

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр
Кафедра метеорології та кліматології

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему Особливості режиму хмарності в районі аеродрому Олександрія

Виконав студент 1 курсу групи М-У1 з/ф
спеціальності 103 – Науки про Землю
спеціалізація Метеорологія та кліматологія

Сокур Олександр Олександрович

Керівник Волошина Олена Вікторівна,
к.геогр. н., доцент

Рецензент Вольвач О.В., к.геогр.н.,
доцент

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення	Навчально-консультаційний центр
Кафедра, циклова комісія	Кафедра метеорології та кліматології
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Спеціаліст
Спеціальність	103 – Науки про Землю
Спеціалізація	Метеорологія та кліматологія (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____ Івус Г.П.
“ 10 ” березня 2017 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Сокур Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту
Особливості режиму хмарності в районі аеродрому Олександрія

Керівник проекту Волошина Олена Вікторівна, к. геогр. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 16 ” січня 2017 № 3с

2. Строк подання студентом проекту 1 червня 2017р.

3. Вихідні дані до проекту

Дані щоденників погоди метеорологічного бюро військової частини 2269, яка розташована на аеродромі «Олександрія» за період з 2011 по 2015 рр.

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

Проаналізувати метеорологічні умови формування хмарності над територією аеродрому Олександрія. На основі отриманих даних дати рекомендації до прогнозування та використання методів прогнозів хмарності над територією аеродрому Олександрія

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки та таблиці характеристик хмарності над районом аеродрома Олександрія. Номограми для прогнозування умов хмарності. Синоптичні карти.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 10 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			У %	За 4-х бальною шкалою
1.	Вивчення літературних джерел за темою дипломного проекту.	Березень	75	добре
2.	Підготовка даних метеорологічних спостережень до обробки.	Березень	75	добре
3.	Обробка даних метеорологічних спостережень за допомогою графічно-розрахункового пакету «EXCEL»	Квітень	75	добре
4.	Отримання статистичних параметрів ряду кількості днів з низькою хмарністю для аеродрома Олександрія та побудова графіків.	Квітень	75	добре
5.	Визначення методів прогнозування метеорологічних умов хмарності над районом аеродрома Олександрія.	Квітень	75	добре
	Перша атестація	03-08.04.17	75	добре
6.	Аналіз отриманих результатів.	Травень	75	добре
7.	Оформлення дипломного проекту.	Травень	75	добре
8.	Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.	Травень	80	добре
	Друга атестація	03-06.05.17	75	добре
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75	добре

Студент _____
(підпис)

Сокур О.О.
прізвище та ініціали

Керівник проекту _____
(підпис)

Волошина О.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1.ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ХМАРОУТВОРЕННЯ.....	6
1.1.Основні принципи класифікації хмар і їх мікроструктура.....	6
1.2.Основні атмосферні процеси хмароутворення.....	9
1.3.Фазовий стан хмар.....	19
1.4.Глобальне поле хмарності.....	22
2.ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РАЙОНУ М. ОЛЕКСАНДРІЯ....	26
3.ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ ХМАРНОСТІ АЕРОДРОМУ ОЛЕКСАНДРІЯ.....	29
3.1.Початкові дані і основні розрахункові методи і формули.....	29
3.2.Основні методи прогнозу хмарності.....	31
3.3.Оцінка складності погодних умов на аеродромі Олександрія.....	43
3.4.Добовий та річний хід хмарності та висоти нижньої межі хмар.....	47
3.5.Аналіз утворення хмарності.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57
ДОДАТКИ А..	58
ДОДАТКИ..Б.....	59
ДОДАТКИ..В.....	61
ДОДАТКИ..Г.....	66

ВСТУП

Актуальність обраної тематики обумовлена тим, що хмарність являється одним із основних метеорологічних факторів, які ускладнюють діяльність авіації. При низькій хмарності польоти іноді виконувати неможливо. Зліт та посадку ПС, особливо польоти на гранично малих та малих висотах, важко виконувати при обмеженій видимості.

Найбільші труднощі для польотів літаків та вертольотів утворюються в зонах атмосферних фронтів, які частіше всього характеризуються наявністю небезпечних метеорологічних явищ. Низька хмарність спостерігаються повсюди, однак вірогідність попадання в хмари в польоті суттєво залежить від пілота, особливостей орографії, сезону року і характеру атмосферних процесів. Виникнення нижньої межі хмар часто призводить до закриття аеропортів.

Тема даної дипломної роботи є досить цікавою та актуальною. Предметом вивчення даної дипломної роботи є характеристик хмар над районом Олександрія, їх аналіз, класифікація. В дипломному проекті проведені розрахунки та побудовані графіки основних параметрів хмар різних форм, а також розглянутий вплив хмарності на діяльність роботи авіаційної частини.

Головною метою дипломної роботи є вивчення основних принципів класифікації хмар, процесу хмароутворення, фазових станів хмар та глобального поля хмар, та поля хмарності над аеродромом Олександрія.

Дипломний проект складається з трьох розділів. У першому розділі представлені загальні відомості про хмароутворення, у другому розділі – фізико-географічні та кліматичні особливості району міста Олександрія, у третьому розділі надана характеристики режиму хмарності аеродрому Олександрія. В дипломній проекті представлені рисунки, графіки, таблиці, а також синоптичні карти.

Дипломний проект виконаний на кафедрі метеорології та кліматології, під керівництвом кандидата географічних наук, доцента Волошиною Олени Вікторівни.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ХМАРОУТВОРЕННЯ

1.1 Основні принципи класифікації хмар і їх мікроструктура

Хмари – це скупчення завислих в атмосфері на висоті дрібних крапель води, кристалів льоду або їх суміші, що утворились при охолодженні вологого повітря. У зв'язку з тим, що в атмосфері Землі є багато процесів які призводять до охолодження повітря, виникає багато форм хмар. Уже в кінці ХІХ ст. була запроваджена міжнародна класифікація хмар. З часом вона уточнювалась і на сьогодні використовується морфологічна (за зовнішнім виглядом) міжнародна класифікація хмар.

Вона включає 4 родини (яруси), 10 родів(форм), 20 видів та 35 різновидів, які відрізняються за умовами утворення, структурою, щільністю, забарвлення, характером опадів, оптичними явищами тощо.

- Хмари верхнього ярусу. Висота основи хмар у помірних широтах вище 6км:
 1. Перисті (пір'ясті). – Cirrus (Ci).
 2. Перисто-шаруваті – Cirrostratus (Cs).
 3. Перисто-купчасті – Cirrocumulus (Cc).
- Хмари середнього ярусу. Висота основи хмар у помірних широтах від 2 до 6км:
 4. Високо-шаруваті – Altostratus (As).
 5. Високо-купчасті – Altocumulus (Ac).
- Хмари нижнього ярусу. Висота основи хмар у помірних широтах від кількох десятків метрів до 2 км над поверхнею Землі:
 6. Шаруваті – Stratus (St).
 7. Шарувато – купчасті – Stratocumulus (Sc).
 8. Шарувато – дощові – Nimbostratus (Ns).

- Хмари вертикального розвитку або конвективні. Основа цих хмар розташована в межах нижнього ярусу і рідко буває нижче 350 м. Вершина їх часто проникає у верхній ярус, а інколи досягає тропопаузи:

9. Купчасті – Cumulus (Cu).

10. Купчасто – дощові – Cumulonimbus (Cb).

Хмари – не сталі утворення, для одержання надійних характеристик хмарності необхідні безперервні спостереження за формуванням, розвитком та зміною хмар. Спеціальні атласи фотографій та схем хмар дозволяють вивчати їхню різноманітність. Цьому сприяє й коротка загальна характеристика хмар.

Хмари верхнього ярусу – найвищі хмари тропосфери. Складаються з кристалів льоду. Вони світло-сірого кольору, напівпрозорі, пропускають частково прямі сонячні промені, тому предмети мають тіні.

Перисті (пір'ясті) хмари як пір'я птаха або смуги волокнистої структури.

Перисто-шаруваті хмари – тоненька прозора біляста вуаль, яка вкриває все небо чи його частину. Інколи вони також мають волокнисту структуру.

Перисто-купчасті хмари мають вигляд гряд, шарів, які складаються з дуже малих пластівців, кульок, завитків, баранців. Вони часто нагадують брижі на поверхні води чи піску.

Хмари середнього ярусу значно щільніші. Сонце та Місяць через них просвічують у вигляді розмитих плям, але прямих сонячних променів уже немає і предмети не створюють тіні.

Високо-шаруваті хмари – світло-сірий покрив різної щільності, вкривають усе небо чи його частину. Це типові змішані хмари. У яких є дрібненькі краплі та сніжинки. З них випадають слабкі опади, які влітку випаровуються і не досягають земної поверхні, а взимку з них випадає слабкий сніг.

Високо-купчасті хмари мають вигляд шарів та гряд сірого кольору, які складаються з плоских валів, дисків, пластин. Вони часто простягаються у

вигляді рядів. Для них характерна іризація – райдужне забарвлення країв хмар, які спрямовані до Сонця. Іризація свідчить про те, що високо-купчасті хмари складаються з дуже дрібних крапель води.

Хмари нижнього ярусу. Шаруваті хмари – це сірий однорідний шар. Складаються із крапель води діаметром 4-10 мкм. З них випадає мряка. Взимку при досить низьких температурах з них випадають снігові зерна (як манна крупа), маленькі сніжинки, або кристалики льоду у вигляді голок. Коли утворюється тонкий шар хмар, то диск Сонця чи Місяця може просвічувати крізь хмари. Інколи хмари можуть мати вигляд суцільного шару порваних клаптів.

