Особливості формування гроз над Одесою

Лариса В. Недострелова, Валерія В. Чумаченко

Одеський державний екологічний університет, Одеса, Україна

Features of formation of thunderstorms over Odesa

Larysa V. Nedostrelova, Valeriya V. Chumachenko
Odessa State Environmental University, Odesa, Ukraine

Abstract. Climate changes on our planet can now be considered an established fact, and there is every reason to suppose that they may have certain manifestations in the economy and the social sphere, most likely negative and, moreover, often unpredictable. The repeatability and intensity of climatic and weather abnormalities in the world is growing lately. To form a state program for adaptation to climate change, it is necessary to have a clear idea of the changes in the mode of many meteorological values, which in general and determine the climate. Important among them is the question of changes in clouds and intensity and repetition of natural phenomena that accompany it. Thunderstorms are one of the dangerous weather phenomena associated with convective clouds. Studies of recent decades have shown that thunderstorm sensitively reacts to changes in temperature, humidity, radiation regime and composition of the atmosphere. Modern climatic changes characterized by rising air temperatures have a decisive influence on the conditions for the formation of dangerous weather phenomena, therefore monitoring of the conditions for the formation of storm phenomena on the territory of Ukraine is a topical issue. The high density of settlements and agro-industrial objects in the south of Ukraine, the intensity of air transportation at the international airport of Odessa and the construction of high-rise buildings require increased attention to prevent the devastating effects of natural hydrometeorological phenomena. One of the most dangerous phenomena for a society's life is a variety of convective phenomena, ie, showers, thunderstorms, hailstones, squalls, and tornadoes. Modern climatic changes, which are accompanied by an increase in the temperature of the air, may cause a change in the lightning regime on the territory of Ukraine.

The purpose of scientific work is to identify current trends of the lightning strike regime over Odesa for the period 2013-2017 years. Data from daily meteorological observations of atmospheric phenomena and synoptic material were used as input data.

During the study period, a total of 149 thunderstorms was identified. The maximum number of thunderstorms was observed in 2017 – 37 cases, the minimum number was detected in 2015 – 17 thunderstorms. The largest number of thunderstorms is determined in the summer, when the greatest instability of air masses is observed. The first storms over Odesa were recorded in April 2013, 2015, and 2016. The latest thunderstorm was detected in November 2016. Daily thunderstorms are prevailing with precipitation. The percentage of dry thunderstorms is small, both during the day and at night. In the winter, there was no thunderous activity. The largest number of thunderstorms has a domestic origin and makes up 92 cases, frontal thunderstorms formed in 57 cases of thunderstorms during the study period. Data on the time distribution of thunderstorms give reason to believe that thunder activity is most active in the second half of the day when in the atmosphere favorable conditions for convective processes are formed.

Key words: atmospheric electricity, thunderstorm activity, repetition of thunderstorms.

1. Вступ

1.1 Постановка проблеми

Зміни клімату на нашій планеті в теперішній час можна вважати встановленим фактом і є всі підстави припустити, що вони мають певні прояви в економіці і соціальній сфері, швидше за все, негативні і до того ж часто не передбачувані (Hohlov, 2007; Hohlov, Ivanov, 2008). Повторюваність та інтенсивність кліматичних і погодних аномалій останнім часом у світі зростає (Hohlov et al., 2009a; Hohlov et al., 2009b). Тому зміни клімату повинні враховуватись при стратегічному плануванні стійкого розвитку кожного регіону. Як зазначається у працях Степаненка, Польового (Stepanenko, Polovij, 2011), Волощука, Бойченко, Степаненка, Бортник, Шищенко (Voloshuk et al., 2002), Врублевської, Катеруші (Vrublevska, Katerusha, 2012), Хохлова, Іванова, Бондаренко, Латиш, Цимбалюк (Hohlov, 2007; Hohlov, Ivanov, 2008; Hohlov et al., 2009a; Hohlov et al., 2009b), для формування державної програми адаптації до змін клімату необхідно мати чітке уявлення про зміни в багаторічному режимі метеорологічних величин, які взагалі-то і визначають клімат (Stepanenko, Polovij, 2011; Voloshuk et al., 2002; Vrublevska, Katerusha, 2012). Важливе місце серед них належить питанню про зміни в режимі хмарності та інтенсивності й повторюваності стихійних явищ, які її супроводжують.

