 | 9,0x16,0 | 220 | 1 | 220 | 9,0x16,0 | Бахчисарайський, Сімферопольський |
| | | | | | | | 4,5x8,0 | 215 | 1 | 215 | 4,5x8,0 | |
| | | | | | | | 3,5x7,0 | 195 | 1 | 195 | 3,5x7,0 | |

Примітка. **МГП - малоградієнтне поле; Зп - циклон; ХФ, ТФ, ФО - відповідно холодний, теплий і фронт оклюзії; Н₀ - висота ізотерми 0°С, км; dd і vv напрям (град) і швидкість вітру (м/с); Т - час, (год, хв); d - діаметр градин (мм); п - число градових доріжок у градовій смугі

Кожна градова смуга складалась в середньому з 3-х градових доріжок. Максимальна кількість градових доріжок в одній смузі досягала 10. Відхилення напрямку переміщення градових смуг від напрямку провідного потоку було в межах 10-70 градусів, в більшості випадків праворуч. Орієнтація градових доріжок усередині градової смуги неоднозначна. В деяких випадках орієнтації доріжок і смуг співпадають, в інших - доріжки відхиляються на деякий кут. Довжина і ширина градових смуг в середньому складали відповідно 20 км і 7,3 км. Найкоротші смуги мали довжину 7,0 км при ширині 3,5 км, а найдовші сягали 90,0 км при ширині 12,5 км. Найдовші градові доріжки (всередині градових смуг) мали довжину 19,0 км, а ширину - 10,5 км, у найкоротших доріжок довжина і ширина відповідно дорівнювали 3,5 км і 1,5 км. В середньому їх довжина і ширина складали відповідно 9,2 км і 4,7 км.

Найбільш інтенсивні градові процеси спостерігалися вдень 1-го і вночі 2-го червня. Вдень 1-го червня в період з 11:19 по 13:30 годин на територіях Білогірського і Советського районів спостерігались 3 грозово-градових процеси, які дали 3 смуги випадіння граду, що складалися з 6 градових доріжок. Градові смуги розташовувалися паралельно і були орієнтовані з південного заходу на північний схід. Довжина смуг в середньому складала 23 км при ширині 6,5 км. Кожна нова комірка виникала праворуч і перед попередньою. Завдяки цьому орієнтація смуг співпадала з орієнтацією доріжок. Середня довжина і ширина доріжок склали 7 км і 5 км. Діаметр граду досягав 15-25 мм. Було пошкоджено сільськогосподарських культур на площі 1303 га, збитки склали 1 896 900 грн.

Вночі конвективний процес загострився в зв'язку з проходженням холодного фронту. Нічний градобій явище відносно рідкісне. Грозово-градовий процес на території Бахчисарайського району спостерігався в період з 22:03 до 00:37 годин. Він розпочався безпосередньо в момент перетину хмарністю лінії море-суходіл. Спостерігалось 2 градові смуги, в яких можна відмітити 5 градових доріжок. Градові смуги були орієнтовані з заходу на схід і мали площу 9 x 21 км². Площі градових доріжок складали 7 x 10 км² і були орієнтовані з північного заходу на південний схід, під кутом, близьким до 60 градусів відносно вектору градової смуги. Розмір градин досягав 10-20 мм. Площа пошкоджень сільськогосподарських культур складала 820 га, а збитки досягли 13 865 570 грн.

Над Азовським морем градовий процес відновився (регенерував). На території Ленінського району в період з 01:20 до 03:20 годин випадав град розміром 10-20 мм. Спостерігалось 3 градових смуги, витягнутих із заходу на схід, в яких було 5 градових доріжок тієї ж орієнтації. Пошкодження сільськогосподарських культур зафіксовані на площі 1734 га, а матеріальні збитки склали 1 242 900 грн.