Шарувато-купчасті хмари – це гряди чи шари сірих хмар, які завжди мають темні ділянки. Між окремими елементами хмар інколи просвічує небо. Зовні дещо схожі на висококупчасті хмари, але окремі елементи їх будови більші. Структурні елементи хмар у більшості випадків простягаються рядами. Складаються в основному з дрібненьких однорідних крапель з діаметром 10-14 мкм, які при від'ємних температурах зберігаються у переохолодженому стані, зрідка присутні трохи кристалів та сніжинок. Тому із щільних хмар інколи випадає мряка або слабкий сніг.

Шарувато-дощові хмари – дуже потужні хмари на атмосферних фронтах і простягаються з нижнього до верхнього ярусів. У верхній частині вони складаються з дрібненьких крапель та сніжинок, а в нижній є й великі краплі та сніжинки. Тому хмари темно-сірого кольору і небесні світила крізь них не просвічують. Під суцільним шаром шарувато-дощових хмар часто утворюються безформні накопичення розірваних хмар, які дуже темні на фоні шарувато-дощових. Із цих хмар випадають опади облогового характеру.

Хмари вертикального розвитку утворюються в результаті конвекції. Мають вигляд ізольованих щільних мас з плоскою основою та чудернацькими вершинами, які нагадують нагромадження куполів та башт. Вершини хмар сліпучо-білі, а основи сірі або темно-сірі. Найчастіше основа хмар на висоті 400-1500 м, а вершина досягає верхнього ярусу.

Купчасті хмари – спочатку у вигляді шматків вати з подальшим розвитком угору. Це окремі щільні маси з сіруватими плоскими основами та опуклими вершинами. Інколи вершини бувають плоскими, що свідчить про наявність в атмосфері інверсії, яка перешкоджає розвитку хмар угору. Складаються з крапель води і не дають опадів. При сприятливих умовах купчасті хмари перетворюються в купчасті потужні з темною основою та блискучою вируючою вершиною. У цій фазі вони можуть включати і кристали, тому з них можуть випадати опади зливого характеру.

Купчасто-дощові хмари є результатом подальшого розвитку купчастих хмар. Це велетенські гороподібні маси хмар з темною, а інколи синюватою основою та з білою вершиною частіше волокнистої структури. Часто верхня частина хмари має форму ковадла. У верхній частині купчасто-дощові хмари складаються з кристалів льоду, а в середній з кристалів та крапель. З цих хмар випадають опади зливого характеру, часто з грозами. Тому купчасто-дощові хмари ще називають зливовими або грозовими. Вертикальна протяжність до 10км, а інколи досягають тропопаузи. Під основою цих хмар у смугах падіння опадів часто спостерігають накопичення розірваних хмар.

1.2 Основні атмосферні процеси хмароутворення

Утворення хмар пов'язане з виникненням в атмосфері областей з високою відносною вологістю. Наявність в атмосфері величезного числа дрібних частинок, що грають роль ядер конденсації, забезпечує появу зародкових крапель уже при досягненні насичення. Умови ж насичення створюються в результаті охолодження повітря, викликаного, наприклад, розширенням його при впорядкованому підйомі на атмосферних фронтах (Ns, As, Ac), при неупорядкованому турбулентному перемішуванні або хвильових рухах (St, Sc, Ac), при конвективному підйомі (Cu, Cu Cong, Cb), при набряканні гірських перешкод (Ac) тощо. Подальше охолодження

повітря приводить до появи надлишкової пари, що поглинається зростаючими краплями. Таким чином, спочатку краплі ростуть переважно за рахунок конденсації водяної пари. Потім, по мірі їхнього укрупнення, все більшу роль починають грати процеси зіткнення й злиття крапель одна з одною (так звана коагуляція хмарних елементів). Коагуляційний механізм — основний механізм росту хмарних крапель радіусом понад 30 мкм. При від'ємних температурах хмари можуть бути краплинні (переохолоджені), кристалічні або змішані, тобто складеними із крапель і кристалів. Малі розміри хмарних крапель дозволяють їм довго зберігатися в рідкому стані й при від'ємних температурах. Так, при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ хмари у половині випадків краплинні, в 30% — змішані, й лише в 20% — кристалічні. Переохолоджені ж краплі в хмарах зустрічаються аж до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перенасичення над кристалами значно більше, ніж над краплями (пружність насичення водяної пари над льодом нижче, ніж над водою), завдяки чому в змішаних хмарах кристали ростуть значно швидше, ніж краплі, що сприяє випаданню опадів.

Всякий процес, що веде до зниження температури або збільшенню вологості повітря, є сприятливим для хмароутворення. Найбільше сприятливі умови для хмароутворення створюються тоді, коли повітря робить висхідний рух: уздовж фронтальної поверхні, при конвекції, хвилястих рухах, орографічному підйомі. Істотну роль в хмароутворенні грають і такі чинники, як турбулентний обмін і радіаційна втрата тепла.

У зв'язку з цим існує генетична класифікація хмар: Фронтальні (хмари висхідного ковзання), хмари конвекції, хмари стійких мас, орографічні хмари.

Фронтальні хмари (хмари висхідного ковзання). Хмари висхідного ковзання - це хмари, зв'язані зі сходженням великих шарів повітря над фронтальною поверхнею і його динамічним охолодженням, вони зображені на рис. 1.2.

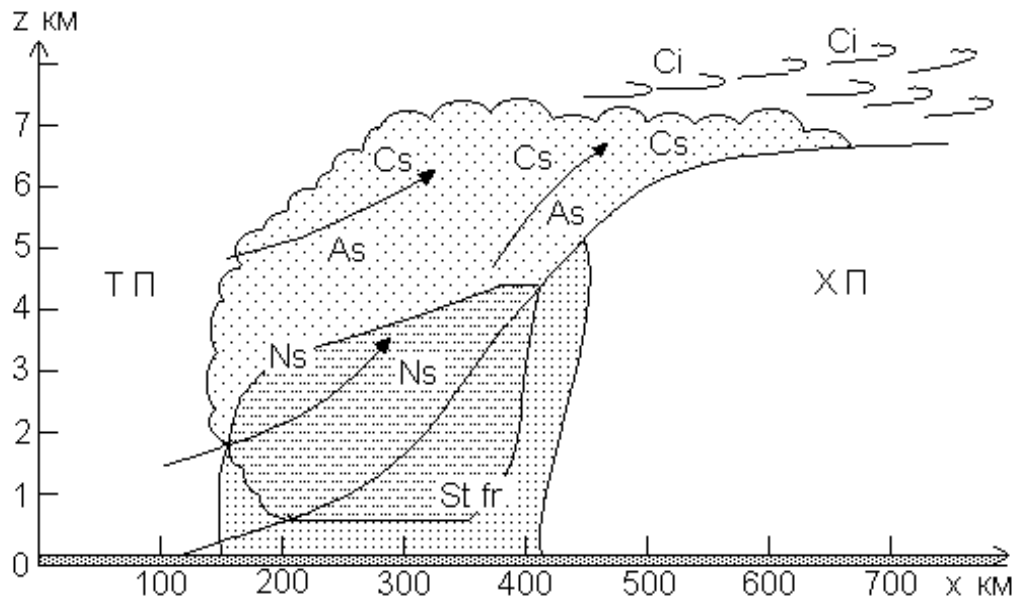


Рис. 1.2- Хмари висхідного ковзання.

Хмарна система особливо добре виражена у випадку теплового фронту. Сама потужна частина системи поблизу лінії фронту являє собою шарувато-дощові хмари (Ns) у декілька кілометрів товщиною. Далі від лінії фронту хмари переходять у менше потужні високо-шаруваті (As), ще далі - у пір'ясто-шаруваті (Cs), перед якими спостерігаються пасма пір'ястих (Ci) уже на відстані багатьох сотень кілометрів від лінії фронту.

У випадку холодного фронту утворюється, по суті, така ж хмарна система. Відмінність її перебуває в тому, що хмарна система холодного фронту більш вузька, а в передній частині має характер купчасто-дощових хмар (Cb) із зливовими опадами, тому що підйом теплого повітря має тут більш бурхливий характер, чим у випадку теплового фронту. Для холодного фронту характерно утворення і такого виду хмар як пір'ясто-купчасті (Cc).

На фронтах оклюзії спостерігаються різні видозміни основних форм, наприклад, щільні високо-купчасті (Ac op.) і шарувато-купчасті (Sc op.).

Поняття хмари висхідного ковзання можна поширити також на орографічні хмари, зв'язані зі сходженням повітряної маси по гірському хребту. У даному випадку частіше усього розвиваються купчасто подібні хмари.

Теплий фронт – це фронт, який переміщується разом з теплою повітряною масою у напрямі холодної маси і зумовлює підвищення температури у конкретній місцевості. По суті теплий фронт є ділянкою основного фронту. В ньому тепле повітря, що притікає до фронту, має більшу швидкість, ніж відступаюче холодне повітря. Отже, звичайна система теплового фронту утворюється за рахунок повільного, упорядкованого підняття теплового повітря по клину холодної зображено на рисунку 1.2.1.