1.2 Аналіз публікацій

Грози є одним з небезпечних явищ погоди, пов'язаних з конвективною хмарністю. Вивчення сучасних регіональних особливостей їх формування є основною метою моніторингу грозових явищ. Дослідження останніх десятиліть

https://doi.org/10.17721/0868-6939.2018.4.49-55

показали, що грозова активність тісно пов'язана зі змінами температури, вологості, радіаційного режиму та складу атмосфери. Сучасні кліматичні зміни, що характеризуються підвищенням температури повітря, мають вирішальний вплив на умови формування небезпечних явищ погоди, тому моніторинг умов утворення грозових явищ на території України є актуальним питанням, як зазначається у працях Мацука (Macuk, 2013), Заболоцької, Підгурської, Шпиталь (Zabolocka et al., 2007), Недострелової, Чумаченко, Недострелова (Nedostrelova et al., 2018a, 2018b), Чумаченко, Недострелової (Chumachenko, Nedostrelova, 2018).

Всі процеси в хмарах відбуваються при постійній взаємодії хмарного повітря з оточуючим повітрям. Що стосується електрики атмосфери, то вона є фоном для електричних процесів у хмарах. Але разом з тим, електрика хмар значною мірою формує електрику атмосфери. Однією з основних характеристик електричного поля є напруженість поля (Shkolnij, 2007). У випадку електростатичного поля напруженість залежить від потенціалу. Напруженість електричного поля має напрямок, перпендикулярний до еквіпотенціальних поверхонь у бік негативного заряду (Shkolnij, 2007; Hohlov et al., 2009b; Nazhmudinova, Ben`, 2016). Оскільки земна поверхня у середньому має негативний заряд, а атмосфера – позитивний, напруженість електричного поля (або просто електричне поле) має напрямок зверху вниз. Цей напрямок електричного поля прийнято вважати нормальним, а вертикальну складову градієнта потенціалу – додатною (Shkolnij, 2007; Chumachenko, Nedostrelova, 2018; Nedostrelova et al., 2018a, 2018b). Електричне поле нижніх шарів атмосфери формується під дією випромінювання радіоактивних речовин. Тому найбільша густина позитивного заряду спостерігається біля земної поверхні. З висотою вона зменшується. Розподіл об'ємних зарядів встановлюється значною мірою під впливом струменів провідності в атмосфері. Провідність повітря зумовлюється концентрацією та рухливістю іонів (Shkolnij, 2007). Легкі іони – це комплекси з декількох молекул з одним елементарним зарядом. Важкі іони виникають, як правило, шляхом приєднання легких іонів до часток аерозолю. Тому при збільшенні в повітрі концентрації аерозольних часток збільшується й концентрація важких іонів. Провідність атмосфери визначається головним чином легкими іонами. Концентрація легких іонів в атмосфері залежить від інтенсивності іонізації молекул повітря випромінюванням радіоактивних домішок і космічними променями (Shkolnij, 2007; Chumachenko, Nedostrelova, 2018; Nedostrelova et al., 2018a, 2018b). Оскільки джерелом радіоактивних домішок у повітрі є земна поверхня, то з висотою інтенсивність іонізації за рахунок цього механізму зменшується. Навпаки, інтенсивність іонізації космічними променями з висотою збільшується. У приземному шарі повітря на інтенсивність іонізації чинить вплив і випромінювання радіоактивних речовин ґрунту. Інтенсивність іоноутворення у вільній атмосфері залежить не тільки від інтенсивності космічних променів, але й від густини повітря. У свою чергу, інтенсивність космічних променів залежить від широти: вона збільшується при зростанні широти. Це є результатом впливу магнітного поля Землі, як зазначається в праці Школьного (Shkolnij, 2007).