Цікавий градовий процес спостерігався 11.06.2005 р. (з 15:03 до 17:22 годин). Він виник в зоні Сімферополя і рухався з курсом 10-20° (60-70 км/год). Суттєвих пошкоджень сільськогосподарських культур не було, бо розмір градин не перевищував 5-10 мм. Але це був надзвичайно стабільний процес. Загальна довжина смуги граду перевищила 90 км при ширині 15-20 км. В цій смузі було 10! градових доріжок (в межах видимості МРЛ-5), довжина яких була 15-30 км, а ширина 5-12 км. Таким чином, грозово-градовий процес мав більше 10 циклів розвитку. Час існування індивідуальної градоутворюючої комірки в цьому випадку складав 12-14 хвилин.

Градові доріжки відхилялись вліво на 50-80°. Це вказувало на ліве обертання хмари (циклонічне) з великою кутовою швидкістю (більше 5 град/хв.). Це узгоджується з встановленою раніше залежністю кутової швидкості обертання конвективного осередку від кута відхилення (вліво) градової доріжки від осі смуги

грозо-градового процесу [8]. Більш детально обертальна динаміка хмар досліджувалась в [9-11].

18 червня градовий процес мав місце на території Джанкойського району в період з 11:58 до 13:54 годин. Град випадав в 4-х смугах, орієнтованих з південного заходу на північний схід, в яких виділялись 8 градових доріжок. Довжина і ширина градових смуг складала 17,5 км і 7,5 км. Градові доріжки мали вектор з заходу на схід, відхиляючись праворуч від осі смуги на 45° . Площі доріжок були 9,0 x 6,0 км². Діаметр градин сягав 30 мм. Пошкодження сільськогосподарських культур спостерігалось на площі 627 га, а збитки склали 580 700 грн.

Чотири градові смуги розміром 18,0 x 5,0 км² спостерігалися 20 червня 2005 р. Процес розвивався з північно-заходу на південний схід і проходив по територіях Советського і Кіровського районів. Спостерігалось 11 градових доріжок (середня площа 5,0 x 2,5 км²). Просторова орієнтація смуг і доріжок збіглась. Максимальний розмір граду, що випав, склав 30 мм. Ушкоджено сільськогосподарських культури на площі 603 га, збитки склали 94 800 грн.

Потужні грозово-градові процеси спостерігались 19 червня (з 14:00 до 16:30 години) в Кіровському, Судакському, Білогірському, Червоногвардійському, Нижньогірському районах. Діаметр градин сягав 50 мм. В цей день в Південно-східному Криму спостерігалось 8 ізольованих градових смуг, в яких було 18 градових доріжок. В більшості випадків вектори смуг і доріжок співпадали, але деяка частина доріжок відхилялась від орієнтації смуг майже на 70° .

Особливістю цих процесів було те, що при підході до гірського масиву орієнтація градових смуг змінювалась. Конвективні системи, які виникали з північної сторони гір, переміщувались на північний схід, а ті, які розвивались над південними схилами гір, мали вектор руху на південний схід. В результаті цього кут між градовими смугами був близьким до 100° . В цей день сільськогосподарські культури були пошкоджені на 1026 га, а збитки склали 1 244 000 грн.

25 серпня 2005 р. потужні градові процеси спостерігалися на території Нижньогірського, Кіровського, Судакського, Білогірського, Червоногвардійського і Джанкойського районів (13:37 – 15:58 годин). Спостерігалось 5 градових смуг, в яких було 10 доріжок. Орієнтація смуг і доріжок співпадала, за винятком градового процесу в Нижньогірському районі, де градова смуга мала напрям з північного заходу, на південний схід, а градові доріжки - з заходу на схід, тобто відхилялись вліво.