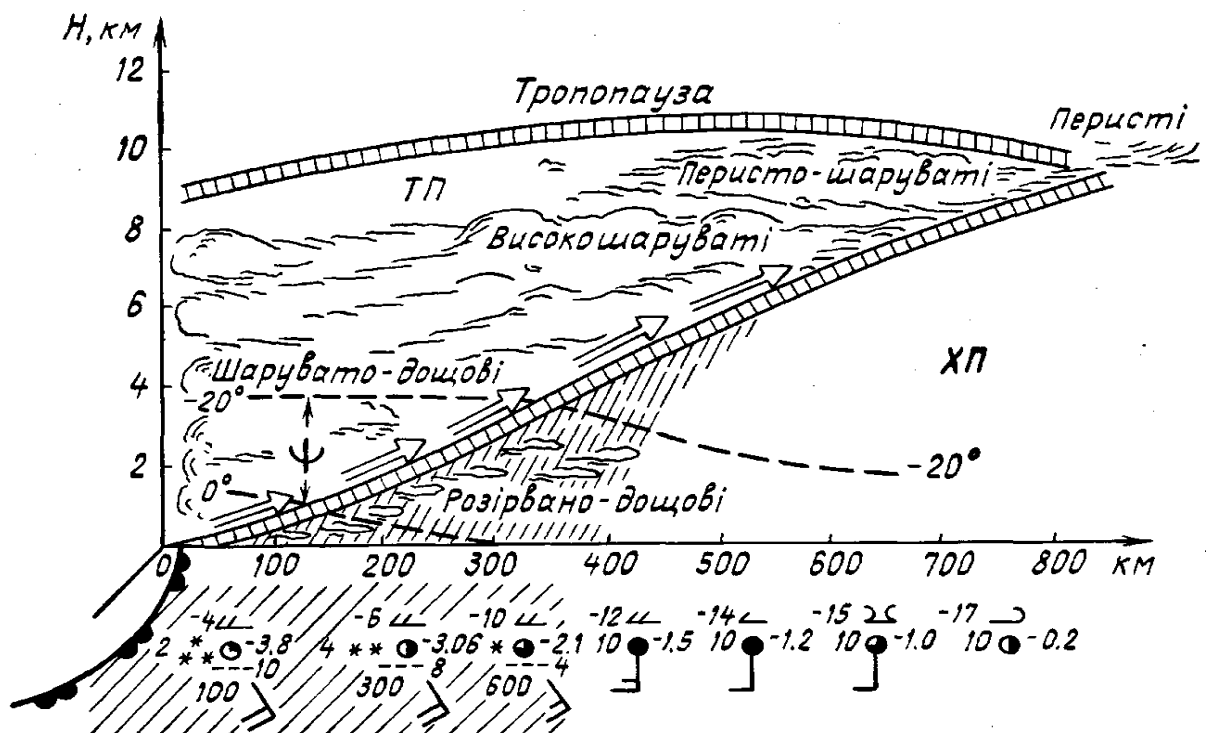


Рис.1.2.1-(а) теплий фронт зима.

Метеорологічні умови в зоні теплового фронту визначає потужна система шаруватої хмарності всіх ярусів з облоговими опадами, ширина яких може досягати 300–400 км. При цьому більш потужна хмарність спостерігається в приземній лінії фронту і на його ділянці, розташованій поблизу центра циклону. У міру віддалення уздовж фронту від центра циклону на периферію і у напрямку холодної повітря товщина хмарності зменшується.

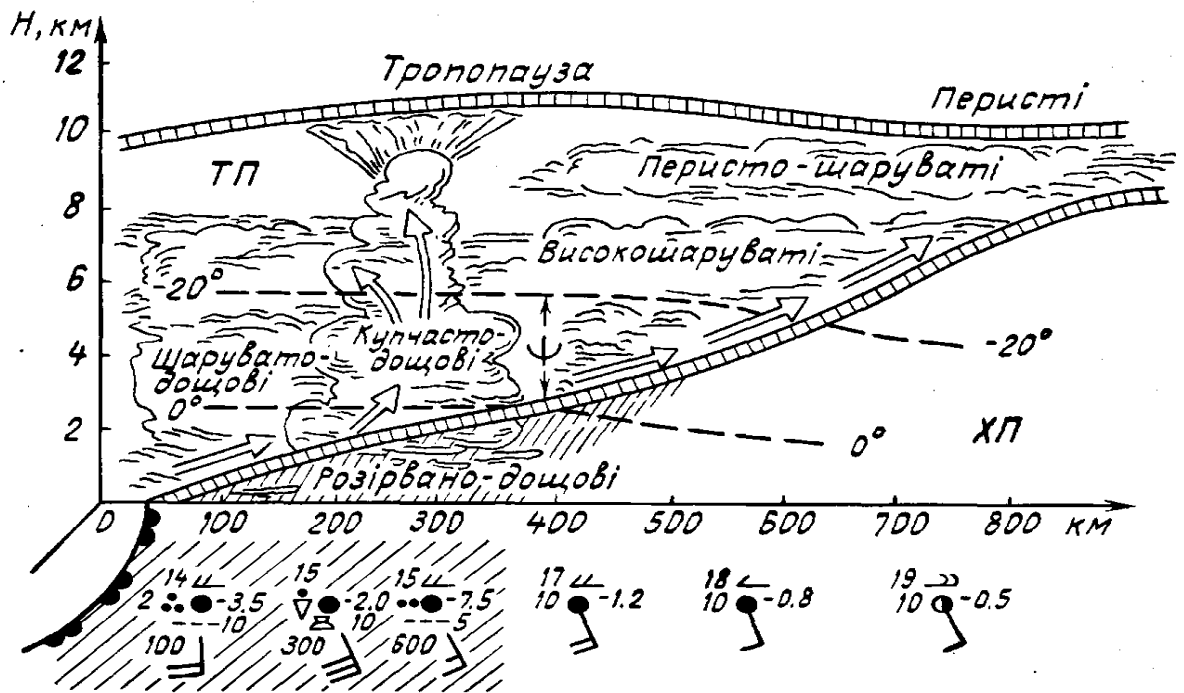


Рис.1.2.2- Теплий фронт літо.

Польоти в зоні теплого фронту ускладнюються:

- великою горизонтальною і вертикальною протяжністю хмарності, малою висотою її нижньої межі;
- обмеженою видимістю в зоні облогових опадів;
- обмерзанням літаків і вертольотів в опадах і хмарах у діапазоні температур від 0° до -20°C , особливо небезпечним у переохолодженому дощі шириною 100–200 км перед лінією фронту;
- статичною електризацією літаків при польоті в шарувато-дошових і високошаруватих хмарах.

Улітку на теплих фронтах іноді утворюються купчасто-дошові хмари зі зливовими опадами і грозами. У цьому випадку політ в хмарах теплого фронту небезпечний, тому що можливе несподіване потрапляння у купчасто-дошові хмари, замасковані шарувато-дошовими.

Середня швидкість переміщення теплих фронтів складає 25–35 км/год

Основні фронти, маючи значну вертикальну і горизонтальну протяжність (кілька тисяч км), складаються із ділянок різної активності з різними умовами погоди, які, крім того, можуть рухатися в різних напрямках.

Хмари конвекції - це хмари, пов'язані з атмосферною конвекцією, тобто підйом великих мас повітря викликає термічна конвекція при нестійкій стратифікації повітря (рис. 1.2.3). Швидкість підйому нерідко досягає 10 м/с і більше. Все це призводить до утворення конвективних хмар і випадінню зливових опадів. У першій стадії розвитку конвекції, коли вона є лише різновидом неупорядкованого турбулентного руху, це плоскі купчасті хмари (Cu hum.), а також разірвано-купчасті (Cu fr.). При виникненні добре оформлених висхідних струменів значної швидкості виникають потужні купчасті хмари (Cu cong.) і купчасто-дощові (Cb), інакше їх називають зливовими і грозовими. У середньому ярусі з конвекцією пов'язані деякі різновиди високо-купчастих хмар (Ac) - пластівчасті, баштовидні.

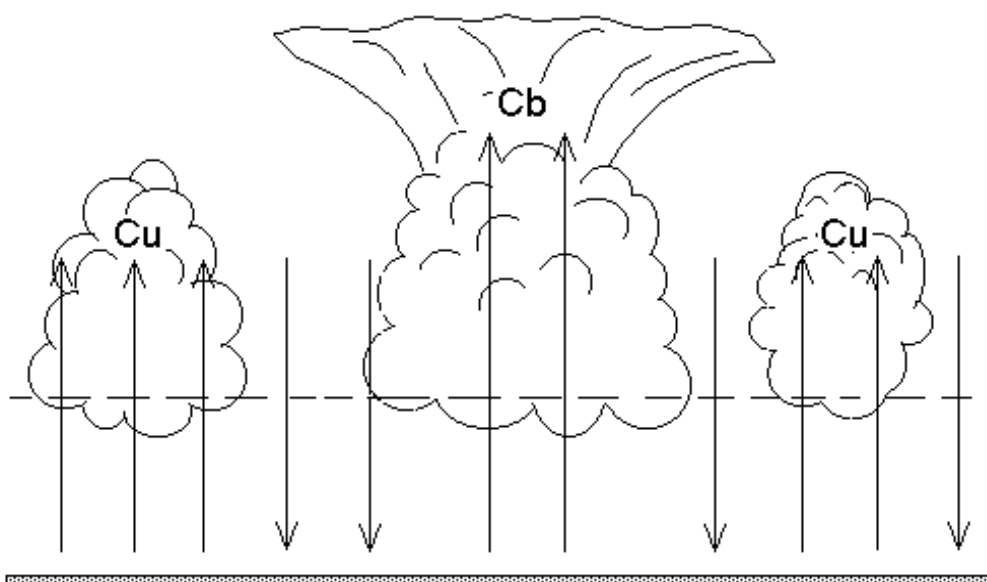


Рис. 1.2.3- Хмари конвекції

Хмари стійких мас виникають у стійких повітряних масах у зв'язку з охолодженням повітря від підстилаючої поверхні, динамічною турбулентністю і хвилястими рухами на поверхнях інверсії показано на рис. 1.2.4. До них відносяться шаруваті (St) і велика частина шарувато-купчастих (Sc) і високо-купчастих (Ac) хмар.

