

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра військової підготовки

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: «Оцінка діагностичних властивостей емпіричних методів
розрахунку нижньої межі хмарності для аеропорту Одеса»

Виконав курсант групи В-18

Спеціальності 103 «Науки про Землю»

Рязанов Кирило Сергійович

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник канд. геогр. наук

Міщенко Наталя Михайлівна

Консультант -

Рецензент канд. геогр. наук, доцент

Вольвач Оксана Василівна

ОДЕСА – 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра військової підготовки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 103 Науки про Землю

(шифр і назва)

Освітня програма «Організація метеорологічного та геофізичного
забезпечення Збройних Сил України»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри військової підготовки

полковник Олег ГРУШЕВСЬКИЙ

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

курсанту РЯЗАНОВУ Кирилу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оцінка діагностичних властивостей емпіричних методів
розрахунку нижньої межі хмарності для аеропорту Одеса»

керівник роботи Міщенко Наталя Михайлівна, к.геогр.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ОДЕКУ від 21 грудня 2021 року № 267«С»

2.Строк подання курсантом роботи 14 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: дані щоденників погоди gr5 за 2016...2021 рр по
аеропорту Одеса

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити:

1) Відбір із щоденників погоди випадків з низькою хмарністю (300 м та
нижче) по аеропорту Одеса за 2016...2021 рр.

2) Розрахунок повторюваності низької хмарності по аеропорту Одеса за
вказаний період та побудова відповідних полів та гістограм.

3) За всі відібрані випадки розрахунок за формулами Іполітова, Фереля та
Селезньова висоти нижньої межі хмарності.

4) Порівняння отриманих результатів з фактичною висотою нижньої
межі, складання відповідних таблиць та побудова гістограм.

5. Перелік графічного матеріалу гістограми повторюваності низької хмарності по
аеропорту Одеса за 2016...2021 рр., поле добово-річного ходу низької
хмарності, гістограми спрогнозованих та фактичних висот нижньої межі
хмарност

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання: 02 березня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та пошук літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи бакалавра	02.03 – 06.03.22		
2.	Відпрацювання 1 та 2-го розділів роботи	07.03 – 16.05.22		
3.	Рубіжна атестація	17.05-20.05.22		
4.	Обробка і аналіз вихідних даних та опрацювання розрахункового алгоритму	21.05 – 01.06.22		
5.	Написання 3-го розділу	02.06 – 08.06.22		
6.	Відпрацювання вступної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків	09.06 – 10.06.22		
7.	Перевірка роботи на плагіат, підготовка презентації, доповіді	11.06.20		
8.	Подання роботи на рецензування	12.06.20		
9.	Подання роботи до навчальної частини	13.06.20		
10.	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	14.06.20		

курсант _____ Кирило РЯЗАНОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____ Наталія МІЩЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Основні відомості про низьку хмарність.....	7
1.1 Фізичні умови утворення низької хмарності	7
1.2 Фізичні умови утворення низької хмарності	10
2 Прогноз висоти нижньої межі хмарності за експериментальними формулами	16
2.1 Прогноз висоти нижньої межі хмарності методом О.І. Гоголевої.....	16
2.2 Прогноз висоти нижньої межі хмарності методом авіаметеорологічного центру.....	19
2.3 Прогноз низької хмарності за методом З.А. Спарішкіної	20
3 Аналіз результатів прогнозу висоти нижньої межі хмарності для аеропорту Одеса	23
3.1 Кліматологія низької хмарності на аеропорті Одеса за 2016...2021 рр.....	23
3.2 Порівняльний аналіз прогностичних висот НМХ з фактичними	25
Висновки.....	28
Перелік посилань.....	29
Додатки.....	31

ВСТУП

Одну з найбільших небезпек для авіації являє собою низька хмарність. Низька хмарність разом з обмеженою видимістю є тим елементом погоди, який визначає мінімум погоди для повітряного судна, аеродрому та екіпажу. Низька хмарність не має чітких обмежень по висоті нижньої межі, на практиці ж проводиться розрахунок нижньої межі хмар з максимальною висотою 300 м, оскільки для військової авіації саме це її значення має важливе значення.

Актуальність обраної тематики обумовлена тим, що визначення ефективнішого прогнозу нижньої межі хмарності, є дуже важливою задачею метеорологічного забезпечення польотів. Дана робота дає змогу в подальшому використовувати достовірніший метод прогнозу висоти нижньої межі хмарності для аеропорту Одеса.

Метою даної роботи є визначення діагностичних можливостей емпіричних методів прогнозу висоти нижньої межі хмарності за Іполітовим, Ферелем та Селезньовою для аеропорту Одеса.

Завдання що вирішувалися:

- сформувати вибірку із щоденників погоди випадків з низькою хмарністю (300 м та нижче) по аеропорту Одеса за 2016...2021 рр.;
- розрахунок повторюваності низької хмарності по аеропорту Одеса за вказаний період та побудова відповідних полів та гістограм.;
- розрахунок висоти нижньої межі хмарності за формулами Іполітова, Фереля та Селезньова;
- порівняння отриманих результатів з фактичною висотою нижньої межі, складання відповідних таблиць та побудова гістограм;

У якості вихідних даних для проведення дослідження використовувалися:

- 1) архів фактичної погоди з інтернет ресурсу RP-5 для аеропорту Одеса від 01.01 по 31.12 за 2016...2021 рр.

Робота викладена на 40 сторінках, складається зі вступу, 3 розділів,

висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглядаються основні відомості про низьку хмарність та умови її утворення.

Другий розділ присвячений основним методам прогнозування низької хмарності.

У третьому розділі проведені розрахунки за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2016 та Ахунт для порівняння методів прогнозу низької хмарності для аеропорту Одеса

1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО НИЗЬКУ ХМАРНІСТЬ

1.1 Фізичні умови утворення низької хмарності

Процес утворення шаруватої (St) і шарувато-купчастої (Sc) хмарності в загальному вигляді представляється наступним чином. В повітряній масі яка рухається під впливом динамічних факторів і підстильної поверхні, з якою відбувається теплообмін і волого обмін, змінюється з часом і в просторі температура повітря і вміст водяної пари. При цьому в самій повітряній масі перерозподіл тепла і вологи відбувається під впливом вертикальних рухів. В результаті цього в окремих об'ємах і шарах повітря може наступити стан насичення та розпочатися конденсація водяної пари, і утворення хмарності.

В теоретичних дослідженнях по динаміці утворення шаруватої хмарності зазвичай розглядаються процеси теплообміну і волого обміну. В загальному випадку прогноз виникнення і еволюції шарувато подібної хмарності потрібне рішення системи диференціальних рівнянь для граничного шару, включаючи рівняння руху, рівняння нерозривності, рівняння притоку тепла і вологи. Початкові значення метеорологічних величин і їх розподіл в просторі покладаються відомими .

В залежності від вкладу тих чи інших факторів умови виникнення низької шарувато подібної хмарності бувають різними. Більш частіше виникнення шаруватої хмарності спостерігається в результаті адвекції тепла, при якій відбувається охолодження повітря від холодної підстильної поверхні.

При адвекції тепла адвективні і трансформаційні зміни температури і вологості повітря є орієнтованими показниками появи хмар нижнього рівня. Так по величині адвективних змін температури і точки роси, можна оцінити трансформаційні їх зміни в процесі руху повітря, або в нижньому шарі атмосфери (приблизно 1 км).

Трансформаційні зміни температури, як правило, по модулі більші, ніж зміни точки роси. При адвекції тепла це призводить до локального зменшення дефіциту точки роси, по маршруту переміщення повітряної маси і конденсації

водяного пару. При адвекції холодного повітря, навпаки, спостерігається локальне збільшення дефіциту точки роси. Зазначені вище положення будуть справедливі тільки в тих випадках, коли до пункту прогнозу переміщується повітря, з більш низькими дефіцитами.

Адвективні зміни температури і вологості повітря (а також і трансформаційні зміни) залежать від швидкості переносу, збільшуючись з довжиною траєкторії. Та при великих швидкостях переносу істотне значення має різниця радіаційних умов уздовж траєкторії, особливо в холодний період року [4].

Хмари мають певні характерні форми, які по суті однакові у всіх частинах світу. Цей факт дає змогу давати назви різним типовим формам, і ці назви використовуються спостерігачами по всьому світу. Отже, хмарні спостереження, де б вони не проводились, порівняльні.

Хмари нижнього ярусу можуть простягатися по горизонталі до сотні або тисячі кілометрів і вертикально до висоти 1-2 км. Вони можуть спостерігатися в районі теплого фронту і фронту оклюзії, в теплом секторі і в центральній частині циклону. Також хмари нижнього ярусу утворюються на периферіях антициклону і при високій вологості повітряної маси вони можуть навіть виникнути в центральній частині антициклону

Висота нижньої межі хмар дуже важлива для авіації. При її визначенні варто пам'ятати, що нижня межа шаруватих (St) або шарувато-купчастих (Sc) хмар часто нечітка і розмита, і що перехід від серпанку до хмарності інколи відбувається в шарі товщиною 50-200 м. Тому нижня межа хмар яка спостерігається, залежить від методу її спостереження

Визначено, що нижня межа хмарності висотою 200 м і менше протягом 3-5 хвилин може змінити свою висоту приблизно на 50 %.

Багато неприємностей в прямому і переносному сенсі доставляє синоптикам і льотному складу, так звана, хмарна пелена. Це дуже тонкий шар шарувато подібної хмарності, яка спостерігається на висотах 50-250 м. Ця пелена спостерігається тільки зимою в північних районах. Інколи хмарну

пелену можна зафіксувати за допомогою інструментальних вимірювань нижньої межі хмарності, які використовуються на даному аеродромі. Хмарну пелену можна також визначити з борту повітряного судна. Інколи в хмарній пелені спостерігається сильне обмерзання

Процес утворення шаруватої (St) і шарувато-купчастої (Sc) хмарності в загальному вигляді представляється наступним чином. В повітряній масі, яка рухається під впливом динамічних факторів і підстильної поверхні, з якою відбувається теплообмін і волого обмін, змінюється з часом і в просторі температура повітря і вміст водяної пари. При цьому в самій повітряній масі перерозподіл тепла і вологи відбувається під впливом вертикальних рухів. В результаті цього в окремих об'ємах і шарах повітря може наступити стан насичення, початися конденсація водяної пари і утворення хмарності [6, 17].