В цей день близько 15 години 35 хвилин по території Нижньогірського району пройшов смерч із градом. Діаметр градин в с. Родніки сягнув 50 мм. У с. Охотське смерч зірвав дах зерносовища площею 60 x 80 м² разом з металевими опорами. В приватному секторі зносило дахи, валило стіни будинків, дерева виривало з корінням. За шкалою Фуджіти цей смерч можна віднести до нульової категорії [12]. В с. Родніки в саду на площі 220 га 55% плодів були струшені, а ті, що залишилися на деревах, на 80% були побиті градом. Посіви рису полягли на площі 65 га. Довжина і ширина градової смуги склали тут 23,5 км і 15 км. На площі 285 га були сильно пошкоджені сільгоспугіддя. Матеріальні збитки склали 992 800 грн.

Інтенсивний розвиток градових процесів відбувався 26 серпня 2005 р., з 12:30 до 14:20 годин спостерігався град діаметром до 35 мм в районі м. Коктебель, який випадав в одній смузі, де було три градових доріжки. Градова смуга мала напрям з південного заходу на північний схід (23,5 x 9,0 км²), а доріжки з північного заходу на південний схід. Пошкодження (виноградники) зафіксовані на 800 га, а збитки склали 1 620 000 грн.

Пізніше в цей же день (16:37 – 18:50 годин) потужний градовий процес зі

шквалом пройшов по території Нижньогірського району. Епіцентр події був у с. Косточківка, де в багатьох будинках зірвало дахи. Шквал валив дерева. Діаметр окремих градин досягав 40 мм. Постраждали багаторічні насадження. Градова смуга мала в довжину більше 40 км, а ширина її була біля 15 км. В ній виділялось 6 градових доріжок, середня площа яких була 12,0 x 6,0 км². Градова смуга була орієнтована з північного заходу на південний схід, а градові доріжки - з південного заходу на північний схід. Сільгоспкультури були пошкоджені на площі 542 га, збитки склали 6 700 000 грн.

У вересні було чотири дні з розвитком грозово-градових процесів, але інтенсивність градобойв дещо знизилась. Світлину грозово-градового процесу за 19.09.2005 р., який розвивався в зоні міст Кіровське – Феодосія, показано на рис. 1. Процес мав три цикли розвитку, кожен з яких дав свою градову доріжку. Вони відхилились вліво, що свідчило про інтенсивне циклонічне обертання конвективних осередків [8]. В першому і третьому циклах грозовий процес був інтенсивнішим. На невеликих за площею ділянках (до 10-20 га) було пошкоджено до 40-60% угідь.