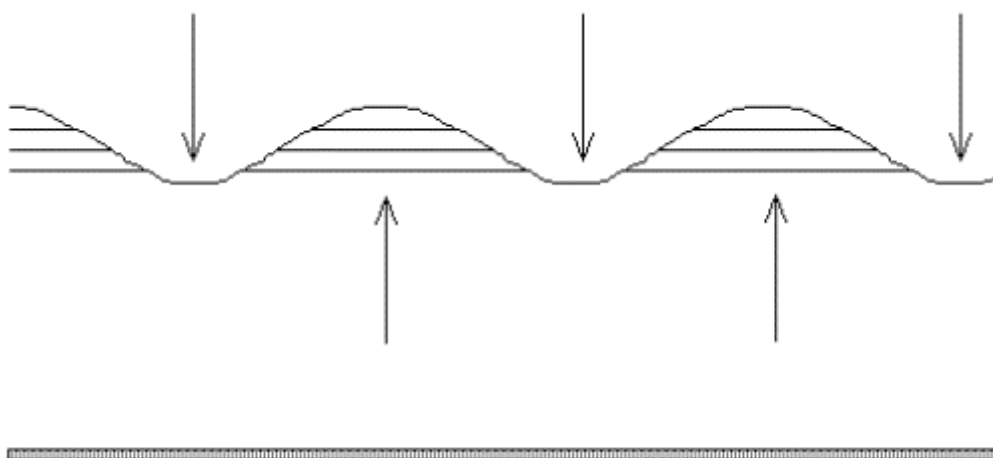


Рис. 1.2.4-Хмари стійких повітряних мас

Орографічні хмари виникають при перетіканні повітряної течії через гірський хребет (рис. 1.2.5.). Сюди відносяться особливо різні форми сочевицевидних хмар. Хмари цього типу утворюються на навітряній стороні або над гребенем хребта і тануть на підвітряній стороні, маючи, таким чином, характер стоячих хвиль. До орографічних хмар можна віднести також і хмари купчасті і купчасто-дощові, що утворюються над гірськими схилами.

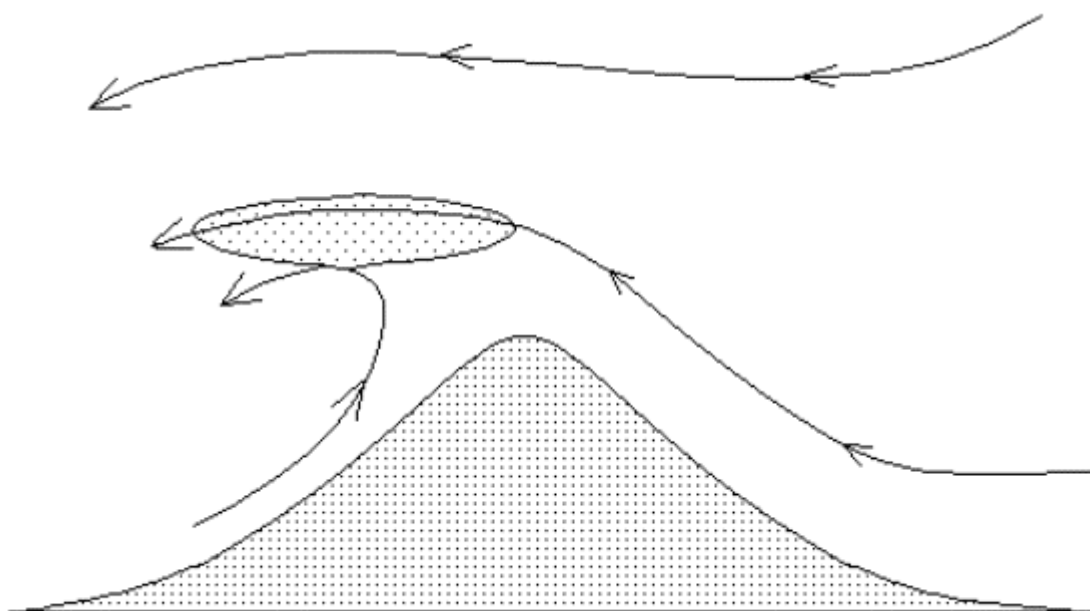


Рис. 1.2.5- Орографічні хмари

Ділянки основного фронту, що переміщуються разом з холодною повітряною масою у напрямі теплої маси і зумовлюють зниження температури називаються холодними фронтами. У них холодне повітря, що притікає до фронту, рухається швидше, ніж тепле, яке відступає перед фронтом.

Залежно від швидкості пересування, а також метеорологічних умов у зоні фронту розрізняють холодні фронти 1-го та 2-го роду, а також вторинні холодні фронти.

Холодний фронт 1-го роду – фронт, що рухається повільно (швидкість його не перевищує 45 км/год) показано на рис. 1.2.6. Хмарна система фронту утворюється за рахунок повільного підняття теплого повітря по клину холодного. Тому вона розташовується в основному за лінією фронту і нагадує дзеркальне відображення системи теплого фронту, але має трохи меншу горизонтальну і вертикальну протяжність. Перисті і перисто-шаруваті хмари часто відсутні.

Умови польотів у хмарній системі цього фронту аналогічні умовам, що спостерігаються на теплому фронті зображено на рис.1.2.7. Однак через менші просторові розміри хмарного масиву затрачається менше часу на його перетин. Ширина зони облогових опадів складає 150–200 км. Температура в хмарах звичайно нижче, ніж на теплому фронті, тому обмерзання через меншу водність хмар менш інтенсивне. Зона випадання переохолоджених опадів трохи менша, ніж на теплому фронті. У холодну пору року трапляються випадки, коли виникають зони інтенсивної електризації, у яких напруженість електричного поля має таку величину, що проліт літака через неї викликає розряд хмарної електрики. Розряд, як правило, відбувається через літак.

У теплу пору року поблизу фронту розвиваються купчасто-дощові хмари зі зливовими опадами і грозами, які необхідно обходити в польоті.

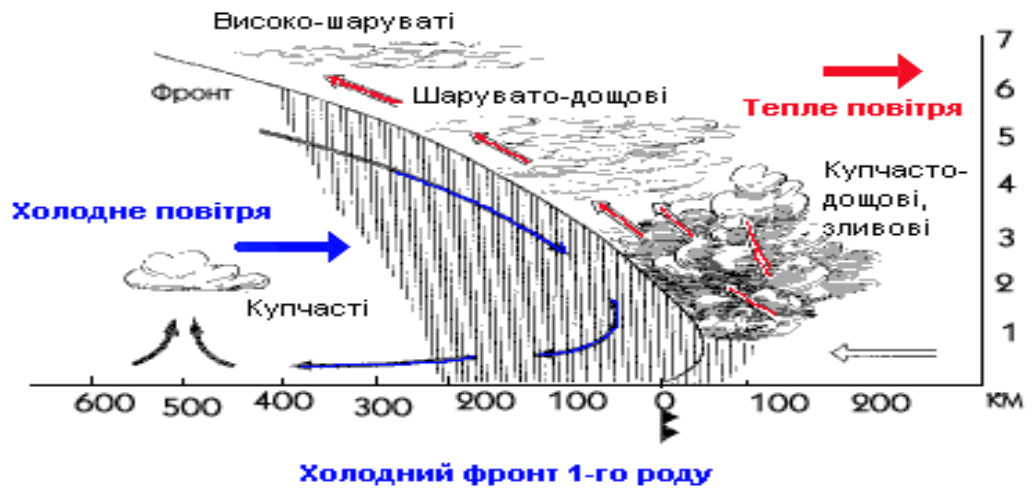


Рис.1.2.6-Холодний фронт першого роду.

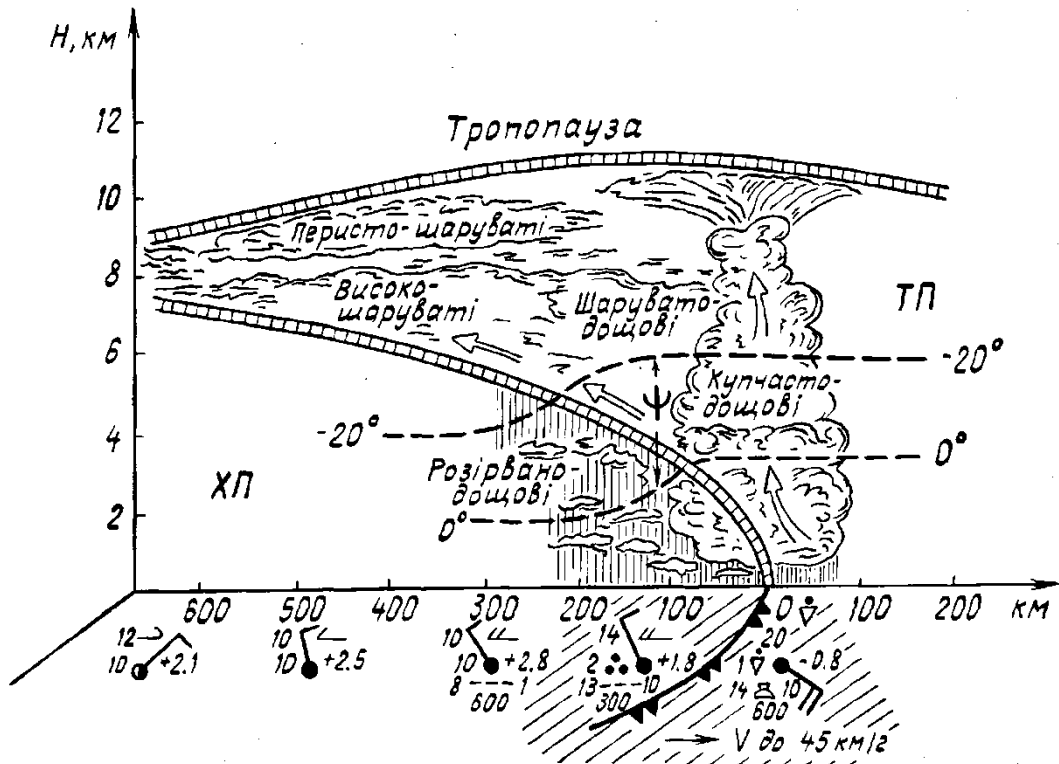


Рис.1.2.7-Холодний фронт першого роду.