В теоретичних дослідженнях по динаміці утворення шаруватої хмарності зазвичай розглядаються процеси теплообміну і волого обміну. В загальному випадку для прогнозу виникнення і еволюції шарувато подібної хмарності потрібне рішення системи диференційних рівнянь для граничного шару, включаючи рівняння руху, рівняння нерозривності, рівняння притоку тепла і вологи. Початкові значення метеорологічних величин і їх розподіл в просторі залишаються відомими

Шаруваті і шарувато-купчасті хмари однорідних повітряних мас дуже близькі по структурі і за умовами утворення. Основна відмінність між ними полягає в довжині хвиль. Найбільше значення для формування St - Sc хмарності має неадіабатичне охолодження повітря, що рухається над відносно холодною підстильною поверхнею. Однак, якщо б діяв тільки цей фактор, то ми б спостерігали лише утворення туману. Для утворення хмарності в даному випадку необхідна ще динамічна турбулентність, яка сприяє переносу продуктів конденсації на деяку висоту від поверхні землі.

В холодну половину року над континентом нижня межа цих хмар розташовується переважно в шарі від поверхні землі до 300 м. При цьому відносна вологість біля поверхні землі при наявності хмарності в 72% випадків

становить 85-100% ($T - T_d < 2^\circ\text{C}$) При різниці $T - T_d > 3^\circ\text{C}$ висота цих хмар, як правило, більш 300 м від поверхні землі.

Вертикальна потужність St-Sc хмарності невелика та складає декілька десятків або кілька сотень метрів. Їх вертикальний розвиток обмежується перебуванням у теплій масі на деякій висоті від землі до інверсії, так що ці хмари є переважно під інверсійними.

1.2 Механізми утворення низької хмарності

Механізм утворення St-Sc хмарності найчастіше має наступний характер: в нижньому шарі атмосфери є деякий запас водяної пари, який утворюється або шляхом випаровування з підстильної поверхні, або при адвекції більш вологого повітря з інших районів. При русі повітря виникає динамічна турбулентність, яка переміщує вологу з нижніх шарів до верхніх. Чим більше вертикальний градієнт температури в нижньому шарі, тим краще здійснюється переміщення. Існуюча на деякій висоті інверсія обмежує конвекцію і цим сприяє накопиченню вологи поблизу рівня інверсії. У той же час, підіймаючись, повітря адіабатично охолоджується, температура його знижується до точки роси і наявна в ньому водяна пара конденсується. Таким чином, вище рівня конденсації піднімається вже не тільки водяний пар, але і рідинно краплинна волога, яка накопичується під поверхнею інверсії. Звідси випливає, що хмарний шар виникає тільки в тому випадку, коли інверсія розташована вище рівня конденсації, в іншому випадку хмарність не утворюється.

Висота рівня конденсації залежить від величини відносної вологості, біля поверхні землі або від різниці $T - T_d$. Чим більша вологість, тим нижче починається конденсація.

Описана схема утворення St-Sc хмарності, згідно з якою хмара утворюється внаслідок турбулентного переносу вологи з нижніх шарів до верхніх, не є єдиною можливою. Цим процесом не завжди, можна пояснити

випадки раптового формування і зниження шаруватої хмарності аж до туману. Суттєву роль в утворенні низьких St хмар відіграє турбулентне перенесення вологи з нижніх шарів до верхніх, що, можливо, саме в тих випадках, коли інверсія температури супроводжується зростанням питомої вологості з висотою. Припустимо, що над деякими пунктом спочатку була безхмарна погода і внаслідок радіаційного вихолодження утворилася приземна радіаційна інверсія до висоти близько 600 м; розподіл питомої вологості також характеризується зростанням її висотою (рис. 1.1) а

До висоти 300 – 400 м існує різке підвищення швидкості вітру, наприклад від 3 до 8 м/с, то в результаті турбулентного перемішування холодного повітря на нижніх шарах з більш теплим на вищих шарах, відбувається деякий перерозподіл температури. Біля земної поверхні температура підвищиться, а на певній висоті, в даному випадку на висоті близько 300 м, вона дещо знизиться. Нижня межа інверсії утвориться, на деякій висоті від поверхні землі. В тому шарі, де відбулося зниження температури, повітря може досягти стану насичення що і зумовить тут формування під інверсійної хмарності типу St (рис. 1.1 б). Подальше турбулентне перемішування підінверсійного холодного повітря з вище розміщеним відносно теплим і вологим повітрям призведе до зниження нижньої межі інверсії, ущільнення хмарності і її зниження аж до туману (рис. 1.1 в). При цьому верхня частина хмарного шару зазвичай захоплює шар інверсії.

Нерідко утворення низької хмарності типу St або St fr є результатом підняття туману, що найбільш характерно для континентальних районів ранньої осені, після сходу сонця. У таких випадках первинною причиною конденсації є радіаційне вихолодження підстильної поверхні, що призводить спочатку до утворення туману. При подальшому прогріві нижнього шару повітря приземна інверсія руйнується і продукти конденсації турбулентним потоком переносяться на деяку висоту від поверхні землі [5].

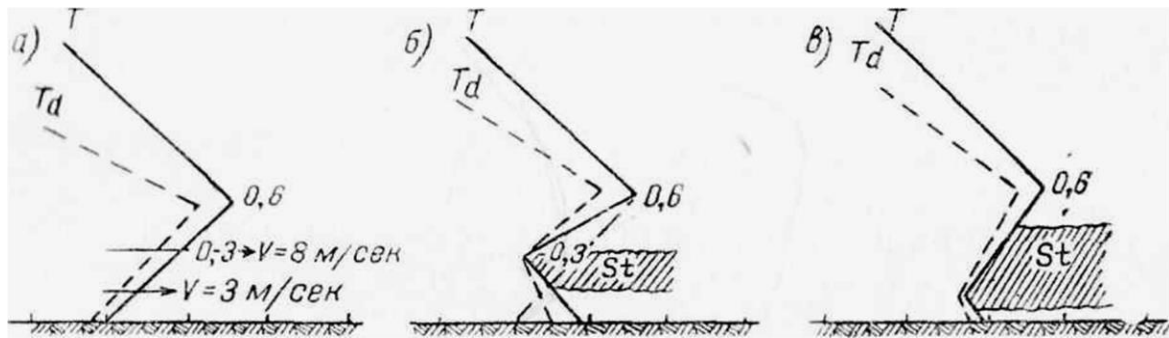


Рисунок 1.1 – Типові зміни температури точки роси при утворенні низької хмарності

Утворення низької хмарності, внаслідок турбулентного переносу вологи з нижніх шарів до верхніх, часто відбувається у випадках, де спостерігається добре виражена адвекція теплого вологого повітря на холодну підстильну поверхню. При цьому вітер біля землі може бути досить сильним і хмарність місцями настільки знижується, що переходить в туман. Зона несприятливої погоди може захопити у таких випадках досить великий район, що найчастіше можна зустріти на півдні України і в Прикаспійській низовині.

Одиничними синоптичними умовами, при яких утворюються St-Sc хмари, є теплі сектора циклонів, теплі частини антициклонів (найчастіше їх західна і північна периферія), а також розмиті баричні поля зі слабкими градієнтами тиску. Але нерідко ці хмари утворюються і в тій частині антициклону, де здійснюється адвекція холодного повітря. Це буває тоді, коли холодне повітря надходить з достатньою вологістю або відбувається інтенсивне випаровування вологи з підстильної поверхні, а інверсія в холодному повітрі розташовується на невеликій висоті від поверхні землі. В даному випадку, утворюються хмари, які мають характер Sc.

У тих випадках, коли антициклон досяг стадії високого теплобаричного утворення, суцільний покрив St-Sc хмар може охопити всю область антициклону. Таке положення має місце, коли формування антициклону було пов'язано з вторгненням на континент вологих повітряних мас з атлантичного

океану.

З навітряного боку гір і височин до динамічної турбулентності приєднується фактор впорядкованого висхідного руху, що обумовлює завжди збільшення вертикальної потужності St-Sc хмар [5].

Типовими синоптичними умовами, при яких утворюється низька хмарність є:

- західна периферія антициклону і теплий сектор циклону при адвекції тепла;

- тилова частина циклону і передня частина антициклону при адвекції холоду;

- високий антициклон який послаблюється [2].

Механізм утворення хмарності нижнього рівня розділяється на два випадки:

- 1) коли надходження вологи в нижні шари атмосфери обумовлене випаровуванням з підстильної поверхні;

- 2) коли в нижній частині тропосфери спостерігається адвекція тепла і вологи.

В першому випадку сприятливі умови утворюються в передній частині антициклону, що розвивається, і в центральній частині антициклонів.

Сприятливі умови появи хмарності:

- високий вміст вологи повітря в приземному шарі, коли відносна вологість біля землі $R \geq 85\%$;

- активний турбулентний обмін практично завжди існує в передніх частинах антициклонів, які розвиваються, а в малорухомих спостерігається при вертикальних градієнтах температури в нижньому шарі атмосфери більше $0,5^\circ\text{C}/100\text{ м}$;

- наявність інверсії осідання, яка знаходиться вище рівня конденсації [4].

Наявність низхідних упорядкованих рухів і радіаційне зниження температури впливає на виникнення при піднятої інверсії. У зв'язку з цим під інверсійний

шар повітря буде відокремлюватись від впливу шарів, які розташовуються вище. Активний турбулентний обмін буде спостерігатися тільки в шарі від землі і до нижньої межі інверсії ($Ri \leq 1$). Накопичення вологипід шаром інверсії сприяє досягненню в деякому шарі повітря стану насичення, тобто виникненню хмарності [8].

Нижня межа цих хмар спостерігається на рівні конденсації і буває відносно рівною і чіткою. Збільшення відносної вологості повітря в нижніх шарах атмосфери в цей період при антициклонічному режимі погоди сприяє між добовому зниженню температури повітря, а також випадінню опадів. Не досить часто хмари, що утворились в антициклоні є результатом утворення туману в нічні часи, який піднімається при сході Сонця [9].

Причиною розмиття хмар в антициклоні є посилення низхідних рухів у вільній атмосфері. Вони посилюються через регенерацію або часткове посилення антициклону при надходженні нової порції холодного повітря. В результаті цього спостерігається зниження інверсії осідання, яке призводить до розсіювання хмарності зверху.

В другому випадку при адвекції теплого вологого повітря на західну периферію антициклону в передній частині і теплому секторі циклону, появи низької хмарності сприяє трансформаційне охолодження повітря в граничному шарі атмосфери [3].