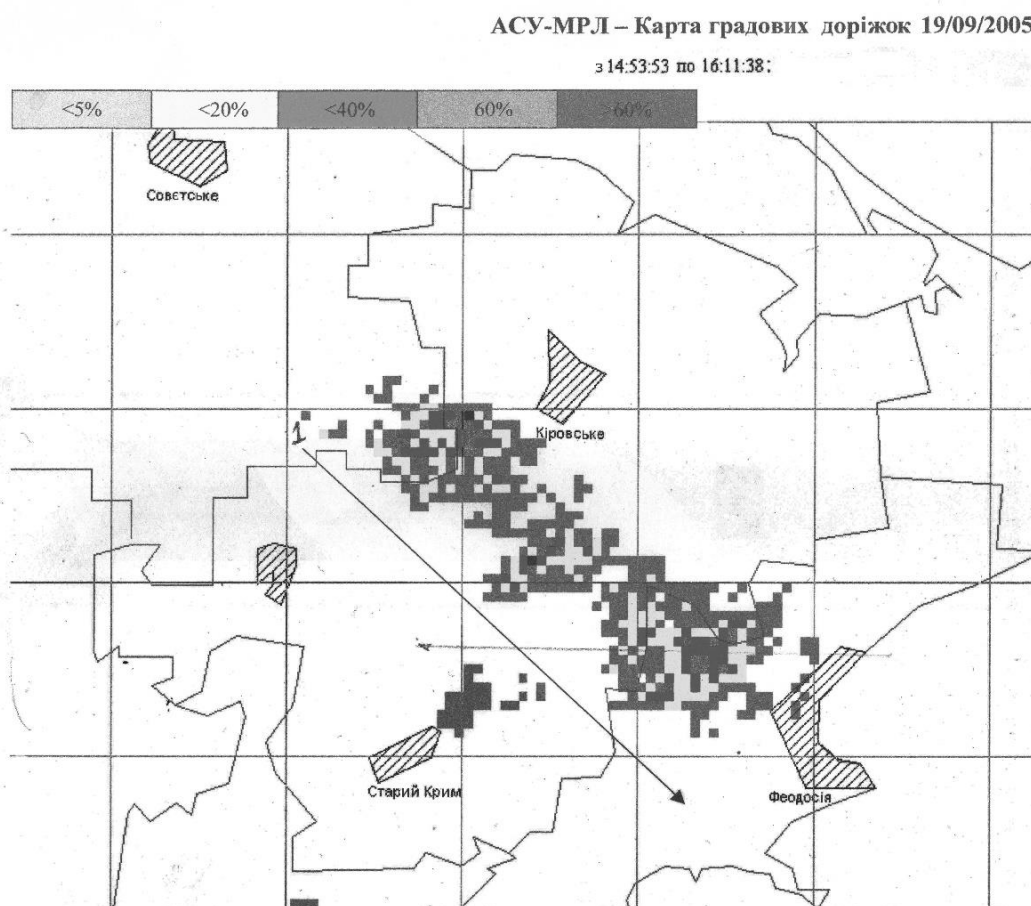


Рис. 1. Карта градових доріжок за 19.09.2005 р.

В таблиці 3 наведені відомості Міністерства надзвичайних ситуацій (МНС) і районних управлінь сільського господарства про площі сільськогосподарських культур, що постраждали від граду і про величину матеріальних збитків.

Таблиця 3. Відомості про площі сільськогосподарських культур, ушкоджених градом і рівень матеріальних збитків за даними МНС і районних Управлінь сільського господарства в сезоні 2005 року

| № п/п | Назва району | Дата | Площа, га | % пошкоджень | Матеріальні збитки (грн) |
|---------|-----------------|------------|-----------|--------------|--------------------------|
| 1 | Советський | 01,20.06 | 1456 | 15-70 | 1 187 600 |
| 2 | Кіровський | 19.08 | 688 | 15-18 | 540 000 |
| 3 | Білогірський | 01.06 | 450 | 60-80 | 709 300 |
| 4 | Нижньогірський | 25 - 26.08 | 827 | 20-100 | 7 692 800 |
| 5 | Ленінський | 02.06 | 1734 | 32-100 | 1 242 900 |
| 6 | Феодосійський | 26.08 | 800 | 10-60 | 1 620 000 |
| 7 | Судакський | 19.08 | 338 | 30-60 | 704 000 |
| 8 | Джанкойський | 18.06 | 627 | 30-60 | 580 700 |
| 9 | Бахчисарайський | 01-02.06 | 820 | 80-100 | 13 865 570 |
| Всього: | | | 7740 | | 28 142 870 |

Аналіз радіолокаційних матеріалів і наземних обстежень показує, що у літньому сезоні 2005 р. найінтенсивніші грозово-градові процеси мали місце у Східній половині Криму. З досліджених 46-ти градівих процесів 31 відбувся східніше меридіана м. Білогірськ. Там же було і найбільше пошкоджено сільськогосподарських угідь – 6293 га. В Центральному, Північному і Південному Криму було 15 градівих процесів, а площа ушкоджень склала 1447 га.

Але найбільших збитків зазнав Бахчисарайський район. У ніч з 1 на 2 червня 2005 р. там було вибито градом 820 га, але все було знищене на 80-100%. Це й дало найбільші матеріальні втрати, які сягнули 13 865 570 грн.