Холодний фронт 2-го роду – це швидкорухомий фронт (його швидкість, як правило, більша 45 км/год). У нижній його частині поблизу фронтальної поверхні (від землі до 1,5–2 км) відбувається інтенсивне витіснення повітря, при нестійкому стані якого утворюється зона купчасто-дощової хмарності з

верхньою межею до 8–10 км і більше (рис. 1.2.8). Узимку поблизу лінії холодного фронту 2-го роду утворюються купчасто-дощові хмари, верхня межа яких не перевищує 4–5 км. При цьому спостерігаються сильні снігопади з різким погіршенням видимості.

Польоти у зоні холодного фронту 2-го роду дуже складні і небезпечні тому, що купчасто-дощові хмари розташовуються уздовж фронту на кілька сотень кілометрів суцільним пасмом, ширина якого може досягати 50–150 км. З хмар по обидва боки від лінії фронту випадають інтенсивні зливові опади. У літню пору на фронті, як правило, спостерігаються грози, шквали, а іноді і смерчі, у хмарах поблизу їх сильна бовтанка, а в зоні від'ємних температур – інтенсивне обмерзання зображено на рис. 1.2.9.

У холодному повітрі за фронтом розвивається купчаста і потужна купчаста хмарність, що переходить надалі у купчасто-дощову. Утворення вузької зони купчасто-дощових хмар пов'язується із вторинними (приземними) холодними фронтами, що характеризуються короткочасними інтенсивними опадами у виді зарядів.

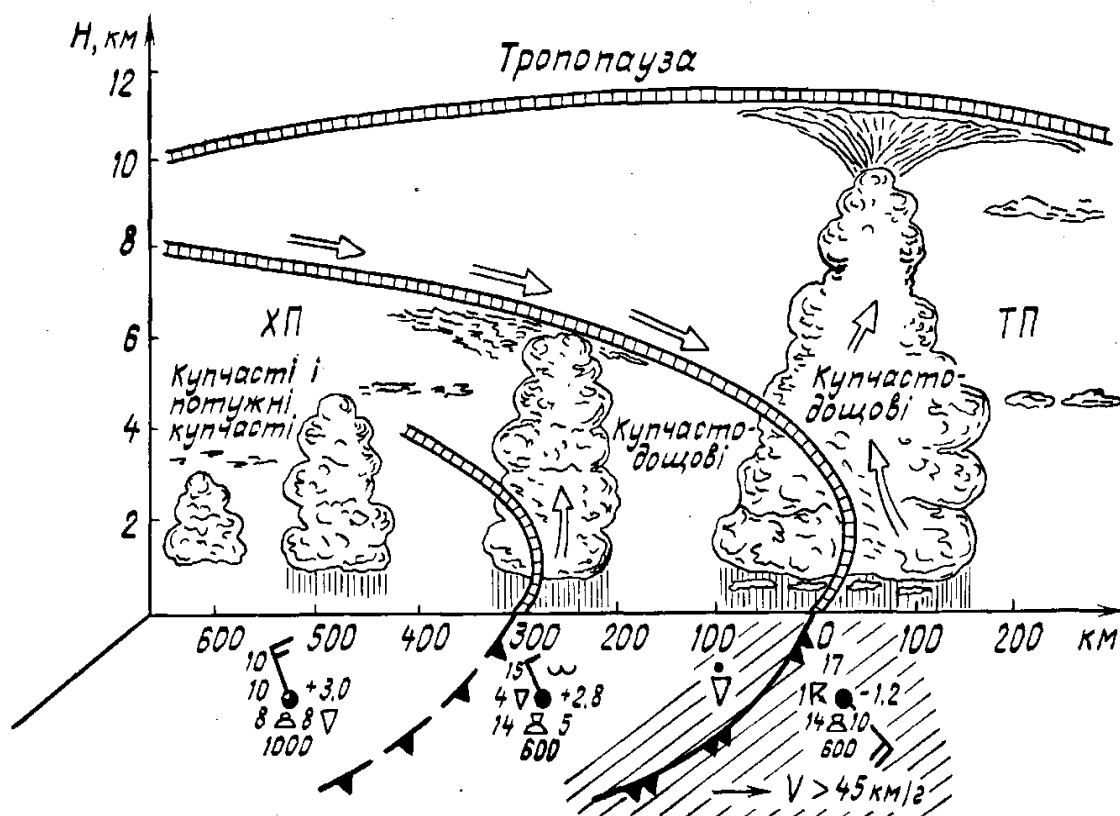


Рис.1.2.8-Холодний фронт другого роду.



Рис.1.2.9-Холодний фронт другого роду.

1.3 Фазовий стан хмар

При від'ємних температурах завжди існує імовірність замерзання переохолоджених крапель у хмарах і появлення кристалів. Якщо ця імовірність дуже мала, то відповідно малою є концентрація цих кристалів. За таких умов вплив їх на властивості хмар і на характер процесів, що відбуваються у хмарах, нехтовно малий. Існуючими методами вимірювань буває дуже важко навіть виявити наявність кристалів у хмарі. Такі хмари називають краплинними. У краплинних хмарах реальна концентрація льодяних часток не перебільшує 1л^{-1} , тобто менша порівняно з концентрацією крапель $10^5 - 10^6$ разів.

Крім краплинних хмар при від'ємних температурах спостерігаються змішані й кристалічні хмари. Змішанні хмари складаються з крапель із кристалів. Концентрації льодяних часток у змішаних хмарах можуть бути зіставленими з концентрацією рідких хмарних елементів.

При відсутності вертикальних рухів змішані хмари нестійкі: краплі замерзають або випаровуються, а кристали зростають. Процес «перегонки» води з переохолодженої краплі на кристали розглядався вище.

У активній стадії розвитку хмар, коли присутні висхідні токи, які забезпечують приплив надлишкової вологи, змішана хмара може існувати необмежений час, якщо стік водяної пари на кристали не перевищує її припливу.

Кристалічними є хмари, які складаються з елементів твердої фази води. Фазова структура хмари не буває застиглою. У процесі життя хмари кристали

зароджуються, ростуть і випадають, краплі утворюються й випаровуються. Таким чином, фазовий стан хмари може бути різним у різних точках хмари і змінюватись за часом. Фазовий стан хмари – одна із найважливіших характеристик при від’ємних температурах, які у великій мірі визначають активність процесів хмароутворення й процесів утворення опадів. Зазначені процеси найбільш активні при змішаній структурі хмари. У цьому смислі, найпасивнішими є кристалічні хмари.

Фазовий стан хмари залежить від багатьох факторів, але основні з них – це температура й вертикальні рухи. Характеристики цих рухів вимірювати дуже важко навіть тоді, коли вони обумовлюються турбулентністю атмосфери або тепловою конвекцією й мають значні величини. Макромасштабні ж вертикальні струмені, що обумовлюються не стаціонарністю атмосферних рухів й мають невеликі швидкості (см/с), взагалі не вимірюються. Тому не визначені емпіричні залежності між фазовим станом хмар і вертикальними струменями. Але у цей час накопичені статистичні дані про повторюваність різних фазових станів хмар помірних широт при різних температурах, що дало змогу отримати відповідну залежність. На рис. 3.1 зображена ця залежність. При цьому хмари були віднесені до краплинних, кристалічних або змішаних у залежності від того, зустрічались або не зустрічались краплі чи кристали в експериментальних пробах хмарного повітря при польоті літака-лабораторії. Повторюваності, що приводяться на рис. 1.1, отримані для всіх досліджених хмар у цілому без поділу їх на форми.