У вихідному районі повітря знаходиться в стані термічної рівноваги, що визначається нормальним розподілом температури повітря і точки роси з висотою. Верхній рівень шаруватої хмарності, як правило, знаходиться в шарі інверсії, інколи досягає її верхньої межі.

Нижня межа хмарності нечітка та нерівна. Під хмарами часто спостерігається серпанок. При синоптичній ситуації яка не змінюється і збереженні в даному районі адвекції тепла і вологи, локальне послаблення турбулентного обміну з часом приводить до зниження нижньої межі хмарності. При цьому завдяки дифузії водяної пари і випадінню хмарних елементів в підхмарний шар, вологовміст цього шару підвищується, що може призвести

до утворення в ньому хмарності. При початковому низькому положенні нижньої межі хмар її пониження приводить до появи хмарності [9]. Розсіювання хмар, які утворились при адвекції тепла і вологи, відбувається в результаті надходження в даний район більш сухого і холодного повітря. Утворення низької хмарності може бути також пов'язане з адвекцією теплого і вологого повітря на південній периферії циклону. Інверсія температури під впливом посилення турбулентності, при наближенні теплого фронту часто піднімається, а потім розмивається. В подальшому роль затримуючого шару виконує фронтальна поверхня [7].

В період коли інверсія зникає, перед фронтом може спостерігатися підвищення нижньої межі шаруватої хмарності або її розсіювання, а в зоні фронту хмарність знижується [3].

Таким чином, аналіз фізичних умов виникнення низької хмарності при різних синоптичних положеннях дозволяє сформулювати перелік основних термогігрометричних та інших характеристик атмосфери, які визначають формування хмарності:

- значення температури повітря і точки роси в початковий момент часу в пункті прогнозу;
- значення прогностичної температури повітря на період прогнозу;
- адвективне значення температури повітря і точки роси в початку траєкторії (в початковому районі);
- дефіцит точки роси в пункті прогнозу і в початковому районі;
- адвективні зміни температури повітря і точки роси;
- вертикальний градієнт температури;
- швидкість вітру в пункті прогнозу і середня швидкість по траєкторії переміщення повітря.

Характер вертикальних рухів і їх інтенсивність в граничному шарі атмосфери можуть бути враховані якісно в співвідношенні з синоптичним положенням [2].

2 ПРОГНОЗ ВИСОТИ НИЖНЬОЇ МЕЖІ ХМАРНОСТІ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ФОРМУЛАМИ

Для визначення висоти нижньої межі хмарності помітну популярність набули формули, виведені за допомогою експериментів.

1 формула Іполітова:

$$H = 24 * (100 - R); \quad (2.1)$$

2 формула Ферреля:

$$H = 122 * (T - T_d) \quad (2.2)$$

3 формула без автора:

$$H = 122 * (T - T_d) - m, \quad (2.3)$$

де H -висота нижньої межі хмар, м;

T – температура повітря біля земної поверхні (°C);

T_d – температура точки роси біля земної поверхні (°C);

R – відносна вологість, %;

m – коефіцієнт, пов'язаний із наявністю опадів.

При мряці $m = 80$, за інших видів опадів $m = 50$ і при відсутності опадів.

При $m = 0$ формула перетворюється на формулу (Ферреля).

Прогноз висоти нижньої межі хмарності методом О.І. Гоголевої Значення температури T та температури точки роси T_d' використані

2.1 Прогноз висоти нижньої межі хмарності методом О.І. Гоголевої

О.І. Гоголевою при побудові графіка для прогнозу низької хмарності (рис. 2.1). На графіку по вертикальній осі відкладена температура повітря T , а по

горизонтальній – прогностична температура точки роси T_d' . Похилі лінії розділяють області з переважанням хмар зазначених меж. Цей метод доцільно застосовувати при мінливих синоптичних умовах та досить добре вираженому переносі повітряних мас. Оптимальний період прогнозу за цим методом 9 годин, проте, за необхідності з допомогою методу О.І. Гоголевої можна розробляти прогнози із завчасністю до 12 годин.

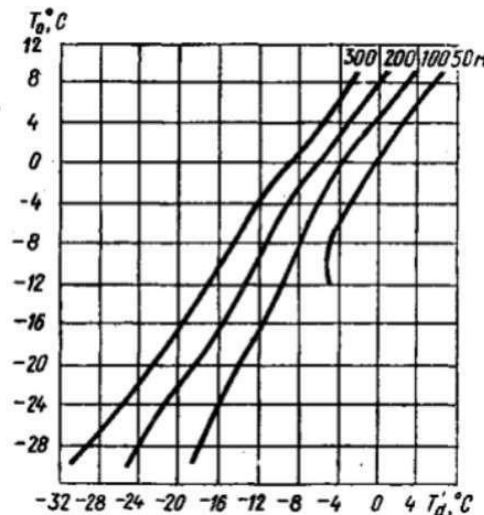


Рисунок 2.1 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі за методом О.І. Гоголевої.

К.Г. Абрамовичем визначено додаткові критерії прогнозу низької хмарності. Якщо характерні для перенесення повітря зміни температури переходять за значення 4°C за період часу 12 год то при адвекції тепла спостерігається зменшення значення висоти хмарності, а при адвекції холоду збільшення. Якщо ж адвективні зміни температури більші або рівні 6°C за період часу 12 год то при горизонтальному перенесенні тепла відбувається хмароутворення або різке зниження хмарності, а при переміщенні холоду – підвищення чи зникнення хмар.

На основі методу О.І. Гоголевої розроблено багато інших способів прогнозу хмарності, що охоплюють інші параметри наприклад, для прогнозу

висоти нижньої межі хмар на термін до 12 годин можна рекомендувати графік, поданий на рисунку 2.2. На графіку вздовж вертикальних осей відкладається адвективне підвищення температури біля земної поверхні ($T-T'$) за період прогнозу, похилі лінії пов'язані з прогностичним значенням швидкості вітру біля земної поверхні, а значення висоти нижньої межі хмар вимірюється вздовж горизонтальної осі.

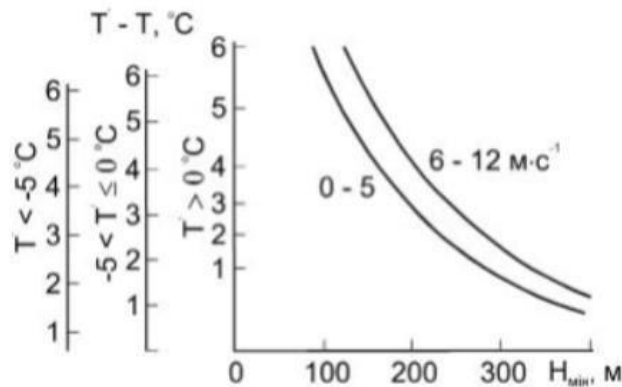


Рисунок 2.2 – Графік прогнозу мінімальної висоти нижньої межі хмарності

Наявність трьох шкал, орієнтованих вертикально дозволяє не знехтувати впливом на висоту хмарного покриву. Перша шкала застосовується, якщо значення температури нижче -5°C , друга – якщо значення температури, потрапляє в проміжок від -5°C до 0°C , і третя – при позитивних температурах. Щоб оцінити можливість утворення хмар висотою нижче 300 м у холодний період зручно використовувати графік, вказаний на (рис. 2.3).

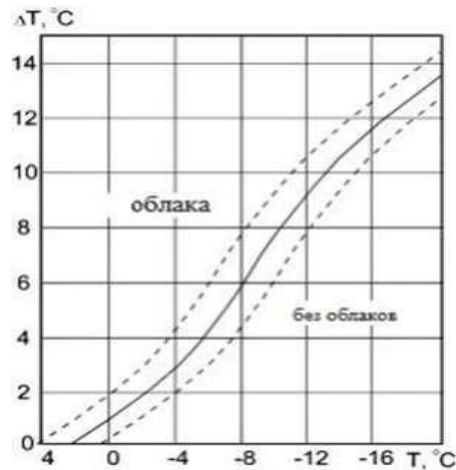


Рисунок 2.3 – Графік для прогнозу хмарності висотою 300 м і нижче при адвекції тепла в холодний період року

Тут температура повітря біля поверхні в даний момент T відображається вздовж горизонтальної осі, а величина прогнозованого прогріву ΔT – уздовж вертикальної осі. Роздільні лінії розтинають весь графік на дві ділянки. Якщо точка з початковими значеннями T та ΔT потрапляє до зони «Хмари», то прогноз має вказувати на низьку хмарність, якщо ні – йдеться про відсутність низьких хмар.

2.2 Прогноз висоти нижньої межі хмарності методом авіаметеорологічного центру

Службовцями головного авіаметеорологічного центру (ГАМЦ) виявлено способи прогнозу нижньої межі хмарності, що враховують інформацію про зміни температури та температури точки роси. Ці методи зведені для використання графіків, представлених на рис. (2.4 та 2.5.)

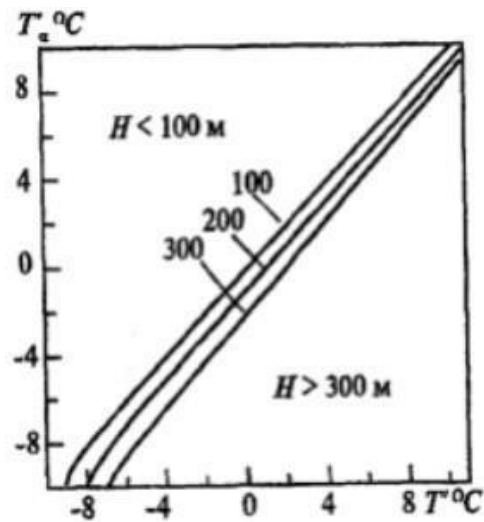


Рисунок 2.4 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі хмарності по прогностичним значенням температури повітря T' і температури точки роси T_d'

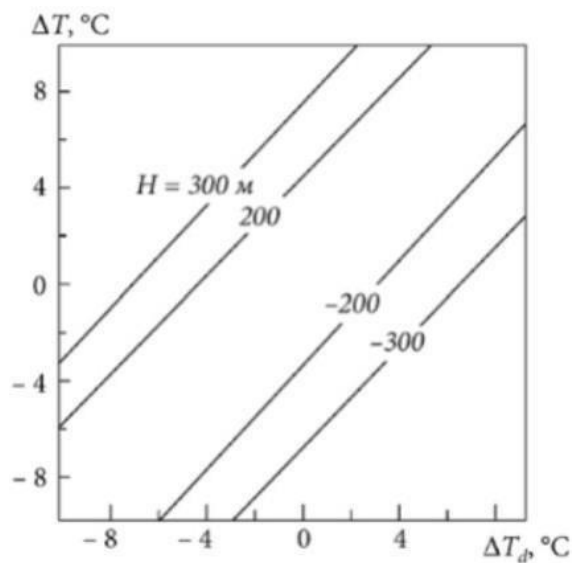


Рисунок 2.5 – Графік для оцінки змін висоти нижньої межі хмарності

Рисунок 2.4 дозволяє оцінити висоту нижньої межі хмарності по прогностичним значенням температури T' і температури точки роси T_d' , а рисунок 2.5 – зміну висоти хмарності залежно від характерних для перенесення тепла змін температури ΔT та температури точки роси $\Delta T_d'$.