Сильно постраждав також Нижньогірський район (827 га – знищення на 20-100%, збитки – 7 692 800 грн), де стихія вирувала 2 дні поспіль: 25 і 26 серпня 2005 р. Крім градобою тут великих збитків завдали смерч в с. Родніки (25 серпня близько 15 год. 35 хв.) і потужний шквал в с. Косточківка.

В літньому сезоні 2005 р. у Бахчисарайському, Білогірському, Джанкойському, Кіровському, Ленінському, Нижньогірському, Судакському і Феодосійському районах градом пошкоджені сільгоспкультури на площі 7740 га. Збитки склали 28 142 870 грн.

При цьому необхідно зауважити, що цифра збитків значно занижена. Причина цього та, що керівники господарств і комісії не завжди проводили актування побитих градом площ сільськогосподарських угідь.

Висновки.

1. В сезоні 2005 р. біля 33% грозівих хмар у Криму переходили в грозово-градові, що призводило до градобоїв різної інтенсивності.

2. Число днів з градом за даними мережі гідрометеослужби в 2,4 рази менше фактично відміченого і в 4 рази менше, ніж показують дані АСУ-МРЛ.

3. Вдень в літньому сезоні 2005 р. град випадав найчастіше між 12 і 18 годинами, вночі – між 22 і 03 годинами.

4. Вектори провідного потоку і руху градівих хмар не співпадали. Градові смуги відхилялись на 10-70°, в більшості – вправо.

5. Градові доріжки всередині смуг в більшості випадків відхилялися вліво, зрідка вектори їх руху співпадали.

6. В середньому градівий процес утворював градіву смугу за 2 год. 15 хв.

7. Нові конвективні комірки утворювались праворуч існуючої (попереду, зрідка в тилу). Були випадки появи їх і зліва.

8. Відмічається розділяюча роль Кримських гір: осередки, що утворювались над північними схилами гір, далі рухались на північний схід; осередки, які розвивались над південними схилами, рухались на південний схід. Кут між північними і південними смугами сягав 100°.

9. Пошкодження градом сільгоспкультур в 2005 р. відмічені на площі 7740 га. Збитки перевищили 28 млн. грн.

Список літератури

1. Чегаев Н.С., Горовой А.Н., Осипенко А.С. К вопросу трансформации грозоградовых процессов в условиях рельефа Молдавии. *Проблемные вопросы активного воздействия на атмосферные процессы в Молдавии (Сборник научных трудов)*, 1986. Кишинев. С. 7-15. 2. Бротгандель А.И. Распределение твердых осадков по территории Армянской ССР. *Тр. ВГИ*. 1974. Вып.25. С. 17-80. 3. Кліматологічні стандартні норми. Київ, 2002. 446 с. 4. Абшаев М.Т., Бурдаков Ф.И., Ваксенбург С.И., Васильев Г.В., Горностаев Н.В., Шевела Г.Ф. Специализированный радиолокатор градозащиты и штормоповещения МРЛ-5 и его метеорологическая эффективность. *Тр. ВГИ*, 1976. Вып. 33, С. 3-30. 5. Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Ваксенбург С.И., Шевела Г.Ф. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5, МРЛ-6 в системе градозащиты. Л.: Гидрометеиздат. 1980. 231 с. 6. Абшаев М.Т., Инюхин В.С. К вопросу оценки точности радиолокационных измерений. *Тр. ВГИ*. 1991. Вып. 80. С. 44-49. 7. Battan L.J., Theiss J. B. Measurement of Vertical Velocities in Convective Clouds by Means of Pulsed-Doppler Radar. *J. of Atmos. Sci.*, 1970, № 227. P. 293-298. 8. Лесков Б.Н. О цикличности развития градовых процессов. *Тр. УкрНИГМИ*. 1970. Вып.76.С. 137-144. 9. Лесков Б.Н., Сирота Н.В., Бондаренко А.В. Об угловой скорости и периоде вращения конвективных облаков. *Тр. УкрНДГМИ*, 2001. Вып. 249. С. 35-53. 10. Лесков Б.Н., Сирота Н.В., Бондаренко А.В. Результаты измерения параметров вращения и динамики изменений объемов радиоэха конвективных облаков. *Зб. «Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища (Тези доповідей до ювілейної міжнародної конференції, присвяченої 70-річчю утворення Одеського державного екологічного університету. Одеса, 2002. С.46.* 11. Лесков Б.Н. Нові предиктори грозоzagрозливості. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. Одеса, 2008. Вип. 50. ч. 1. С. 209-210. 12. Fujita T.T. Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity. University of Chicago SMRP Research Paper № 91, 1971. 42 pp.