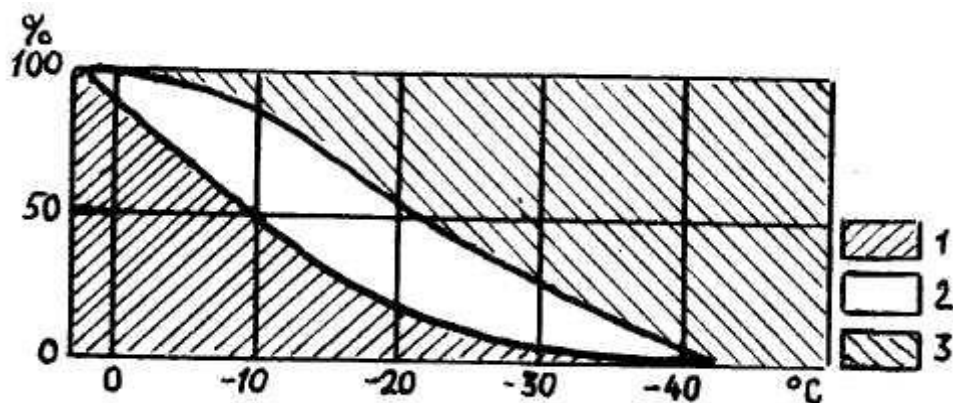


Рис. 1.3.1 – Повторюваність (%) різного фазового стану хмар при різній температурі. 1 – крапельні хмари; 2 – змішані хмари; 3 – кристалічні хмари

Відмінності у фазовому стані хмар різних форм визначаються насамперед їхнім температурним режимом. Деякий вплив чинять розташовані вище шари хмар і товщина хмар. Повторюваність різного фазового стану хмар різних форм для помірних широт наводяться в табл.1.3

Таблиця 1.3 – Середньорічна повторюваність (%) фазового стану

хмар різних для помірних широт (по А.М. Боровікову)

Сезон	Фазовий стан хмар	Форми хмар				
		<i>St</i>	<i>Sc</i>	<i>Ns</i>	<i>Ac</i>	<i>As</i>
Літо	Краплинна	99,5	98,8	29	80	44
	Змішана	0,5	1,2	71	17	40
	Кристалічна	0	0	0	3	16
Зима	Краплинна	85	73	13	44	15
	Змішана	14	24	84	44	36
	Кристалічна	1	3	3	12	49
Рік	Краплинна	89	83	17	62	24
	Змішана	10	16	81	30	36
	Кристалічна	1	1	2	8	40

Загальною закономірністю даних, які містяться в табл. 1.3, є зменшення повторюваності краплинних хмар і збільшення повторюваності кристалічних хмар при зниженні температури. Але спостерігається суттєва різниця у повторюваності рідкої й твердої фаз у хмарах *St*, *Sc* і *Ac* (перша група) і хмарах *Ns* і *As* (друга група).

Із табл. 1.3 видно, що як взимку, так і влітку, а також у середньому за рік, у першій групі хмар повторюваність рідкої фази набагато більша, ніж у хмарах другої групи. З іншого боку, у хмарах другої групи значно зростає повторюваність змішаного фазового стану, особливо у шарувато-дощових хмарах, що є однією із основних причин утворення опадів із цих хмар.

1.4. Глобальне поле хмарності

Глобальне поле хмарності є надзвичайно складним дискретним полем, схильним до великої часової мінливості. Воно описується рядом характеристик, що визначаються як інструментально (висота нижньої та верхньої меж), так і візуально (кількість і форма хмар).

Для поля хмарності характерне існування хмарних систем у вигляді смуг, гряд, вихорів різного масштабу.

Хмарність утворюється практично в межах усієї тропосфери і розташовується у великих діапазонах висот.

Метеорологічні космічні системи (МКС), які складаються з кількох супутників з телевізійною і інфрачервоною апаратурою, можуть безпосередньо оглядати хмарні поля, що мають розміри від 10 до 104 км. За добу або за кілька годин вони дають картину хмарності в глобальному масштабі, а застосування нефана - ліза дозволяє більш детально вивчити будову поля хмарності, виявити структуру хмар і класифікувати хмарні системи.

Важливі довготривалі як наземні, так і літакові і, в особливості, супутникові вимірювання основних параметрів глобального поля хмарності. В даний час не зареєстровано істотних глобальних змін основних параметрів хмарності.

Але не можна сказати, що глобальне поле хмарності абсолютно не підлягає впливу кліматичних змін. Зокрема, збільшення температури земної поверхні призводить до збільшення інтенсивності процесів випаровування і облакообразования. Важливу роль відіграють процеси забруднення атмосфери поглинає аерозолем і різними газами. Це призводить як до зменшення альbedo хмар за рахунок зменшення альbedo однократного розсіяння, так і до збільшення середніх висот хмар, пов'язаних із зміною температури прикордонного шару і процесів атмосферної конвенції.

Середньорічні значення хмарності в різних широтних зонах над сушею та над морем представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Середньорічні значення хмарності в різних широтних зонах (по С.П. Хромову та М.А. Петросянцу)

Терри- тория	Широта, град								
	90—80	80—70	70—60	60—50	50—40	40—30	30—20	20—10	10—00
Северное полушарие									
Суша	—	6,5	6,8	6,6	5,5	4,3	3,7	4,5	6,2
Море	7,0	7,1	7,4	7,8	7,4	6,3	5,4	5,6	5,9
Южное полушарие									
Суша	5,7	5,7	6,3	—	5,6	4,7	3,8	4,8	6,4
Море	—	7,2	8,1	8,0	7,1	6,1	5,7	5,5	5,5

З наведених даних видно, що над морем хмарність більша, ніж над сушею. В середньому для усієї Північної півкулі вона складає над сушею 5,4 та над морем 6,2 бала; для Південної півкулі (без материка Антарктиди, де вона менше) – над сушею 5,2 та над морем – 6,4 бала. Для обох півкуль разом отримаємо для суші 5,3, для моря 6,2 бала. Тепер, для Північної півкулі значення хмарності дорівнюють 5,9, для Південної півкулі – 6,2 та для усієї земної кулі – 6,0 бала. Таким чином, поверхня земної кулі взагалі закрита хмарами більш ніж на половину.

З даних таблиці також витікає, що від самих високих широт до субполярних хмарність зростає і досягає максимуму в зоні 70-60°, що пов'язано з максимальним розвитком циклонічної діяльності в субполярних широтах, особливо над морями. До субтропічних широт хмарність зменшується і досягає мінімуму в зоні 30-20°. Цей мінімум пов'язаний з субтропічними антициклонами. Далі до екватора хмарність знову зростає. Це внутрішньотропічна зона конвергенції з її сезонним зміщенням, де зустрічаються пасати двох півкуль та розвивається сильна конвекція.

На багаторічних середніх картах розподілення хмарності (рис. 1.1-1.2) у всі сезони року спостерігаються яскраво виражені малохмарні області (до 2,0 балів та нижче) в субтропічних пустелях обох півкуль. В Асуані (22,4° півн.ш., 33,0° сх.д.), наприклад, середньорічна хмарність складає лише 0,5 бала. Хмарність дуже мала (особливо влітку) і в Середній Азії (в Термезі, наприклад, в середньому за рік хмарність складає 1,6 бала, а влітку – 0,2). В зимовий час невелика хмарність фіксується у Східному Сибіру, Центральній Азії та Індії, де спостерігається антициклоніальний режим погоди або зимова мусонна циркуляція.

Особливо значна хмарність (до 7,0-8,0 балів) відмічається круглий рік на півночі Атлантичного та Тихого океанів, включаючи північний-захід Європи та Японські острови, а також у високих широтах Південного океану.

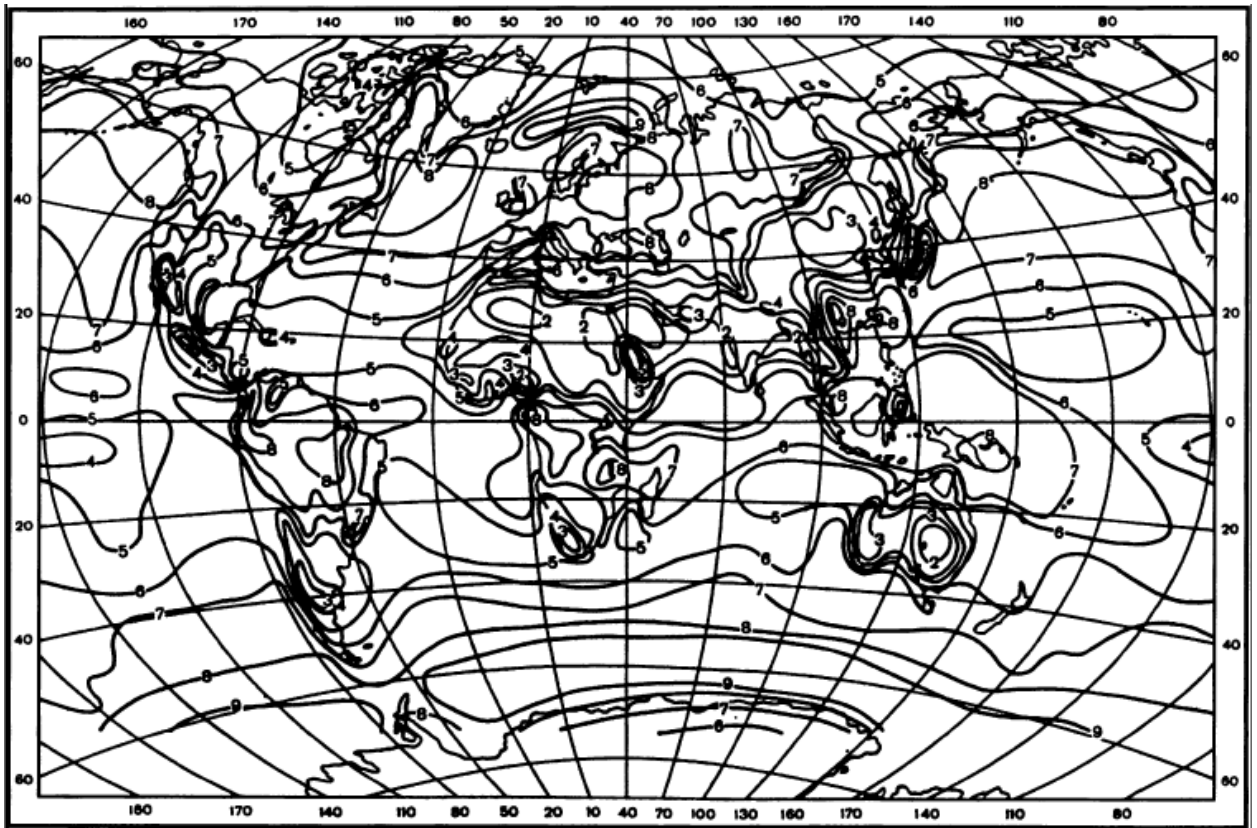


Рис. 1.4.1 – Розподіл середньої хмарності в січні (%)