Існує велика кількість гіпотез про формування електричної структури грозової хмари. Як зазначається в працях Школьного (Shkolnij, 2007) та Сторма (Storm, 2010), загально прийнятої теорії цього складного явища ще не розроблено. Найбільше визнання має схема будови грозової хмари, яка була запропонована Сімпсоном та Робінзоном, а потім уточнена Байєрсом, Брейамом, Пірсом й іншими (Shkolnij, 2007; Chumachenko, Nedostrelova, 2018; Nedostrelova et al., 2018a, 2018b). Відповідно до цієї схеми, у верхній частині хмари, яка розташовується вище ізотерми –12 °C, переважають додатні заряди, що виникають на льодяних частках. У нижній частині хмари зосереджуються головним чином від'ємні заряди. Такий розподіл об'ємних зарядів більшого масштабу зумовлюється впливом різних процесів електризації. Але треба мати на увазі, що в хмарах одночасно спостерігаються процеси, які сприяють та перешкоджають накопиченню зарядів на хмарних частках та просторовому розділенню значних об'ємів часток, які мають заряди одного знаку. Мейсон на основі того, що велику інтенсивність має електризація, зумовлена осадженням переохолоджених краплин на поверхні градин і крупи, побудував теорію утворення об'ємних зарядів у грозовій хмарі (Shkolnij, 2007; Storm, 2010). Враховуючи такі фактори, як розподіл крупи за розмірами, зміни швидкості висхідних потоків повітря з висотою, струм стікання, зумовлений провідністю повітря й струмом під грозовою хмарою, він отримав рівняння для швидкості накопичення зарядів і зміни напруженості електричного поля. Таким чином, під впливом вертикальних рухів відбувається розділення зарядів у хмарі з переваженням додатних у верхній частині і від'ємних у нижній, тобто зарядів першого масштабу з напруженістю, яка має порядок В/м. Вищі значення напруженості, що мають порядок В/м, необхідні для виникнення блискавок, утворюються під впливом турбулентності (Nazhmudinova, 2018; Hohlov et al., 2009b; Nazhmudinova, Ben`, 2016). Турбулентність відіграє подвійну роль. По-перше, при посиленні дрібномасштабної турбулентності

зростає струм провідності, що зменшує напруженість електричного поля першого масштабу, тобто, по хмарі у цілому. По-друге, досить великі турбулентні об'єми, відриваючись від загального потоку й наближаючись до таких же великих об'ємів, що утримують заряди протилежного знаку, збільшують напруженість поля. Неоднорідність електричного поля меншого (другого) масштабу, що породжується макромасштабною турбулентністю, спроможна збільшити напруженість електричного поля до зазначених вище критичних значень, результатом чого є виникнення електричних розрядів у середині хмари, між сусідніми хмарами та між хмарою та земною поверхнею (Shkolnij, 2007; Chumachenko, Nedostrelova, 2018; Nedostrelova et al., 2018a, 2018b). У самій нижній частині хмари переважають об'єми другого масштабу з надлишком позитивних зарядів. Цьому сприяє перенесення позитивних іонів конвективними потоками з приземного шару атмосфери, а також випаровування й розбризкування крупних крапель дощу під хмарою. Саме між нижньою позитивно зарядженою й середньою негативно зарядженою частинами грозової хмари найбільш часто напруженість електричного поля перевищує критичне, або пробійне значення, при якому відбувається іскровий пробій шару повітря. Критичне значення напруженості знаходиться у межах $3{\cdot}10^5...6{\cdot}10^5$ В/м. Сила струменю при іскровому розряді різко збільшується за рахунок іонізації повітря протягом усього шляху розряду (Shkolnij, 2007; Chumachenko, Nedostrelova, 2018; Nedostrelova et al., 2018a, 2018b).