Referenses

1. Chegayev N.S., Gorovoy A.N., Osipenko A.S. K voprosu transformatsii grozogradovykh protsessov v usloviyakh rel'yefa Moldavii. *Problemnyye voprosy aktivnogo vozdeystviya na atmosferynye protsessy v Moldavii (Sbornik nauchnykh trudov)*, 1986. Kishinev, S. 7-15. 2. Brotgandel' A.I. Raspredeleniye tverdykh osadkov po territorii Armyanskoy SSR. *Tr. VGI*. 1974. Vyp.25. S. 17-80. 3. Klímatologíchní standartní normi. Kiřv, 2002. 446 s. 4. Abshayev M.T., Burdakov F.I., Vaksenburg S.I., Vasil'yev G.V., Gornostayev N.V, Shevela G.F. Spetsializirovanny radiolokator gradozashchity i shtormopoveshcheniya MRL-5 i yego meteorologicheskaya effektivnost'. *Tr. VGI*, 1976. Vyp. 33, S. 3-30. 5. Abshayev M.T., Burtsev I.I., Vaksenburg S.I., Shevela G.F. Rukovodstvo po primeneniyu radiolokatorov MRL-4, MRL-5, MRL-6 v sisteme gradozashchity. L.: Gidrometeoizdat. 1980. 231 s. 6. Abshayev M.T., Inyukhin V.S. K voprosu otsenki tochnosti radiolokatsionnykh izmereniy. *Tr. VGI*, 1991. Vyp. 80. S. 44-49. 7. Battan L.J., Theiss J. B. Measurement of Vertical Velocities in Convective Clouds by Means of Pulsed-Doppler Radar. *J. of Atmos. Sci.*, 1970, № 227. P. 293-298. 8. Leskov B.N. O tsiklichnosti razvitiya gradovykh protsessov. *Tr. UkrNIGMI*, 1970. Vyp.76.S. 137-144. 9. Leskov B.N., Sirota N.V., Bondarenko A.V. Ob uglovoy skorosti i periode vrashcheniya konvektivnykh oblakov. *Tr. UkrNDGMÍ*, 2001. Vyp. 249. S. 35-53. 10. Leskov B.N., Sirota N.V., Bondarenko A.V. Rezultaty izmereniya parametrov vrashcheniya i dinamiki izmeneniy ob'yemov radioekha konvektivnykh oblakov. *V zb. «Gídrometeorologiya í okhrona navkolishn'ogo seredovishcha (Tezi dopovídey*

do yuvileynoї mizhnarodnoї konferentsiї, prisvyachenoї 70-richchyu utvorenniya Odes'kogo derzhavnogo yekologichnogo univrsitetu. Odesa, 2002. S.46. **11. Lyeskov B.N.** Novi predyktory hrozozahrozlyvosti. *Meteorolohiya, klimatolohiya ta hidrololohiya*, Odesa, 2008. Vyp. 50, ch. 1. S. 209-210. **12. Fujita, T.T.** Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity. University of Chicago SMRP Research Paper № 91, 1971. 42 pp.