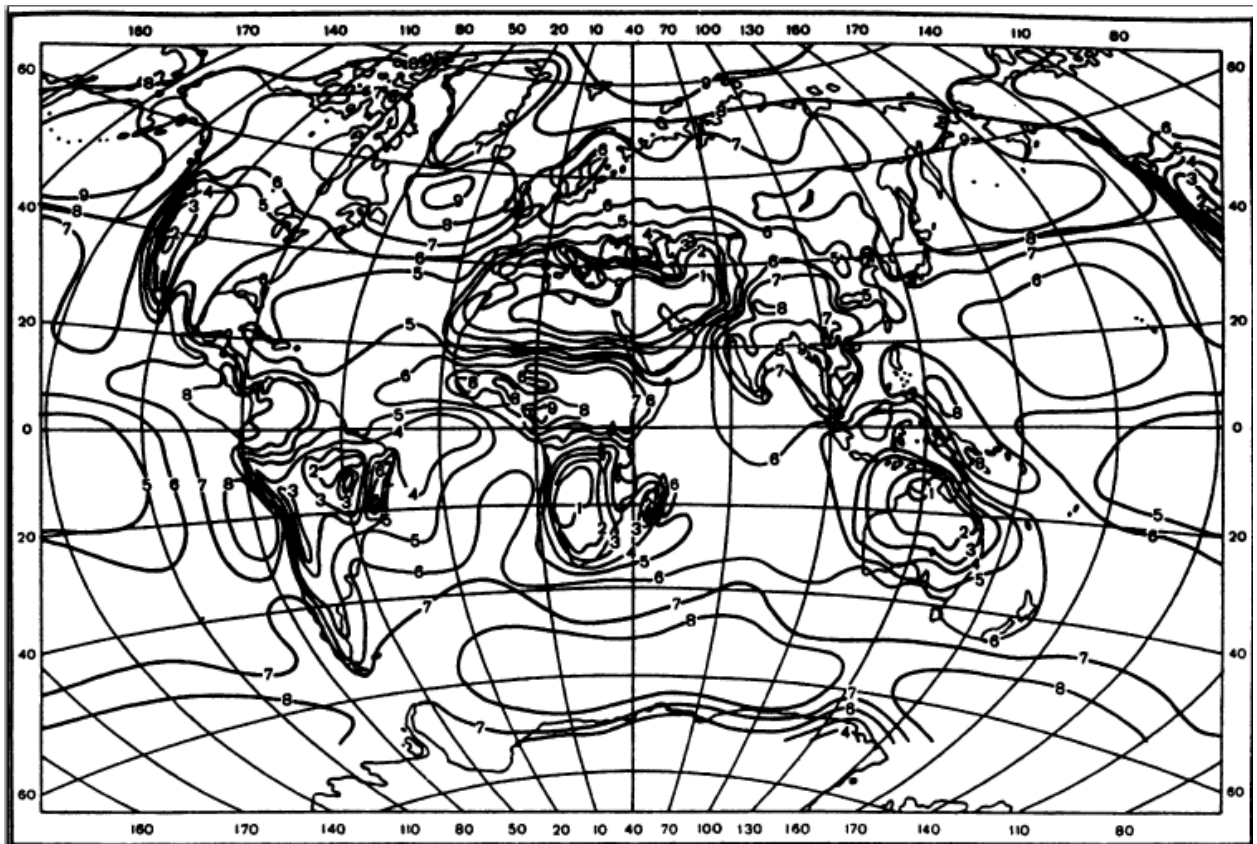


Рис. 1.4.2– Розподіл середньої хмарності в липні (%)

Зимою хмарність також досить велика в Західному Сибіру та в районі Великих озер. Влітку хмарність збільшується в мусонних областях Гвінейської затоки та Індії.

Умови хмарності також можна характеризувати числом ясних та похмурих днів. Наведемо екстремальні значення. Так, на деяких станціях Лівії відмічається 293 ясних дня на рік, в Теремезі (Узбекистан) – 260, а в Імандрі (Кольський півострів) – тільки 9. В Шотландії на гірській станції Бен-Невіс відмічається 247 похмурих днів на рік, на східному березі Тайваню – 233.

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ АЕРОДРОМУ «ОЛЕКСАНДРІЯ»

Аеродром "Олександрія" розташований в 5,0 км на схід від центру населеного пункту Олександрія (4,0 км на схід від залізничної станції "Олександрія") (рис.2.1.1). Геодезичні координати контрольної точки аеродрому (КТА): (північна широта $48^{\circ}40'46''$ (N) та східна довгота $033^{\circ}11'10''$ (E). Середній тиск для порогу № 230 (грунтового) = 747,7 мм.рт.ст та мінімально приведений до рівня моря 738,7 мм.рт.ст. за 06.00 год., 9.04.2011 року. Система координат – національна система геодезичних координат (Красовського–42).

КТА розташована посередині бетонної частини основної ЗПС на відстані:

- від порогу № 05 (бетонного) – 165 м,
- від порогу № 23 (грунтового) – 1335 м.

Висота порогу ЗПС 50 = 157 м.

Висота порогу ЗПС 230 = 168 м.

Абсолютна висота аеродрому (КТА) +160м.

Розрахункова температура повітря $26,3^{\circ}\text{C}$



Рис. 2.1 - Схема розміщення аеродрому Олександрія

Рельєф Місто Олександрія розташоване на Придніпровській височині з загальним нахилом території з північного заходу на південний схід. Рельєф являє собою здебільшого плато, або підвищену хвилясту

рівнину розчленовану густою мережею річкових долин і балок, а також ярів. В балках, що простягаються з заходу на схід, південні схили пологі, а північні крутіші, дуже вкриті ярами, в таких місцях відкриваються древні докембрійські породи.

Середня висота плато близько 200 м над рівнем моря. Проте спостерігається значна різниця абсолютних висот. Оточують місто з трьох сторін висоти, які мають відмітки 136 – 142 м. Саме на них розташовані основні промислові зони міста.

Клімат помірно континентальний. Літо тривале та спекотне, зима коротка, малосніжна. Оподи за рік розподіляються нерівномірно, за літній період випадає кількість опадів 336 мм, за холодний — 177 мм.

Через Олександрію з південного заходу на північний схід проходить вісь високого атмосферного тиску що розділяє область на дві частини панування різних повітряних мас — північно-західну (лісостеп), вологі маси з Атлантики і північно-східну (степ), континентальні маси з Азії і зумовлює різноманітність фізико-географічних умов регіону.

У зимові місяці переважають північні та північно-східні вітри. Влітку господарюють вітри північні та північно-західні.

Циклони (середземноморські, атлантичні та ін.) і антициклони (сибірські, східні континентальні та ін.) , часто призводять до різких похолодань влітку і відлиг взимку. Такі кліматичні умови зумовлюють дуже мінливу погоду, особливо зимою.

Середньорічна температура повітря в Олександрії +7,3 — +7,8 °С. Переважають вітри північні, північно-західні і північно-східні. Середньорічна швидкість вітру становить 3.9 м/с, вологість повітря 61 — 65 % (максимальна в грудні — 84 — 86 %, мінімальна в серпні — 43 — 48 %). Безморозний період триває 246—255 днів, а вегетаційний становить 207—215 днів.

Літній період — 114—130 днів. Температура самого теплого місяця (липня) становить +20,2 — +21,2 °С, максимальна +39 °С.

Зима триває 110—119 днів. Середня температура самого холодного місяця (лютого) становить —5,7 — —6,1 °С, максимально низька — —35 °С.

Стік річок характеризується великою мінливістю в різні пори року через залежність від атмосферних опадів. Велику роль відіграє снігове живлення, тому близько 70 % стоку припадає на березень - травень, через танення снігів і весняні зливи, на червень - серпень — 10 %, на осінній сезон

близько 5 %, на зимовий період 15 %, велику роль відіграє також підземне живлення.

Олександрія перебуває у зоні нестійкого зволоження. Середньорічна кількість опадів становить 510 - 530 мм. Нерівномірно опади розподіляються за порами року. Мінімум їх припадає на зимові місяці – 14 - 18 %, максимум на літо – 40 %. За теплий період року випадає 70 % атмосферних опадів, за холодний період – 30 %.

До поверхневих вод міста належать річки Інгулець, Бешка, Березівка, Войнівське водосховище на річці Інгулець, ставки, затоплені відпрацьовані кар'єри і буровугільні розрізи.

У північно-східній частині Кіровоградської області на протяжності 170 км протікає р. Інгулець, права притока Дніпра, яка тече через м. Олександрія – шириною 15 - 90 м, глибиною 0,7 - 4 м. Інші річки невеликі, шириною до 10 м, часто перегороджені земляними греблями, вище яких розташовані невеликі водосховища.