Висока щільність населених пунктів та агропромислових об'єктів на півдні України, інтенсивність повітряних перевезень у міжнародному аеропорту Одеса та будування висотних споруд вимагає підвищення уваги до попередження руйнівних наслідків стихійних гідрометеорологічних явищ. Одними з найнебезпечніших явищ для життєдіяльності суспільства є різноманітні конвективні явища, тобто зливи, грози, град, шквали та смерчі. Вони суттєво впливають на життя, здоров'я і господарську активність людини. Наприклад, ураження людей, літальних апаратів блискавками, перешкоди радіозв'язку, перебої в електропостачанні – ось далеко не повний перелік негативних чинників, пов'язаних із грозами. Сучасні кліматичні зміни, які супроводжуються зростанням температури повітря, можуть спричиняти зміни грозового режиму на території України. Існує велика кількість наукових праць, де досліджується динаміка грозової активності, її просторово-часовий розподіл, синоптичні аспекти грозоутворення над територією України та країн СНД (наприклад, Macuk, 2013; Nazhmudinova, 2018; Nazhmudinova, Ben`, 2016; Safarov, Mehtieva, 2017; Zabolocka et al., 2007).

2. Матеріали та методи

2.1 Мета статті

Метою наукової роботи є виявлення сучасних тенденцій режиму грозової діяльності над Одесою за даними метеорологічних спостережень за період 2013–2017 рр. Для досягнення мети дослідження було сформульовано наступні завдання. По-перше, визначити загальну кількість гроз за період дослідження. По-друге, отримати часовий розподіл грозової активності над Одесою. Наступним завданням було виявлення добового ходу грозоутворень. Також в роботі проведено дослідження синоптичних умов формування грозової діяльності над пунктом спостережень.

2.2 Вихідні дані

В якості вихідних даних для виявлення особливостей грозової активності над Одесою за період 2013–2017 рр. використано дані щоденних метеорологічних спостережень за атмосферними явищами АМСЦ Одеса. Опрацювання вихідного матеріалу здійснювалося методами статистичної обробки даних.

3. Результати та обговорення

3.1 Повторюваність гроз

Кількість випадків гроз за роками наведено в табл. 1. У 2013 році всього спостерігалося 36

Таблиця 1. Кількість випадків гроз над Одесою.
Table 1. Number of thunderstorm events over Odesa.

Рік	Місяць								Всього
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
2013	1	3	25	5	2	–	–	–	36
2014	–	12	5	10	5	3	–	–	35
2015	1	1	7	7	–	–	1	–	17
2016	3	8	3	1	4	1	2	2	24
2017	–	2	10	16	8	1	–	–	37
Всього	5	26	50	39	19	5	3	2	149

Таблиця 2. Кількість випадків денних і нічних гроз над Одесою.
Table 2. Number of day- and nighttime thunderstorm events over Odesa.

Вид грози		2013	2014	2015	2016	2017	Всього
Денні	з опадами	23	14	12	12	15	76
	сухі	5	4	2	3	2	16
Нічні	з опадами	8	15	3	7	20	53
	сухі	–	2	–	2	–	4
Всього	з опадами	31	29	15	19	35	129
	сухі	5	6	2	5	2	20

гроз, з яких максимум припадає на липень – 25 випадків; мінімум – 1 гроза – спостерігається в квітні. Не було виявлено грозової діяльності у вересні, жовтні, листопаді 2013 року. За 2014 рік спостерігалось 35 гроз: в травні і липні – 12 та 10 випадків відповідно, мінімум – 3 грози – у вересні. В квітні, жовтні та листопаді 2014 року грозова активність відсутня. 2015 рік характеризувався меншою кількістю випадків, ніж попередні роки – 17, з яких максимум – в травні та червні по 7 випадків, 1 гроза в квітні, травні та жовтні. У 2016 році кількість гроз за досліджений період – 24, максимум – 8 гроз – в травні, мінімум – 1 гроза – в липні і вересні. В цьому році спостерігалося грози в жовтні і листопаді по 2 грози. За 2017 рік випадків – 37 – найбільша кількість за 5 років, максимум гроз в липні – 16 випадків, мінімальна кількість спостерігалась у вересні – 1 гроза. В квітні, жовтні та листопаді 2017 року грозової діяльності не виявлено. Всього за період дослідження було виявлено 149 гроз, найбільша кількість грозоутворення мала місце у червні – 50 випадків, з них 50% епізодів спостерігається у червні 2013 року. Мінімальну кількість було зафіксовано в листопаді – 2 грози.