Вказані графіки дають задовільні результати при прогнозі хмарності на період від 6 до 12 годин. Дуже часто за нижню межу низької хмарності приймається рівень конденсації, для визначення якого можна користуватися аерологічною діаграмою. Висоту нижньої межі хмарності можна оцінити і за очікуваним характером погоди синоптичним та статистичним методом. Встановлено, що для середніх широт Європи при опадах і серпанку, що погіршують видимість до 4 км, висота нижньої межі хмарності зазвичай не перевищує 100 – 200 м; при видимості 1.5 – 4.0 км висота хмарності коливається в межах 60 – 100 м, а при видимості менше 1.5 км 30 – 60 м.

2.3 Прогноз низької хмарності за методом З.А. Спарішкіної

Графік для прогнозу низької хмарності, запропонований З.А. Спарішкіною (рис. 2.6).

Він дозволяє по значенням температури T_0' і температури точки роси T_{d_0} на початку траєкторії переносу визначити можливість утворення хмарності висотою до 100 м. Оптимальний час при використанні даного методу 6 – 9 годин.

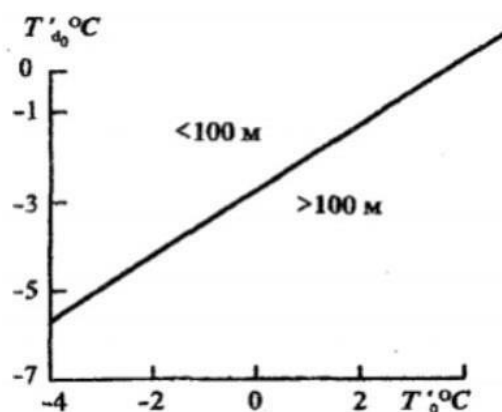


Рисунок 2.6 – Графік З.А. Спарішкіної для прогнозу хмарності висотою до 100 м

Розглянемо теорію утворення та еволюції шаруватої хмарності, під якою маються на увазі як власне шаруваті, в основному фронтальні шарувато-дощові – високошаруваті – пір'ясто-шаруваті, так і щільні хвилясті, тобто. шарувато-купчасті – шаруваті – висококупчасті хмари [14].

Шаруваті хмари утворюються при циклонічних депресіях, поблизу атмосферних фронтів та за інших систем несприятливої погоди. Поза зоною опадів хмарність часто зустрічається у вигляді кількох шарів довжиною до 10 км і більше, розділених чистими (безхмарними) проміжками, що заповнюються з початком випадання опадів. Ці хмари виникають у результаті повільного, але тривалого підйому у всьому потужному шарі повітря, яке при швидкості кілька сантиметрів на секунду може тривати протягом кількох годин.

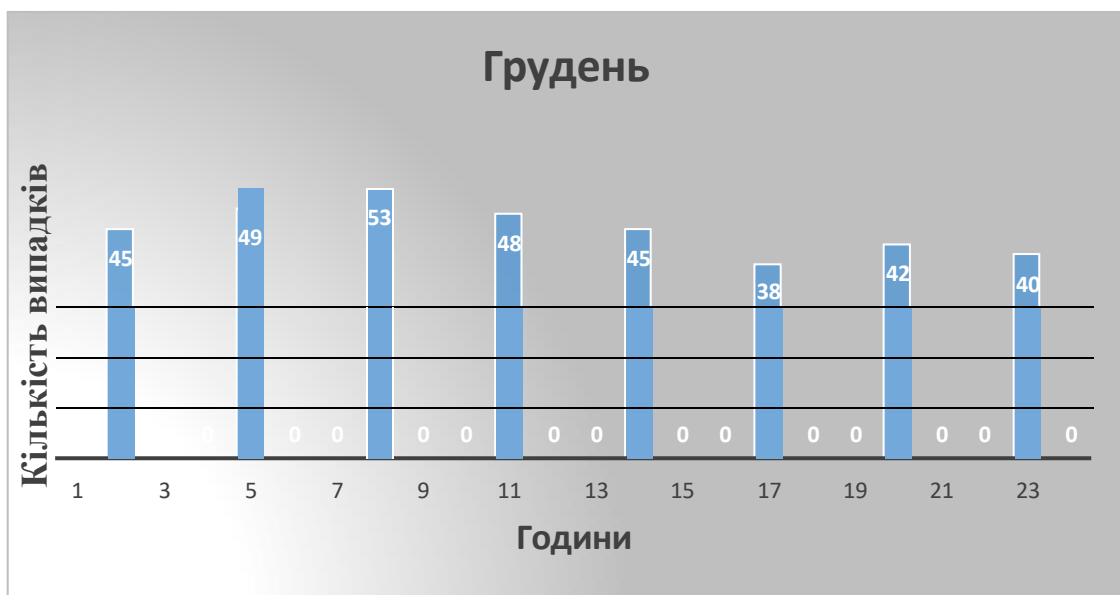
Спільне цих хмар у тому, що їх горизонтальна довжина у багато разів перевищує вертикальну. З цієї причини основні фактори формування шаруватої хмарності і, як наслідок, вихідні рівняння мають однаковий вигляд для хмар всіх форм цієї групи. Відмінності між численними формами, видами та різновидами шаруватих хмар обумовлені варіаціями основних фізичних параметрів, від яких залежать умови формування хмарності [13].

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОГНОЗУ ВИСОТИ НИЖНЬОЇ МЕЖІ ХМАРНОСТІ ДЛЯ АЕРОПОРТУ. ОДЕСА

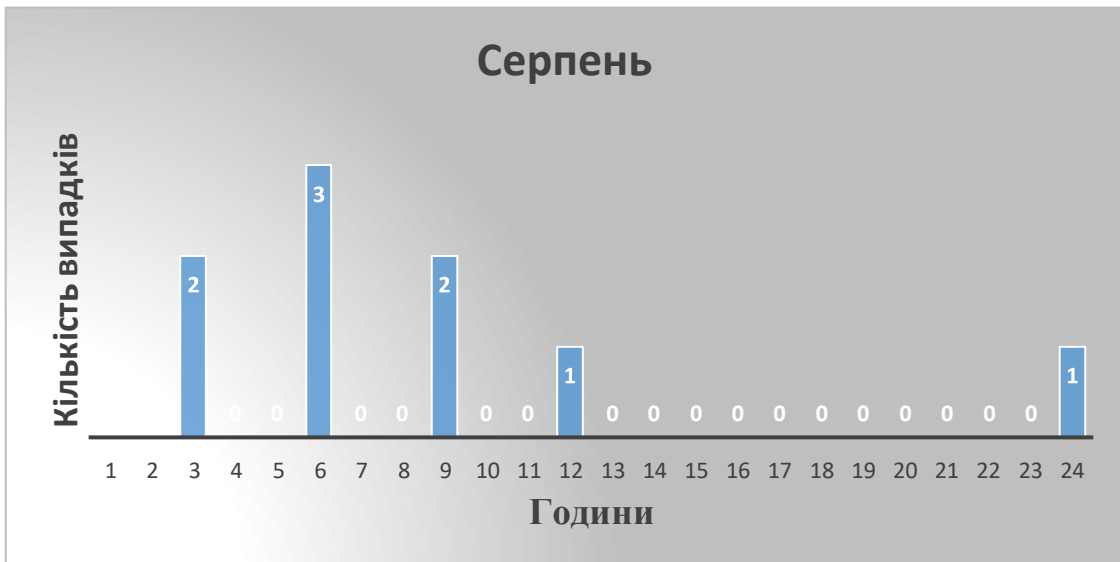
3.1 Кліматологія низької хмарності на аеропорті Одеса за 2016...2021 рр.

На першому етапі роботи із щоденників погоди по аеропорті Одеса за обраний період були відібрані випадки з наявною низькою хмарністю, тобто висотою нижньої межі від 300 метрів та нижче та побудовані гістограми повторюваності низької хмарності за обраний період (Додаток Б.1).

В результаті отримали, що максимальна кількість низької хмарності спостерігалася в холодний період року, мінімальна – в теплий, при цьому можна виділити грудень, як місяць з максимальною кількістю випадків, наступні місяці відбувається поступове зменшення повторюваності з мінімумом вже в серпні (рис.3.1).



a)



б)

Рисунок 3.1 – Гістограми кількості випадків низької хмарності в аеропорту Одеса в а) грудні та б) серпні за період 2016...2021 рр.

Також слід зазначити загальну тенденцію на збільшення повторюваності низької хмарності з липня до грудня, де їх повторюваність максимальна.

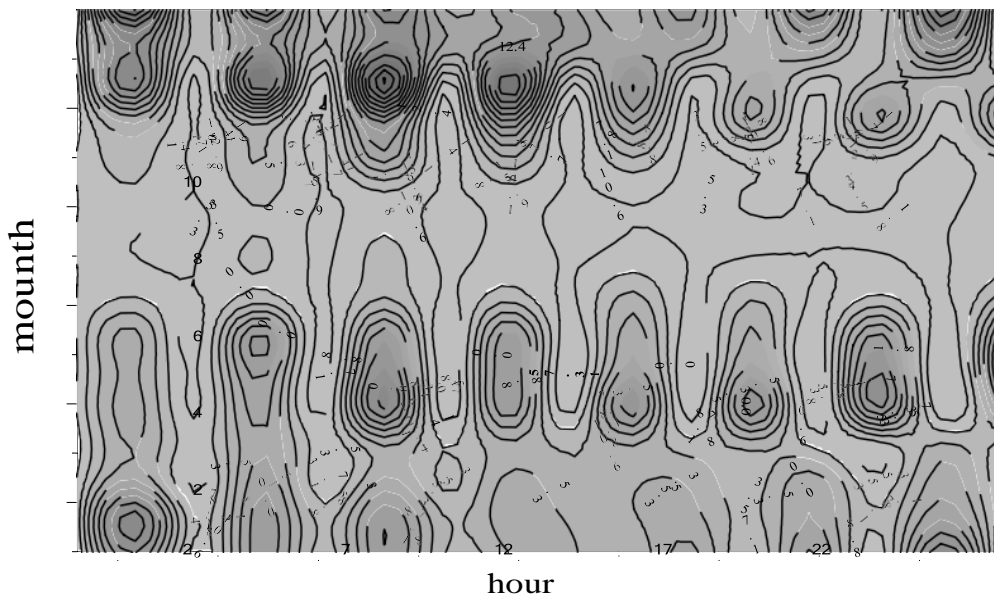


Рисунок 3.2 – Добово-річний хід низької хмарності по аеропорту Одеса за 2016...2021 рр.