**До питання про потужність градових процесів у літньому сезоні в Криму
Лесков Б.Н., Носар С.В., Сирота М.В., Бондаренко А.В., Єгорова А.В.**

Показано результати досліджень градових процесів в Криму у 2005 р. спеціальними радіолокаційними системами. Станції ГМС зафіксували 10 днів з градом, а фактично було 24 дні (наземні обстеження). Радіолокаційні системи АСУ-МРЛ зафіксували 40 днів з градом. Різниця пояснюється локальністю градових процесів. Близько 33% грозових хмар переростало в грозово-градові. Градові процеси призвели до сильних градобоїв, що спостерігались у вигляді 57 смуг, в яких було 148 окремих градових доріжок. В середньому в градовій смузі було три градові доріжки, з коливаннями від 1 до 10. В більшості випадків смуги відхилились від провідного потоку вправо на 10-70°, а градові доріжки всередині смуг – вліво.

В середньому градобій утворював смугу випадіння граду за 2 год. 15 хв. Градові процеси розвивались циклічно – нові конвективні комірки утворювались праворуч існуючої і поперед неї (частіше), або позаду (рідше).

Градобой пошкодили 7740 га сільгоспузідь, матеріальні збитки перевищили 28 млн. гривень.

Ключові слова: Крим; градовий процес; градові смуги і доріжки; наземні спостереження і обстеження; радіолокаційний комплекс; матеріальні збитки.

**К вопросу о мощности градовых процессов в летнем сезоне в Крыму
Лесков Б.Н., Носарь С.В., Сирота Н.В., Бондаренко А.В., Егорова А.В.**

Показано результаты исследований градовых процессов в Крыму в 2005 г., которые получены с использованием специальных радиолокационных систем. Метеорорадиолокаторы зафиксировали 40 дней с градом. Фактически наземными обследованиями отмечено 24 дня с градобоями, а сеть метеорологических станций зафиксировала только 10 дней с градом. Разница этих данных объясняется локальным характером градовых процессов. Около 33% грозовых облаков перерастали в грозо-градовые. Градовые процессы лета 2005 г. привели к сильным градобоям, которые наблюдались в виде 57 полос, в которых было отмечено 148 отдельных градовых дорожек. В среднем в полосе выпадения града было 3 градовых дорожки, с колебаниями от 1 до 10. Оси полос выпадения града в большинстве случаев отклонялись от ведущего потока вправо на 10-70°, а оси градовых дорожек внутри градовой полосы – влево.

В среднем градовый процесс образовывал градовую полосу за 2 ч. 15 мин. Градовые процессы развивались циклично. Новые конвективные ячейки возникали правее существующей и впереди (чаще) или сзади (реже).

Град повредил насаждения на площади 7740 га, а материальный ущерб превысил 28 млн. гривен.

Ключевые слова: Крым; градовый процесс; градовые полосы и дорожки; наземные наблюдения и обследования; радиолокационный комплекс; материальный ущерб.

**To the question of the power of hail processes in the summer season over Crimea
Leskov B.N., Nosar S.V., Syrota M.V., Bondarenko A.V., Egorova A.V.**

In the article it's represented the results of studies of thunderstorm - hail processes over Crimea in 2005 with the help of special radar systems ASU-MRL. These systems registered 40 days with hail over Crimea during summer season of 2005. Land surveys and the State Insurance Agency marked 24 days with a hail, and weather stations observed only 10 days. The difference is due to the local nature of hail processes and their relative small-scale. In this summer season about 33% of the clouds with thunderstorm evolved to the clouds with thunderstorm and hail. This led to the heavy damages caused by hail, which were observed in the form of continuous bands, which, in turn, consisted of an average of three hail paths (a minimum of one, a maximum of 10).