3.2 Часовий розподіл

При аналізі грозової активності було визначено часовий розподіл гроз та досліджено кількість денних та нічних, а також сухих гроз і гроз із опадами. Такі відомості зведено в табл. 2. Найбільшою кількістю денних гроз з опадами характеризується 2013 рік. Вони складають 30% від загальної кількості за період дослідження. Найменшу кількість такі грози мають у 2015 та 2016 роках (по 12 випадків). Сухі грози вдень за період з 2013 по 2017 роки спостерігалися 16 разів, з яких найбільшу кількість – 5 випадків – виявлено також в 2013 році. Нічних гроз за період дослідження було зафіксовано 57 епізодів, з яких грози з опадами складають 93%. Максимум нічних гроз з опадами визначено у 2017 році – 20 випадків.

Взагалі, 2017 рік характеризується найбільшою кількістю гроз з опадами – 35 випадків, що становить 27% від загальної кількості таких гроз за п'ятирічний період. Максимум сухих гроз виявлено в 2014 році, який становить 6 випадків. Всього за період дослідження зафіксовано 129 випадків гроз з опадами, з них денні складають 76 епізодів, що становить 59% від загальної кількості. Сухі грози мали місце тільки у 20 випадках, з яких денних визначено 80% епізодів.

Наступним кроком було виявлення сезонних особливостей грозової активності. Результати дослідження представлено в табл. 3. Найбільша кількість випадків гроз за період 2013–2017 рр. спостерігалась влітку – 108, що відповідає кліматичній нормі. Максимум гроз мав місце у літні сезони 2013 та 2017 років – 32 та 34 випадки відповідно, що складає 61 % від загальної кількості влітку. Навесні на АМСЦ Одеса за 5 років зафіксовано 31 випадок гроз, з яких 12 спостерігалися в 2014 році. Мінімальна кількість гроз спостерігається восени – 10, які розподілилися наступним чином: 5 гроз – 2016 рік, 3– 2014 рік, у 2013 році восени грозової діяльності виявлено не було. В інші роки за осінній період зафіксовано по одній грозі. Сезон, в якому не спостерігалося жодної грози – це зима.

Дослідження часового розподілу грозової активності над Одесою дозволяє виявити тенденції грозоутворень протягом дня. Кількість гроз за добу наведено в табл. 4. Аналізуючи добовий хід, можна стверджувати, що грозова діяльність

Таблиця 3. Кількість гроз по сезонах року над Одесою.
Table 3. Number of thunderstorm events in the seasons of the year over Odesa.

Сезон	Рік					Всього
	2013	2014	2015	2016	2017	
Весна	4	12	2	11	2	31
Літо	32	20	14	8	34	108
Осінь	-	3	1	5	1	10
Всього	36	35	17	24	37	149

Таблиця 4. Кількість гроз у добовому ході в м. Одеса.
Table 4. Number of thunderstorm events during the day in Odesa.

Рік	Перша половина дня (від 6 до 12 год)	Друга половина дня (від 12 до 18 год)
2013	13	18
2014	12	11
2015	5	10
2016	8	14
2017	4	15

найбільш активна в другій половині дня, коли в атмосфері формуються сприятливі умови для конвективних процесів. Більша кількість гроз за період дослідження спостерігається в другій половині дня. Винятком є 2014 рік, коли грозова активність переважала у другій половині дня. 2013 рік характеризується більшою кількістю гроз у другій половині дня – 18, в першій половині дня – 13 випадків. В 2015 році 10 гроз виявлено в другій половині і тільки 5 гроз в першій половині дня. 2016 рік характеризується всього 8 випадками гроз у першій половині і 14 епізодами у другій половині дня. В 2017 році також грозова діяльність була більш активною у другій половині дня, коли було зафіксовано 15 випадків, а у першій тільки 4 грози. Цей показник гроз у першій половині дня є найменшим за 5 років. Треба враховувати, що кількість всіх гроз за денним розподілом може не співпадати з кількістю випадків гроз за даний рік, бо спостерігалися випадки тривалості грози з ранку і до вечора, що супроводжувало занесення цього випадку до двох категорій.