Далі, за обраним випадкам НМХ та її розподілу за рік та за добу побудували поле добово-річного ходу висоти НМХ по аеропорту Одеса (рис.3.2)щоб бачити загальну картину розподілу низької хмарності за рік по станції.

Із рисунка 3.2 бачимо, що максимум повторюваності низької хмарності припадає на холодний період (листопад та грудень) на протязі доби з деякими мінімумами з 11 до 17 години та максимумами з 22 до 7 години ранку. Мінімум – в теплий період року, також на протязі доби, але простежується деякий мінімум з 0 до 4 години, максимум – з 5 та на протязі доби.

3.2 Порівняльний аналіз прогностичних висот НМХ з фактичними

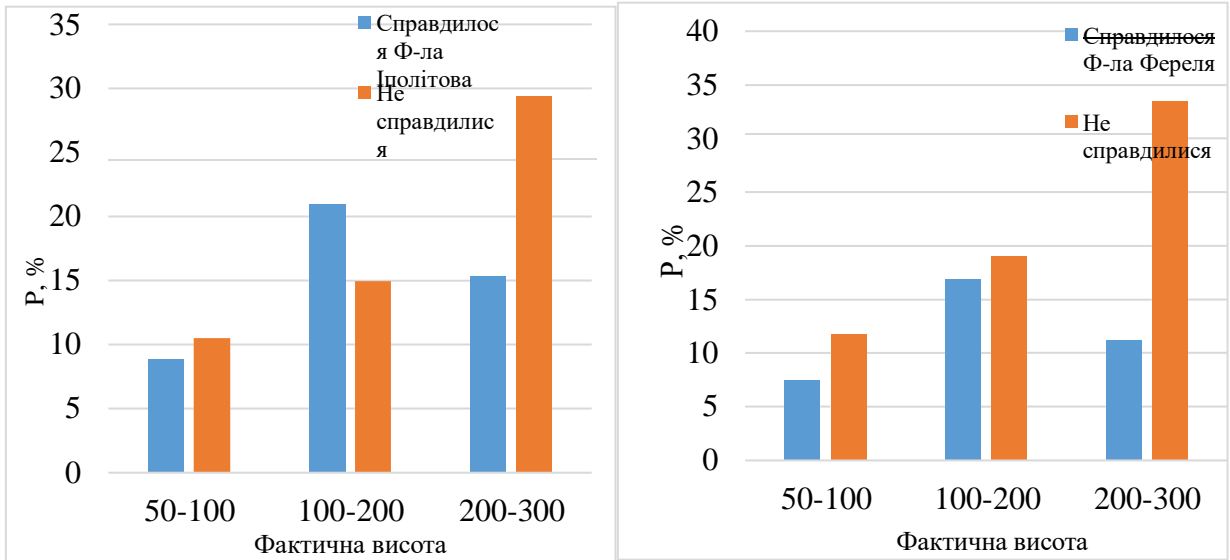
Наступним етапом роботи було проведення порівняльного аналізу результатів прогнозу нижньої межі хмарності методами Селезньова, Фереля та Іполітова з фактичною її висотою.

Далі розрахували число випадків з вдалим прогнозом (результат опинився в градації фактичних висот) та тих, що не спрогнозували фактичну висоту. В результаті отримали таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати порівняльного аналізу методів прогнозу НМХ з фактичними даними (кількість випадків)

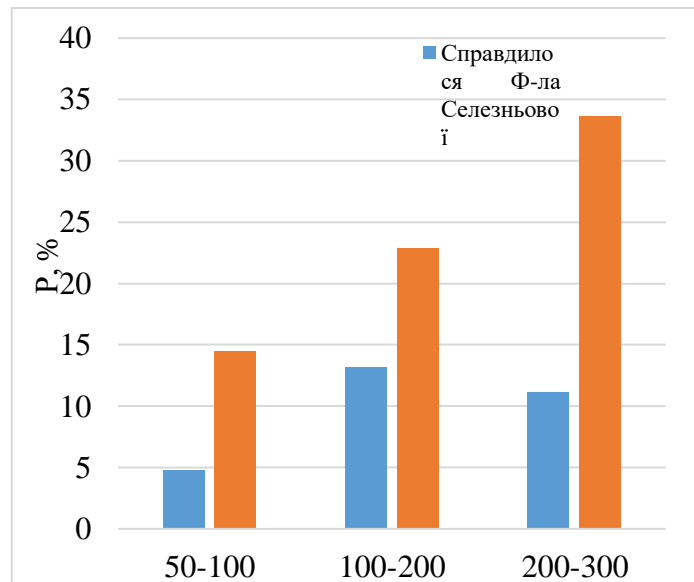
Фактична висота нижньої межі хмарності	Формула Іполітова		Формула Фереля		Формула Селезньової	
	Справдилосьь	Не справдилосьь	Справдилосьь	Не справдилосьь	Справдилосьь	Не справдилосьь
50-100	134	159	114	179	73	220
100-200	318	227	256	289	199	346
200-300	233	445	170	508	168	510
Σ	685	831	540	976	440	1076

Для зручності подальшого аналізу отриманих результатів, нами були побудовані відповідні гістограми, попередньо результати таблиці 3.2 перераховані у відсотки (рис.3.3).



a)

б)



в)

Рисунок 3.3 – Гістограма порівняння спрогнозованих висот нижньої межі хмарності

Із рис 3.3 *a* бачимо, що за формулою Іполітова у 55% отримані результати не співпадуть з фактичною висотою нижньої границі хмарності, а у 45% -- співпадуть. При цьому, для градації висот 100-200 метрів найчастіше справджується в той час як інші градації – ні. Максимум неспівпадань прогнозу та факту бачимо для градації 200-300 м.

За формулою Фереля бачимо, що прогноз який несправдився буде спостерігатися частіше, ніж той, що справдився. Максимальне неспівпадіння також для градації 200-300 м.

За формулою Селезньової бачимо аналогічну картину. Найчастіше неспівпадіння прогноз – факт і максимум неспівпадинь виявлялося для градації нижньої межі хмарності 200-300 м.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаних роботи можна зробити наступні висновки:

- Низька хмарність на аеропорті Одеса має максимум повторюваності в холодний період року з 22 до 7 години ранку. Мінімум повторюваності припадає на літні місяці з 0 до 4 години ранку, та повна відсутність в серпні.

- Проведений розрахунок прогностичних значень нижньої межі хмарності за методами Іполітова, Фереля та Селезньової показали незадовільні результати. Так, за формулами Фереля та Селезньової відмічається 64 та 71% прогнозів нижньої межі хмарності які не справдилися, за формулою Іполітова

– 55%.

- Таким чином, всі наведені методи потребують подальшого удосконалення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Богаткин О.Г.* Авиационная метеорология. Учебник. СПб.: Издательство РГГМУ, 2005. 238 с.
2. *Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б.* Авіаційна метеорологія: Конспектлекцій Дніпропетровськ: ПБП «Економіка», 2006. 140 с.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации Под ред. *Абрамович К.Г., Васильева А.А. Л.*: Гидрометеиздат, 1985. 301 с.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды – часть II. Под ред. *И. Г. Пчелко.*, Техн. ред. *А. А. Соловейчик.*, Корректор. *А. И. Вайцман.* Гидрометеиздат. Ленинград, В.О., 2-я линия, 1954. 228 с.
5. Авиационные прогнозы погоды. Учебное пособие. Гидрометеиздат. 2004. 67 с.
6. *Абрамович К.Г.* К характеристике атмосферных процессов в дни с нижней облачностью. Труды ЦИП, вып. 136, 1964.
7. *Абрамович К.Г., Глазунов В.Г.* Условия формирования и эволюции нижних облаков на Украине в ноябре - декабре 1962 г. Труды ЦИП, вып. 157, 1966.
8. *Берлянд М.Е.* Теория изменения ветра с высотой. Труды НИУ ГУГМС, серия 1, вып. 25, 1947.
9. *Бурцев А.И., Ветлов И.П.* Построение траекторий воздушных частиц с помощью электронных вычислительных машин. Труды ЦИП, вып. 128, 1963.
10. *Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б.* Авіаційна метеорологія та кліматологія. Конспект лекцій Одеса:, 2007. 201с.
11. *Абрамович К.Г., Хргиан А.Х.* Исследование условий возникновения слоистообразной облачности нижнего яруса. Труды ЦАО, вып. 28, 1960.
12. *Зверев А.С.* Синоптическая метеорология. Издание второе,

переработанное и дополненное. Ответственный редактор *Смирнов П.И.,*
Тараканов Г.Г. Гидрометиздат, 2-е изд., перераб. и доп., 1977г.

13. *Лайхтман Д.Л.* Физика пограничного слоя атмосферы.
Гидрометеиздат, Л., 1961.

ДОДАТКИ

Додаток А

ДОВІДКА

кафедри військової підготовки
до кваліфікаційної роботи бакалавра
курсанта групи В-18 Рязанова Кирила

на тему:

«Оцінка діагностичних властивостей емпіричних методів розрахунку
нижньої межі хмарності для аеропорту Одеса»

1. Доповідь на науковій конференції молодих вчених 11-18 травня 2022 р. за темою «Розробка методу прогнозу низької хмарності для станції Київ» та публікація тез доповіді за результатами конференції в матеріалах студентської наукової конференції.

Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 11-18 травня 2022 р. – Одеса: ОДЕКУ, 2022. – 601 с.