During the summer season 57 hail bands and 148 hail paths were registered. The average length of the bands equaled 20 km (maximum was 90 km, minimum was 7 km). The average width of hail bands was 7.3 km. The broadest strips reached 12.5 km, and the smallest ones - 3.5 km. The average length of hail paths was 9.2 km (maximum was 19.0 km, minimum was 3.5 km). The average width of the hail paths was 4.7 km. The largest of them reached 10.5 km, and the smallest was 1.5 km. The differentiation of hail bands into hail paths indicates the cyclicity of the hail process. New hail-forming convective cells in most cases arose to the right of the existing and previous (more often), or behind (less often). The average direction of

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. № 1 (52)

air transfer and the orientation of hail bands did not coincide. In most cases, these bands deviated to the right on 10-70 degrees, and hail paths inside the bands deviated to the left. At the average, hail damage formed a hail strip within 2 hours and 15 minutes. An individual hail-forming convective cell existed for an average of 25 minutes (maximum was 84 minutes, minimum was 9 minutes). The size of the hail was mainly 5 - 25 mm. A hail size from 30 to 50 mm was observed in five cases. Hail damages injured 7740 hectares of farmland. During this summer season, there was also one tornado and one destructive squall. Pecuniary losses from natural disasters have exceeded 28 million of hryvnia.

Keywords: Crimea; hail process; ground observations and surveys; radar complex; material damage.

Надійшла до редколегії 12.12.2018

УДК 551.574.42

Пясецька С.І., Савчук С.В.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

ХАРАКТЕР ПОЛЯ ВІДКЛАДЕНЬ ОЖЕЛЕДІ У ВИПАДКАХ ЇГО НАЙМЕНШОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ В ОКРЕМІ МІСЯЦІ ПРОТЯГОМ 1961-1990 рр. ТА 1991-2015 рр.

Ключові слова: відкладення ожеледі; осередки відкладень; Стандартний ожеледний станок; кліматологічна стандартна норма; сучасний стан кліматичної системи.

Вступ. Як вже було зазначено у попередніх дослідженнях відкладення ожеледі на території України спостерігаються кожного року у місяці холодного періоду (XI-III) та окремі місяці перехідних сезонів (IV, X). Окремі дуже поодинокі випадки таких відкладень можуть спостерігатися у травні або у вересні, проте вони притаманні більше гірським місцевостям, де для цього можуть скластися відповідні умови (переважно територія Закарпаття), а також дуже рідко на території центральної частини України. Поле розповсюдження відкладень ожеледі проявляється у виникненні певних осередків їх найбільшої кількості та осередків, де вони спостерігаються значно менше. Таким чином, відбувається дуже неоднорідний характер розповсюдження таких відкладень. Значну роль у формуванні поля ожеледі становить не тільки самі погодні умови: температура, вологість повітря, швидкість, напрямок вітру, які зумовлені типом синоптичної ситуації, а й ландшафтна структура території. Осередки із значною повторюваністю ожеледопаморозевих явищ, особливо відкладеннями ожеледі, або навпаки найменшим їх проявом, обумовлені особливостями ландшафтної структури – рельєфом та будовою території, що й було узагальнено О.М. Раєвським для території України. Представлена робота висвітлює питання виявлення особливостей розповсюдження випадків відкладень ожеледі у роки їх найменшого прояву на території України протягом 55 років, а саме періоду кліматологічної норми 1961-1990 рр. та наступних 25 років (1991-2015 рр.). Робота є логічним продовженням дослідження специфіки розповсюдження відкладень ожеледі на території України в роки її максимального та мінімального прояву та водночас є продовженням дослідження розпочатого у попередньому аналогічній роботі авторів “Характер поля відкладень ожеледі у випадках його найбільшого розповсюдження в окремі місяці протягом 1961-1990 рр. та 1991-2015 рр.”, результати якого було опубліковано у науковому збірнику “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія” № 4(51) 2018 р. С.112-130.

Об’єкт, предмет та мета дослідження. Об’єктом даного дослідження, як і у попередньому дослідженні є відкладення ожеледі на дратах стандартного