З огляду денного розподілу грозової активності можна зробити висновок, що за період дослідження було зафіксовано 42 випадки у першій половині і 68 гроз у другій половині дня. Максимальну кількість денних гроз виявлено в 2013 році – 31 епізод, мінімальна спостерігалася в 2015 році і складала 15 випадків.

3.3 Повторюваність гроз за синоптичним походженням

Найважливішими умовами виникнення гроз є розвиток купчасто-дощової хмарності. Грозові явища є характерними для теплого періоду року та пов'язані з купчасто-дощовими хмарами фронтального та внутрішньомасового походження (Storm, 2010; Chumachenko, Nedostrelova, 2018; Nedostrelova et al., 2018a, 2018b). Для розвитку таких хмарних утворень необхідні: підвищена температура повітря, збільшений вологовміст повітря, а для розвитку потужних конвективних хмар основним є наявність висотної баричної улоговини, де термічна конвекція посилюється динамічним фактором (Macuk, 2013; Zabolocka et al., 2007). У табл. 5 наведено кількість випадків гроз над Одесою за синоптичним походженням.

Аналіз синоптичних карт за період дослідження дає можливість визначити тип гроз за їх походженням. В період 2013–2015 рр. найбільшу кількість мали грози внутрішньомасового походження. В 2013 та 2014 роках максимальна кількість гроз складає 26 випадків. Грози фронтального походження спостерігалися в кількості 10 та 9 випадків відповідно до розглянутих років. В 2013 році гроз, що виникли на фронті оклюзії було 6, на холодному фронті всього 3, на теплому фронті було зафіксовано тільки один випадок. 2014 рік характеризується 4 випадками на холодному і на теплому фронтах та 1 грозою на фронті оклюзії. В 2015 році спостерігалось 14 випадків гроз внутрішньомасового походження. Тоді як фронтальні грози було виявлено на фронті оклюзії 1 випадок, на холодному фронті – 2 випадки, на теплому фронті гроз зафіксовано не було.

В 2016 та 2017 роках переважали грози фронтального походження. У 2016 році найбільша кількість гроз визначена на фронтах оклюзії – 10 випадків, на холодному фронті – 4 грози, найменшу кількість було виявлено на теплому фронті – одна гроза. Внутрішньомасові грози спостерігалися в 10 випадках. Максимум гроз на холодному фронті зафіксовано у 2017 році, а саме 12 випадків. Тоді як на фронті оклюзії спостерігалося 6 гроз, на теплому фронті – 2 епізоди грозової активності. Гроз внутрішньомасового походження було виявлено 16 випадків. Як видно з аналізу синоптичних умов, найбільша кількість грозоутворень за

Таблиця 5. Кількість випадків гроз над Одесою за синоптичним походженням.
Table 5. Number of thunderstorm events in dependence of synoptic patterns in Odesa.

Рік	Повторюваність гроз			
	Фронтальна гроза			Внутрішньомасова гроза
	Фронт оклюзії	Теплий фронт	Холодний фронт	
2013	6	1	3	26
2014	1	4	4	26
2015	1	0	2	14
2016	10	1	4	10
2017	6	2	12	16

період 2013–2017 рр. має внутрішньомасове походження і складає 92 випадки. Фронтальні грози сформувалися у 57 випадках грозової діяльності за період дослідження і спостерігалися на холодному фронті у 25, на фронті оклюзії – у 24 і найменше на теплому фронті – у 8 епізодах.