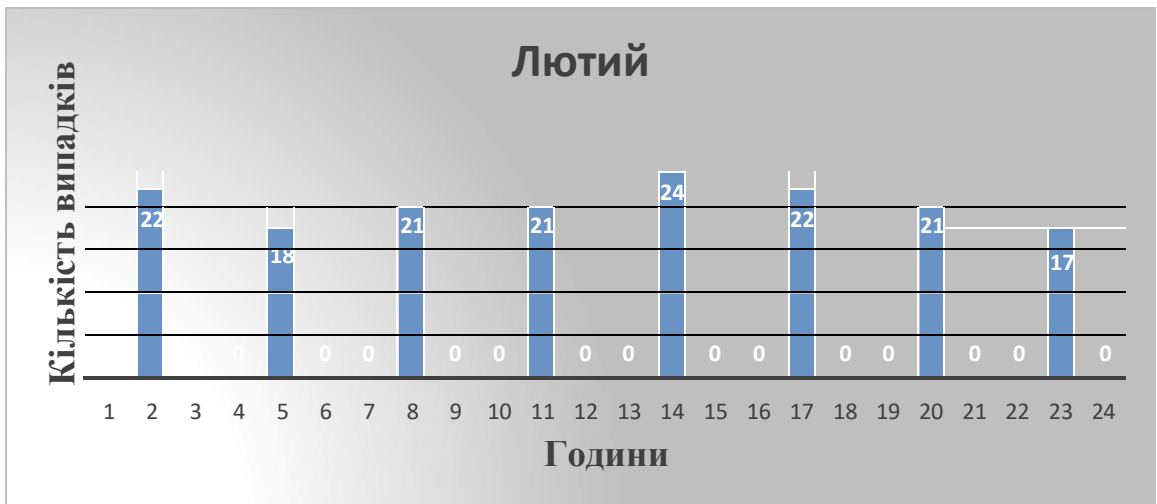
Керівник кваліфікаційної
роботи бакалавра
доцент

Наталя МІЩЕНКО

Додаток Б
Графічний матеріал



а)



б)

Рисунок Б 1 – Гістограми повторюваності низької хмарності за
а) січеньі б) лютий

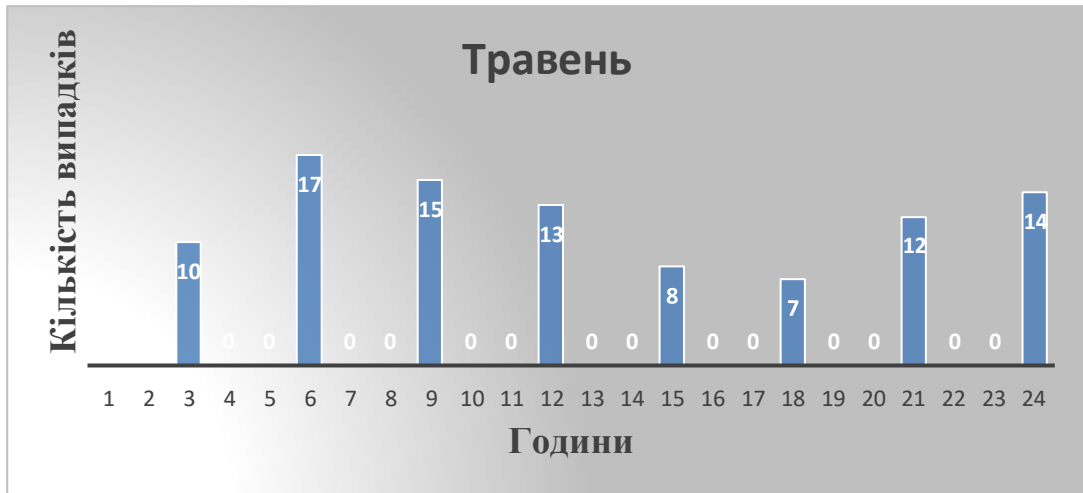


а)



б)

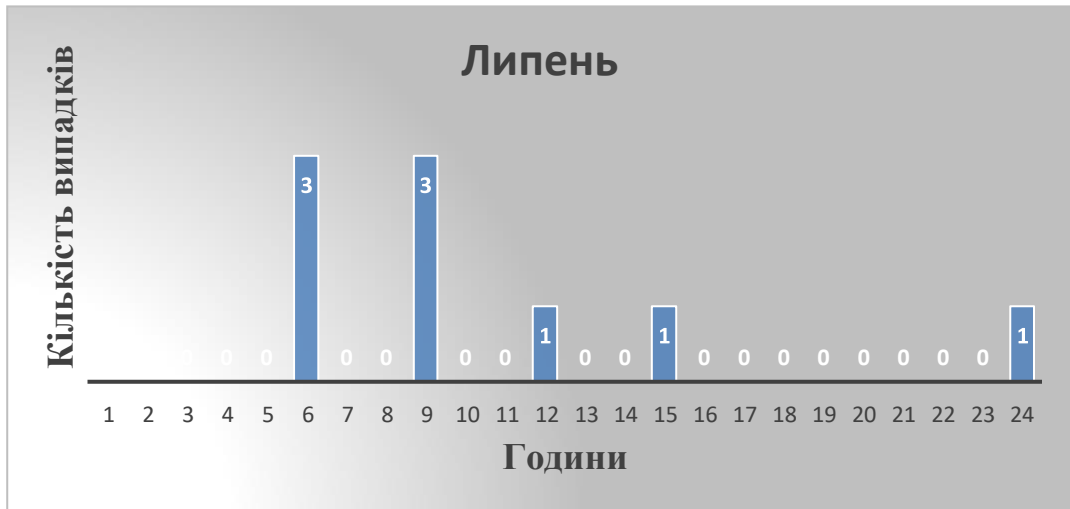
Рисунок Б 2 – Гістограми повторюваності низької хмарності за а) березень і б) квітень



a)



Рисунок Б 3 – Гістограми повторюваності низької хмарності за
a) травень і б) червень



a)

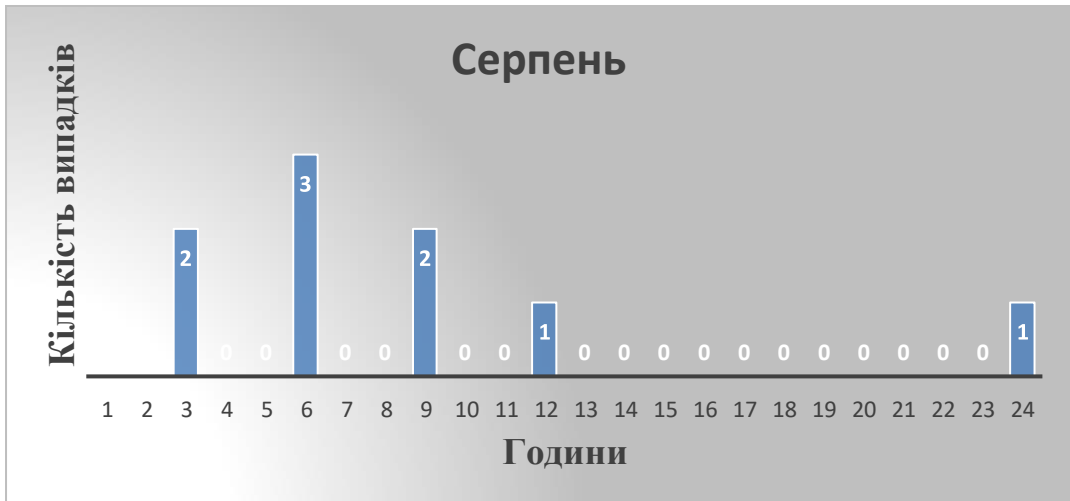


Рисунок Б 4 – Гістограми повторюваності низької хмарності за
a) липеньі *б)* серпень



a)

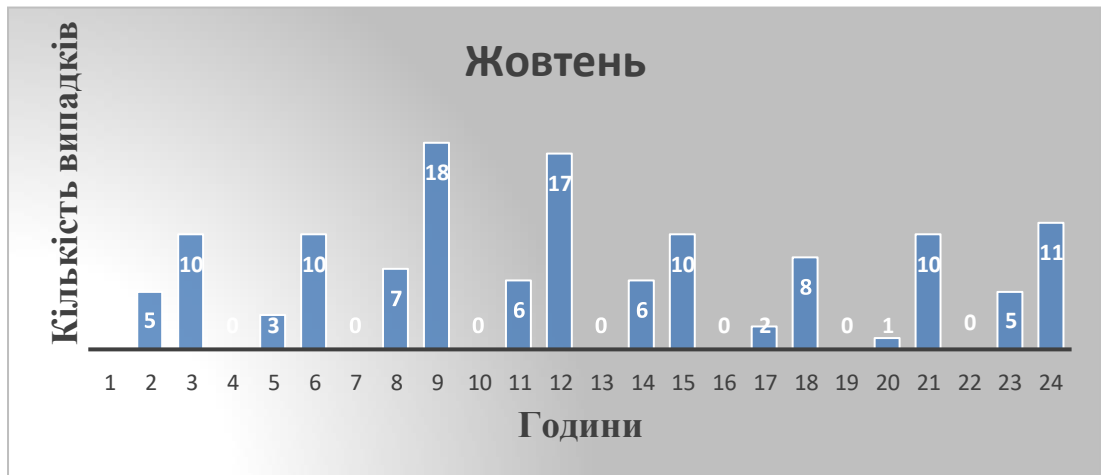
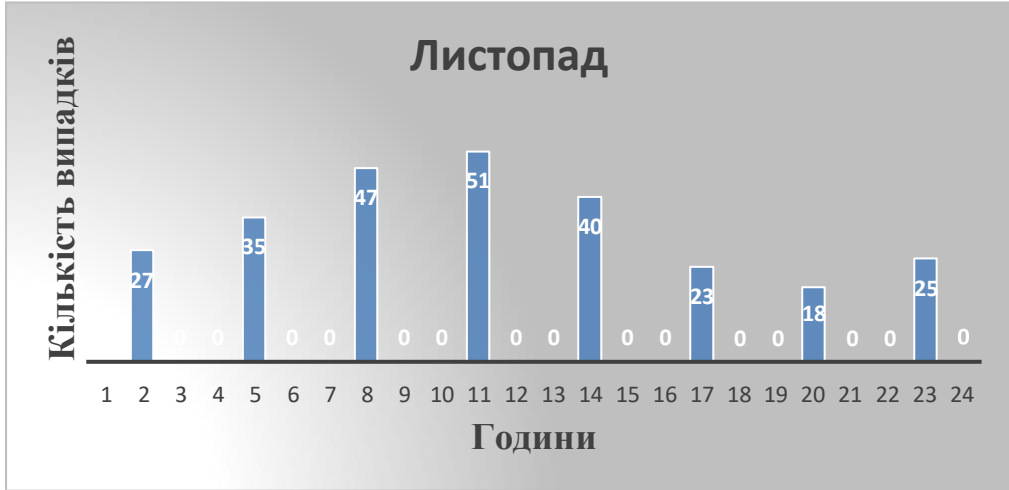
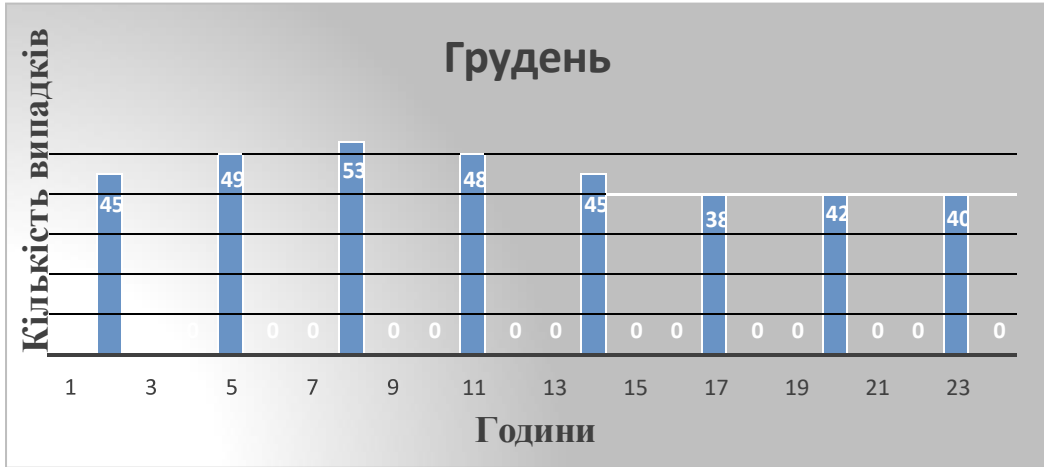