4. Висновки

За результатами опрацювання даних щоденних метеорологічних спостережень за атмосферними явищами та аналізу синоптичного матеріалу виявлено особливості формування гроз над Одесою в останні роки. У цілому за період дослідження (2013–2017 рр.) спостерігалось 149 гроз. Максимальна кількість гроз спостерігалась в 2017 році – 37 випадків, мінімальну кількість було виявлено в 2015 році – 17 гроз. Найбільша кількість гроз утворюється влітку, коли спостерігається найбільша нестійкість повітряних мас. Перші грози над Одесою було зафіксовано в квітні 2013, 2015 та 2016 років. Найпізніше грози було виявлено в листопаді 2016 року. В добовому ході переважають денні грози з опадами. Відсоток сухих гроз невеликий як вдень, так і вночі. Взимку грозова діяльність була відсутня. Найбільша кількість грозоутворень має внутрішньомасове походження і складає 92 випадки, фронтальні грози сформувалися у 57 випадках грозової діяльності за період дослідження. Дані про часовий розподіл гроз дають підставу вважати, що грозова діяльність найбільш активна в другій половині дня, коли в атмосфері формуються сприятливі умови для конвективних процесів.

Список посилань

Chumachenko, V.V., Nedostrelova, L.V. (2018). Doslidzhennya grozovoyi diyalnosti [Investigation of thunderstorm activity]. *Vestnik GMC ChAM*, 1(21), 10–19 (In Ukrainian).

Hohlov, V.N. (2007). Kolichestvennoe opisanie izmenenij klimata Evropy vo vtoroj polovine XX veka [A quantitative description of climate change in Europe in the second half of the twentieth century]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal*, 2, 35–42 (In Russian).

Hohlov, V.N., Ivanov, A.V. (2008). Kolichestvennoe opisanie izmenenij klimata v konce XX – nachale XXI veka [A quantitative description of climate change in the late twentieth and early twentieth centuries]. *Mizhvidomchij nauk. zb. Ukrayini: Meteorologiya, klimatologiya ta gidrologiya*, 1(50), 221–226 (In Russian).

Hohlov, V.M., Bondarenko, V.M., Latish, L.G. (2009a). Prostorovij rozpodil anomalij opadiv v Ukrayini u 2011-2025 rokah [Spatial distribution of precipitation anomalies in Ukraine in 2011-2025]. *Ukrayinskij gidrometeorologichnij zhurnal*, 5, 54–62 (In Ukrainian).

Hohlov, V.M., Latish, L.G., Cimbalyuk, K.S. (2009b). Mozhlivi zmini temperaturnogo rezhimu v Ukrayini u 2011-2025 rokah [Possible changes in the temperature regime in Ukraine in 2011-2025]. *Visnik Odeskogo derzhavnogo ekologichnogo universitetu*, 8, 70–78 (In Ukrainian).

Macuk, Yu.M. (2013). Zmini grozovoyi aktivnosti na teritoriyi Ukrayini v XX ta na pochatku XXI storichchya [Changes in lightning activity on the territory of Ukraine in the XX and the beginning of the XXI century]. *Visnik Harkivskogo nacionalnogo universitetu, 1084, Seriya «geologiya-geografiya-ekologiya»*, 39, 147–151 (In Ukrainian).

Nazhmudinova, O.M., Ben`, O.L. (2016). Grozova diyal`nist` na AMSCz Ky`yiv/Zhulyany` [Thunderstorm activity at AISC Kyiv / Zhulyany]. *Vestnik GMC ChAM*, 1(19), 97–107 (In Ukrainian).

Nazhmudinova, O.M. (2018). Grozova diyal`nist` nad Xarkovom [Storm activity over Kharkiv]. *Vestnik GMC ChAM*, 1(21), 20–28 (In Ukrainian).

Nedostrelova, L.V., Chumachenko, V.V., Nedostrelov, V.V. (2018a). Analiz chasovogo rozpodilu kilkosti vipadkiv groz na aerodromi Odesa [Analysis of temporal distribution of the number of cases of thunderstorms at the Odessa airfield]. *Fizichna geografiya ta geomorfologiya. Naukovij sbirnik*, 1(89), 105–109 (In Ukrainian).

Nedostrelova, L., Chumachenko, V., Nedostrelov, V. (2018b). Doslidzhennya procesiv grozoutvorennya nad Odesoyu [Investigation of thunderstorm processes over Odessa]. *International science journal «Polish science journal»*, 8, 22–27 (In Ukrainian).

Safarov, S.G., Mehtieva, G.Sh. (2017). Real'noe polozhenie s molnijami na territorii Azejbardzhana [The real situation with lightning on the territory of Azerbaijan]. *GESJ: Physics 2017*, 2/18, 25–32 (In Russian).

Shkolnij, Ye.P. (2007). *Fizika atmosferi* [Physics of the atmosphere]. Kyiv: KNT, 486 (In Ukrainian).

Stepanenko, S.M., Polovij, A.M. ed. (2011). *Ocinka vplivu klimatichnih zmin na galuzi ekonomiki Ukrayini* [Assessment of the impact of climate change on the economy of Ukraine]. – Odessa: « Ekologiya», 694 (In Ukrainian).

Storm, D. (2010). *Atlas pogody: atmosfernye javlenija i prognozy* [Weather Atlas: Atmospheric Phenomena and Forecasts]. SPb.: Amfora, 191 (In Russian).

Voloshuk, V.M., Bojchenko. S.G., Stepanenko, S.M., Bortnik, S.Yu., Shishenko, P.G. (2002). *Globalne poteplinnya i klimat Ukrayini. Regionalni ekologichni ta socialno-ekonomichni aspekti* [Global warming and climate of Ukraine. Regional environmental and socio-economic aspects]. – Kyiv: VPC „Kiyivskij un-t", 116 (In Ukrainian).

Vrublevska, O.O., Katerusha, H.P. (2012). *Klimat Ukrayini ta prikladni aspekti jogo vikoristannya* [Climate of Ukraine and applied aspects of its use]. – Odessa: TES, 180 (In Ukrainian).

Zabolocka, T.M., Pidgurska, V.M., Shpital, T.M. (2007). Grozova diyalnist na teritoriyi Ukrayini [Thunderstorm activity on the territory of Ukraine]. *Naukovi praci Ukr. NDGMI*, 256, 92–98 (In Ukrainian).

Недострелова Л. В., Чумаченко В. В. **Особливості формування гроз над Одесою.** Фізична географія та геоморфологія, 2018, 92 (4), 49–55.

Одеський державний екологічний університет, вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна

В науковій статті наведено аналіз грозової діяльності над Одесою за період 2013–2017 роки. Грози є одним з небезпечних явищ погоди, пов'язаних з конвективною хмарністю. Вивчення сучасних регіональних особливостей формування є основною метою моніторингу грозових явищ. Дослідження останніх десятиліть показали, що грозова активність чуттєво реагує на зміни температури, вологості, радіаційного режиму та складу атмосфери. Сучасні кліматичні зміни, що характеризуються підвищенням температури повітря, мають вирішальний вплив на умови формування небезпечних явищ погоди, тому моніторинг умов утворення грозових явищ на території України є актуальним питанням. В роботі представлено повторюваність гроз у пункті дослідження. Виявлено та проаналізовано часовий та сезонний розподіли кількості випадків гроз над Одесою. Зроблено оцінку грозової активності за синоптичним походженням. Визначено повторюваність гроз за денним розподілом. За період дослідження було визначено гроз загальною кількістю 149. Максимальна кількість гроз спостерігалась в 2017 році – 37 випадків, мінімальну кількість було виявлено в 2015 році – 17 гроз. Найбільшу кількість гроз визначено влітку, коли спостерігається найбільша нестійкість повітряних мас. Перші грози над Одесою було зафіксовано в квітні 2013, 2015 та 2016 років. Найпізніше грози було виявлено в листопаді 2016 року. В добовому ході переважають денні грози з опадами. Відсоток сухих гроз невеликий як вдень, так і вночі. Взимку грозова діяльність була відсутня. Найбільша кількість грозоутворень має внутрішньомасове походження і складає 92 випадки, фронтальні грози сформувалися у 57 випадках грозової діяльності за період дослідження. Дані про часовий розподіл гроз дають підставу вважати, що грозова діяльність найбільш активна в другій половині дня, коли в атмосфері формуються сприятливі умови для конвективних процесів.

Ключові слова: атмосферна електрика, грозова активність, повторюваність гроз.