Рисунок Б 5 – Гістограми повторюваності низької хмарності за а) вересень і б) жовтень



а)



б)

Рисунок Б 6 – Гістограми повторюваності низької хмарності за
а) листопад і б) грудень

Додаток В
Табличний матеріал

Таблиця В.1 – Результати розрахунку висоти нижньої межі хмарності

Дата та строк	Вид хмарності	ВНМХ	T	Td	R _s	Вид опадів	Ф-ла Іполітова	Ф-ла Фереля	Ф-ла експериментал	Ф-ла Салазьової
31 12 2021 05:00	кучевые, образовавшиеся не из	200-300	-4,8	-5,9	92,0	Снег/лиждождь/соснегом	192,4	134,2	84,2	228,8
31 12 2021 02:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	-5,3	-6,1	94,1	Ливень(ливни)	141,9	97,6	47,6	166,4
30 12 2021 23:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	-4,9	-6,0	92,0	Ливень(ливни)	192,5	134,2	84,2	228,8
30 12 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	-3,6	-5,0	90,0		240,1	170,8	170,8	291,2
30 12 2021 14:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	-4,0	-5,5	89,3		257,2	183	183	312
30 12 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	-4,6	-6,0	89,9		242,0	170,8	170,8	291,2
30 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	100-200	-5,3	-5,4	99,2	винынебавтаченивсег	18,2	12,2	12,2	20,8
30 12 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-5,1	-6,5	89,9		243,0	170,8	170,8	291,2
30 12 2021 02:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	-4,2	-5,3	92,0	винынебавтаченивсег	191,4	134,2	134,2	228,8
29 12 2021 23:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-3,7	-5,5	87,3	винынебавтаченивсег	304,9	219,6	219,6	374,4
29 12 2021 20:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-3,9	-5,9	86,0		337,0	244	244	416
28 12 2021 20:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-2,7	-4,6	86,7	Ливень(ливни)	318,2	231,8	181,8	395,2
28 12 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-1,8	-2,9	92,2	винынебавтаченивсег	187,8	134,2	134,2	228,8
28 12 2021 14:00	кучевым, слоисто-кучевым и	200-300	-1,0	-2,1	92,2	Дождь	186,6	134,2	84,2	228,8
28 12 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-0,3	-1,3	92,9	Дождь	169,2	122	72	208
28 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	0,3	-0,8	92,3	Дождь	184,6	134,2	84,2	228,8
28 12 2021 05:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	0,6	-0,3	93,7	Дождь	151,7	109,8	59,8	187,2
28 12 2021 02:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	0,2	-0,8	93,0	Дождь	168,5	122	72	208
27 12 2021 23:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	0,3	-0,6	93,7	Дождь	152,0	109,8	59,8	187,2
27 12 2021 20:00	кучевые, образовавшиеся не из	200-300	0,7	-0,7	90,3	Ливень(ливни)	232,0	170,8	120,8	291,2
27 12 2021 17:00	кучевым, слоисто-кучевым и	200-300	0,0	-0,8	94,3	Ливень(ливни)	135,9	97,6	47,6	166,4
26 12 2021 08:00	кучевые, образовавшиеся не из	200-300	0,0	-2,2	85,1	Ливень(ливни)	357,4	268,4	218,4	457,6
24 12 2021 11:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	-0,5	-3,4	80,7	Снег/лиждождь/соснегом	462,5	353,8	303,8	603,2
17 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	4,6	3,7	93,9	Дождь	146,9	109,8	59,8	187,2
17 12 2021 05:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	3,5	2,6	93,8	Дождь	148,2	109,8	59,8	187,2
16 12 2021 20:00	кучевые, образовавшиеся не из	200-300	1,3	-0,5	87,8		293,2	219,6	219,6	374,4
16 12 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	1,0	-0,2	91,7	винынебавтаченивсег	199,7	146,4	146,4	249,6
16 12 2021 14:00	другие вместе (разорванно-д	100-200	1,5	0,5	93,1	винынебавтаченивсег	166,8	122	122	208
16 12 2021 11:00	другие вместе (разорванно-д	100-200	1,4	0,4	93,0	винынебавтаченивсег	166,9	122	122	208
16 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	1,6	0,4	91,7	Дождь	198,7	146,4	96,4	249,6
16 12 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	1,5	0,5	93,1	Дождь	166,8	122	72	208
14 12 2021 02:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	3,7	2,5	91,9	Дождь	195,5	146,4	96,4	249,6
13 12 2021 23:00	кучевые, образовавшиеся не из	100-200	3,7	3,0	95,2	Дождь	115,8	85,4	35,4	145,6
13 12 2021 20:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	4,6	4,0	95,9	Дождь	98,9	73,2	23,2	124,8
13 12 2021 17:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	5,7	5,1	95,9	Дождь	98,0	73,2	23,2	124,8
13 12 2021 14:00	другие вместе (разорванно-д	100-200	6,3	5,9	97,3	Дождь	65,4	48,8	-1,2	83,2
13 12 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	7,5	7,1	97,3	Дождь	64,8	48,8	-1,2	83,2
13 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	7,6	7,0	96,0	Дождь	96,6	73,2	23,2	124,8
13 12 2021 05:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	7,3	6,6	95,3	Дождь	112,6	85,4	35,4	145,6
13 12 2021 02:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	7,1	6,0	92,7	Дождь	175,1	134,2	84,2	228,8
12 12 2021 23:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	6,8	5,6	92,0	Дождь	190,8	146,4	96,4	249,6
12 12 2021 20:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	6,7	5,3	90,8	Дождь	221,5	170,8	120,8	291,2
12 12 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	6,8	5,4	90,8	Дождь	221,3	170,8	120,8	291,2
12 12 2021 14:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	6,9	5,7	92,1	Дождь	190,7	146,4	96,4	249,6
12 12 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	7,0	5,9	92,7	Дождь	175,2	134,2	84,2	228,8
12 12 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	7,2	6,6	96,0	Морось	96,9	73,2	-6,8	124,8
11 12 2021 20:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	9,8	9,0	94,8	винынебавтаченивсег	125,8	97,6	97,6	166,4
09 12 2021 14:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	4,2	2,2	86,8	винынебавтаченивсег	316,6	244	244	416
09 12 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	3,1	2,1	93,1	винынебавтаченивсег	164,7	122	122	208
08 12 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	2,8	2,1	95,1	винынебавтаченивсег	116,7	85,4	35,4	145,6

Продовження таблиці В.1

Дата та строк	Вид хмарності	ВНМХ	T	Td	R _e	Вид опадів	Ф-ла Іпомітова	Ф-ла Фереля	Ф-ла експериментал	Ф-ла Селенізова
09 12 2021 02:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	4,4	3,8	95,9	Дождь	99,0	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 23:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	5,1	4,5	95,9	Дождь	98,5	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 20:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	6,5	5,9	95,9	Дождь	97,4	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 17:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	6,6	6,0	95,9	Дождь	97,3	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 14:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	7,2	6,6	96,0	Дождь	96,9	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 11:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	7,8	7,2	96,0	Дождь	96,4	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	8,1	7,5	96,0	Дождь	96,2	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 05:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	8,5	7,9	96,0	Дождь	95,9	73,2	23,2	124,8
08 12 2021 02:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	9,1	8,5	96,0	Ливень(ливни)	95,4	73,2	23,2	124,8
07 12 2021 20:00	учевьи, слоисто-кучевьи и	200-300	9,8	8,9	94,1	Ливень(ливни)	141,1	109,8	59,8	187,2
07 12 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	9,9	9,3	96,0	Ливень(ливни)	94,8	73,2	23,2	124,8
06 12 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	10,7	9,9	94,8	винынебавтчениевсег	124,9	97,6	97,6	166,4
06 12 2021 14:00	учевьи, образовавшиеся не из	100-200	10,8	9,9	94,2	Ливень(ливни)	140,0	109,8	59,8	187,2
06 12 2021 11:00	учевьи, слоисто-кучевьи и	200-300	10,7	9,8	94,2	Ливень(ливни)	140,1	109,8	59,8	187,2
06 12 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	10,1	9,3	94,8	Дождь	125,5	97,6	47,6	166,4
06 12 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	9,6	9,0	96,0	Дождь	95,1	73,2	23,2	124,8
05 12 2021 23:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	8,8	7,9	94,1	Дождь	142,2	109,8	59,8	187,2
05 12 2021 20:00	учевьи, образовавшиеся не из	100-200	7,3	6,6	95,3	Ливень(ливни)	112,6	85,4	35,4	145,6
05 12 2021 08:00	учевьи, образовавшиеся не из	200-300	2,6	1,0	89,2	тисоответствующегопа	259,6	195,2	195,2	332,8
04 12 2021 14:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	2,9	1,6	91,1	Снегилидождьсоснегом	212,4	158,6	108,6	270,4
04 12 2021 11:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	1,9	0,9	93,1	Снегилидождьсоснегом	166,3	122	72	208
04 12 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	2,1	0,6	89,8	Ливень(ливни)	245,1	183	133	312
03 12 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	10,1	8,9	92,2		186,1	146,4	146,4	249,6
03 12 2021 5:00:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	10,1	9,2	94,1	тисоответствующегопа	140,8	109,8	109,8	187,2
29 11 2021 02:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	10,9	10,3	96,1	пильнойтуманилисил	94,1	73,2	73,2	124,8
28 11 2021 23:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	11,5	10,9	96,1	пильнойтуманилисил	93,7	73,2	73,2	124,8
28 11 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	12,2	11,1	93,0	Дождь	168,3	134,2	84,2	228,8
28 11 2021 14:00	другие вместе (разорванно-д	200-300	12,2	11,6	96,1	Дождь	93,2	73,2	23,2	124,8
22 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	7,2	6,5	95,3	пильнойтуманилисил	112,7	85,4	85,4	145,6
22 11 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	7,1	6,5	96,0	тисоответствующегопа	96,9	73,2	73,2	124,8
22 11 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	6,9	6,0	94,0	тисоответствующегопа	144,3	109,8	109,8	187,2
17 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	1,7	-1,5	79,3		497,4	390,4	390,4	665,6
17 11 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	-1,0	-3,2	85,0		360,2	268,4	268,4	457,6
14 11 2021 14:00	учевьи, образовавшиеся не из	200-300	9,5	6,8	83,2		402,4	329,4	329,4	561,6
14 11 2021 11:00	учевьи, образовавшиеся не из	200-300	9,0	7,0	87,3	винынебавтчениевсег	305,4	244	244	416
14 11 2021 08:00	учевьи, образовавшиеся не из	200-300	9,0	7,4	89,7	винынебавтчениевсег	247,2	195,2	195,2	332,8
14 11 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	8,8	7,6	92,2	винынебавтчениевсег	187,9	146,4	146,4	249,6
13 11 2021 14:00	учевьи, образовавшиеся не из	200-300	9,2	6,8	84,9	тисоответствующегопа	361,7	292,8	292,8	499,2
13 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	8,6	6,4	86,0	тисоответствующегопа	335,0	268,4	268,4	457,6
08 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	14,2	11,9	86,0	винынебавтчениевсег	335,1	280,6	280,6	478,4
08 11 2021 08:00	другие вместе (разорванно-д	100-200	12,3	12,0	98,0	винынебавтчениевсег	46,9	36,6	36,6	62,4
08 11 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	12,6	11,3	91,8	винынебавтчениевсег	197,2	158,6	158,6	270,4
06 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	12,5	12,0	96,8	Морось	77,7	61	-19	104
05 11 2021 17:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	13,4	12,8	96,2	винынебавтчениевсег	92,3	73,2	73,2	124,8
05 11 2021 14:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	14,0	13,1	94,3	пильнойтуманилисил	136,6	109,8	109,8	187,2
05 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	13,3	12,8	96,8	пильнойтуманилисил	77,2	61	61	104
05 11 2021 05:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	13,3	12,8	96,8	Морось	77,2	61	-19	104
04 11 2021 14:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	13,4	12,1	91,8		196,0	158,6	158,6	270,4
04 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	13,0	11,6	91,2	винынебавтчениевсег	211,1	170,8	170,8	291,2
03 11 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	11,3	9,7	89,9	Ливень(ливни)	243,0	195,2	145,2	332,8

Продовження таблиці В.1

Дата та строк	Вид хмарності	ВНМХ	T	Td	R,	Вид опадів	Ф-ла Іюлітова	Ф-ла Фереля	Ф-ла експериментал	Ф-ла Селенівної
02 11 2021 17:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	11,5	9,9	89,9	вишнієбагаченнявсег	242,6	195,2	195,2	332,8
02 11 2021 14:00	другие вместе (разорвано-д	100-200	9,4	8,2	92,2	вишнієбагаченнявсег	187,1	146,4	146,4	249,6
02 11 2021 05:00	кучевые, образовавшиеся из в	100-200	8,3	7,5	94,7	вишнієбагаченнявсег	127,3	97,6	97,6	166,4
01 11 2021 11:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	8,9	6,7	86,1	вишнієбагаченнявсег	334,2	268,4	268,4	457,6
01 11 2021 08:00	другие вместе (разорвано-д	200-300	8,3	5,2	80,8	вишнієбагаченнявсег	460,6	378,2	378,2	644,8
31 10 2021 14:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	9,6	6,3	79,9		482,9	402,6	402,6	686,4
31 10 2021 11:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	9,1	7,4	89,1		261,7	207,4	207,4	353,6
31 10 2021 08:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	7,7	6,0	89,0		264,5	207,4	207,4	353,6
30 10 2021 12:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	8,3	7,2	92,8	пилеянойгуманилисил	173,4	134,2	134,2	228,8
30 10 2021 06:00	другие вместе (разорвано-д	100-200	9,2	8,0	92,2	вишнієбагаченнявсег	187,3	146,4	146,4	249,6
13 10 2021 12:00	другие вместе (разорвано-д	200-300	9,8	9,0	94,8	Дождь	125,8	97,6	47,6	166,4
13 10 2021 09:00	другие вместе (разорвано-д	200-300	10,2	9,4	94,8	Дождь	125,4	97,6	47,6	166,4
12 10 2021 18:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	11,9	10,0	88,1	вишнієбагаченнявсег	284,8	231,8	231,8	395,2
12 10 2021 15:00	учевые, образовавшиеся не из	100-200	11,7	9,3	85,2	Ливень(ливни)	355,1	292,8	242,8	499,2
12 10 2021 12:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	10,7	9,0	89,2	Ливень(ливни)	258,6	207,4	157,4	353,6
18 09 2021 12:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	200-300	21,4	18,8	85,1		356,8	317,2	317,2	540,8
30 08 2021 03:00	другие вместе (разорвано-д	100-200	23,5	22,3	93,0	вишнієбагаченнявсег	168,4	146,4	146,4	249,6
06 08 2021 09:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	25,8	23,3	86,1		333,6	305	305	520
02 08 2021 12:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	27,6	23,6	78,9		507,5	488	488	832
02 08 2021 09:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	26,3	23,6	85,1		357,2	329,4	329,4	561,6
02 08 2021 06:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	24,5	23,1	91,9	тисоответствующегооп	194,0	170,8	170,8	291,2
05 07 2021 12:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	22,8	20,1	84,8	Ливень(ливни)	366,0	329,4	279,4	561,6
02 07 2021 09:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	21,9	20,7	92,9	Ливень(ливни)	170,3	146,4	96,4	249,6
02 07 2021 06:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	21,5	20,7	95,2	Ливень(ливни)	115,1	97,6	47,6	166,4
01 07 2021 15:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	24,2	20,9	81,8		436,1	402,6	402,6	686,4
25 06 2021 06:00	учевые, образовавшиеся не из	50-100	21,3	20,5	95,2	вишнієбагаченнявсег	115,3	97,6	97,6	166,4
02 06 2021 21:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	200-300	13,1	12,5	96,1	Ливень(ливни)	92,5	73,2	23,2	124,8
02 06 2021 18:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	200-300	13,2	12,4	94,9	Ливень(ливни)	122,5	97,6	47,6	166,4
26 05 2021 09:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	15,9	14,3	90,2		234,8	195,2	195,2	332,8
21 05 2021 06:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	100-200	11,3	10,5	94,8	Ливень(ливни)	124,3	97,6	47,6	166,4
18 05 2021 18:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	50-100	17,1	11,2	68,2	Ливень(ливни)	762,8	719,8	669,8	1227,2
18 05 2021 12:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	200-300	14,6	13,3	91,9	Ливень(ливни)	194,3	158,6	108,6	270,4
18 05 2021 09:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	200-300	15,7	13,9	89,0	Ливень(ливни)	263,1	219,6	169,6	374,4
18 05 2021 06:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	50-100	15,1	14,3	95,0	вишнієбагаченнявсег	120,8	97,6	97,6	166,4
18 05 2021 00:00	другие вместе (разорвано-д	50-100	15,3	14,2	93,1	вишнієбагаченнявсег	164,4	134,2	134,2	228,8
14 05 2021 15:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	15,4	12,9	85,0		359,1	305	305	520
30 04 2021 18:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	11,9	9,6	85,8		340,8	280,6	280,6	478,4
28 04 2021 09:00	учевые, образовавшиеся не из	200-300	4,9	3,2	88,7		270,2	207,4	207,4	353,6
27 04 2021 18:00	кучевые, образовавшиеся из в	200-300	5,8	4,4	90,7	Ливень(ливни)	223,0	170,8	120,8	291,2
18 04 2021 09:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	7,7	6,6	92,7	вишнієбагаченнявсег	174,2	134,2	134,2	228,8
15 04 2021 03:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	7,5	7,1	97,3	Дождь	64,8	48,8	-1,2	83,2
14 04 2021 09:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	7,3	6,6	95,3	вишнієбагаченнявсег	112,6	85,4	85,4	145,6
14 04 2021 06:00	орванные, либо те и другие, н	200-300	7,1	6,4	95,3	вишнієбагаченнявсег	112,7	85,4	85,4	145,6
14 04 2021 03:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	7,8	6,9	94,0	вишнієбагаченнявсег	143,3	109,8	109,8	187,2
14 04 2021 00:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	7,6	6,9	95,3	вишнієбагаченнявсег	112,3	85,4	85,4	145,6
13 04 2021 18:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	8,1	7,0	92,8	вишнієбагаченнявсег	173,7	134,2	134,2	228,8
13 04 2021 15:00	орванные, либо те и другие, н	100-200	8,7	7,5	92,2	вишнієбагаченнявсег	188,1	146,4	146,4	249,6
13 04 2021 12:00	орванные, либо те и другие, н	50-100	8,1	7,5	96,0	вишнієбагаченнявсег	96,2	73,2	73,2	124,8
13 04 2021 09:00	чевыми, слоисто-кучевыми и	50-100	7,5	6,8	95,3	вишнієбагаченнявсег	112,4	85,4	85,4	145,6