Вплив міста на погодні умови аеродрому впливає при наявності приземної інверсії та південно-західному вітрі. При цих умовах за рахунок скупчення промислових димів, під інверсійним шаром горизонтальна видимість в районі аеродрому може погіршуватися до 1 -

В північній частині району місцевість розділена рікою Дніпро на дві частини: лівобережну низину та правобережну пагористу рівнину, розділену долинами річок та балками. Невеликі площі змішаних лісів (дуб, акація, осика) зустрічаються на водорозділах і по долинам річок. Висота дерев 15-25 м, товщина 0,15-0,7 м. Соснові ліси та молоді насадження сосни переважають на піщаних терасах річкових долин. Поблизу населених пунктів значні площі зайняті садами. Решта ділянок місцевості розділена полезахисними лісовими смугами висотою до 15 м.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМУ ХМАРНОСТІ АЕРОДРОМУ ОЛЕКСАНДРІЯ

3.1 Початкові дані і основні розрахункові методи і формули

Кількість хмар, а отже, і кількість сонячних годин, цікавить пілотів, медиків, туристів, любителів здорового способу життя, і багатьох інших. Низька хмарність пов'язана з обмеженою видимістю і є тим елементом погоди, який визначає мінімум погоди. До того ж, кількість і форма хмарності обумовлюють, в певній мірі, температуру повітря, опади, обледеніння повітряних суден, накопичення статичної електрики, забруднення оточуючого повітря, тобто прогноз необхідний в роботі синоптиків.

Для визначення кількості хмар можуть використовуватись бали або октанти (в авіаційних прогнозах погоди – октанти, а практично у всіх інших прогнозах - бали). При вимірюванні кількості хмар в балах весь небосхил поділяється на 10 частин (0 – ясна погода, 10 – суцільна хмарність), в октантах – кількість хмар змінюється від 0 до 8 октант.

Переклад кількості хмар із балів в октанти і назад проводиться у відповідності:

Октанти 0 1 2 3 4 5 6 7 8

Бали 0 1 2-3 4 5 6 7-8 9 10

Висота нижньої і верхньої межі хмар вимірюється в метрах або кілометрах, а в ряді держав – у футах. Якщо висота хмар указується в метрах, то звичайно висота нижньої межі хмар округляється до десятків, а верхньої – до сотень метрів.

Терміни і кількісні характеристики, що використовують для хмарності в прогнозах загального користування, наведені в табл. 3.1.

Якщо протягом півдоби очікується значна зміна кількості хмарності і вона є найбільш істотною характеристикою погоди, то дозволяється застосовувати два терміни.

Наприклад: 1. Зранку безхмарно, вдень похмуро (хмарна погода).

2. Вранці хмарна погода, у другій половині дня з проясненнями.

Дозволяється також застосовувати два терміни, якщо очікується зміна хмарності від однієї половини доби до іншої.

Наприклад: 1. Вночі безхмарно, вдень хмарна погода.

2. Вночі похмуро, вдень мінлива хмарність.

3. 25 серпня невелика хмарність, 26 серпня похмуро.

Коли очікуються явища, які досить повно характеризують умови погоди, то хмарність у прогнозі дозволяється не вказувати. Наприклад: Сніг, заметіль, зниження температури до $-10...-12$ °С.

Таблиця 3.1. – Терміни для хмарності

Термін	Кількість (зміна) хмар
Безхмарно	Не більше 2-х балів хмар усіх ярусів
Сонячна погода, малохмарна погода, невелика хмарність	3...5 балів хмар нижнього ярусу чи будь-яка кількість хмар верхнього ярусу, що просвічуються, хмари середнього ярусу
Мінлива хмарність	Від 1...3 до 6...9 балів або 3...8 балів
Хмарна погода з проясненнями	Від 8...10 до 0...3 балів
Хмарна погода	7...10 балів
Похмуро, похмура погода	10 балів

Терміни «безхмарно», «невелика хмарність», «малохмарна погода» і «сонячна погода» враховують хмарність усіх ярусів; інші терміни відносяться до хмар нижнього ярусу і щільних хмар середнього ярусу.

На відміну від низької хмарності, висота якої цікавить тільки авіацію та службовців (обслуговуючий персонал) висотних щогл і антен, у прогнозу туманів споживачів значно більше. По-перше, це всі види транспорту, починаючи з авіації. По-друге, це будівельники, для яких туман, особливо сильний, обмежує можливість проведення будівельно-монтажних робіт. По-третє, туман здійснює великий негативний вплив на самопочуття людей з різними захворюваннями.

В залежності від ступеню погіршення видимості тумани підрозділяються на слабкі (видимість 500...1000 м), помірні (200...500 м), сильні (50...200 м) і дуже сильні (видимість < 50 м), а по своїй вертикальній потужності (ΔH) на поземні ($\Delta H \leq 2$ м), низькі ($2 < \Delta H \leq 10$ м), середні ($10 < \Delta H \leq 100$ м) і високі ($\Delta H > 100$ м). В перелік стихійних метеорологічних явищ увійшов «сильний туман» при видимості менше 100 м протягом 12 год і більше.

3.2. Основні методи прогнозу хмарності

Форма і кількість хмар практично завжди прогнозуються синоптичним методом, враховуючи географічне положення місця (аеродрому), час року і доби, а також синоптичну ситуацію. Синоптичний метод прогнозу кількості хмар в принципі задовольняє всіх споживачів, за винятком випадків, пов'язаних з метеорологічним забезпеченням польотів на аерофотозйомку, яку можна проводити лише в тому випадку, коли кількість хмарності не перевищує трьох октант (4 балів). Частіш за все проблеми з прогнозом кількості хмарності виникають в літній час при прогнозуванні внутрішньомасової конвективної хмарності (польоти на аерофотозйомку теж частіше проводяться влітку).

М.Г.Приходько запропонував розрахунковий метод прогнозу конвективної хмарності на момент її максимального розвитку за даними ранкового температурно-вітрового зондування атмосфери, який знайшов

застосування в багатьох географічних районах (детально викладений в «Практикумі з синоптичної метеорології»). Крім цього методу для розрахунку прогностичної кількості конвективної хмарності можна скористатися формулою:

$$N = 10 \frac{T_{\text{вл},850} - T_{850}}{T_{\text{вл},850} - T_{\text{сух},850}}, \quad (3.1)$$

де T_{850} , $T_{\text{вл}, 850}$ і $T_{\text{сух}, 850}$ – температури повітря на рівні 850 гПа, відраховані, відповідно, на кривих стратифікації, вологій та сухій адиабатах, що проходять через точку з максимальною (прогностичною) температурою повітря біля поверхні землі.

Утворення низької внутрішньомасової неконвективної хмарності може відбуватися з двох причин: при надходженні водяної пари в нижні шари атмосфери від підстильної поверхні та при адвекції теплого вологого повітря на холодну підстильну поверхню.

Розглянемо перший випадок, тобто з випаровуванням. Два випадки: антициклон, що розвивається, і малорухомий стаціонарний антициклон. В антициклоні, що розвивається, турбулентність завжди добре виражена і достатня для переносу вологи, що випаровується, до рівня конденсації, тобто для утворення хмарності.

У малорухомому антициклоні градієнт температури повинен бути достатньо великим, тобто $\gamma > 0,5$ °C/100 м у приземному шарі. Над шаром турбулентності звичайно повинне спостерігатися інверсійне осідання (криві T і T_d над верхньою межею інверсії розходяться). Сприятливою умовою для утворення низької хмарності є наявність високої вологості біля поверхні землі ($U > 85\%$).

За умови, що хмари вже існують, спостерігається закономірність: якщо інверсія знижується, то верхня межа хмар може виявитися нижче рівня конденсації і, отже, відбувається розмивання верхньої частини хмарності або повне її розмиття (якщо вона знаходиться набагато нижче рівня конденсації).

Корисно враховувати, що товщина шару St і Sc складає приблизно 500 м.

Вказівки на можливість розвитку хмарності нижнього ярусу дають наступні фактори: 1) великий вологовміст у приземному шарі ($U \geq 85\%$); 2) активний турбулентний обмін (при $\gamma \geq 0,5$ °C/100 м в антициклонічних полях); 3) наявність інверсійних шарів. При перерахованих факторах хмарність нижнього ярусу може виникати задовго до наближення фронту до пункту прогнозу. Додатково необхідно врахувати адвекцію T і Td, знак і величину вертикальних рухів, трансформацію полів температури і вологості (у тому числі за рахунок місцевих умов і добового ходу).

Вплив добового ходу. Вранці у зв'язку з нагріванням відбувається збільшення дефіциту точки роси і нестійкості. Обидва фактори ведуть до розмивання нижньої межі хмар, тобто нижня межа хмарності піднімається.

Для прогнозу фронтальної хмарності та її еволюції корисно враховувати наступні закономірності, отримані за матеріалами спостережень над центральними районами Східної Європи.

Імовірність появи низької хмарності (≤ 200 м) при проходженні фронту залежить від характеру, швидкості та напрямку переміщення фронту, а також від часу доби.

Над районами Східної Європи хмарність висотою $h \leq 200$ м найбільш часто буває в зонах теплих фронтів (54%). У зонах холодних фронтів її повторюваність не перевищує 40% випадків, у зонах вторинних холодних фронтів - лише 11% випадків.

Поява низької підфронтальної хмарності тим імовірніша, чим повільніше рухається фронт, тому що із сповільненням руху фронту пов'язане послаблення турбулентного обміну. Так, для теплового фронту при $V = 10 \dots 30$ км·год⁻¹ імовірність хмар з висотою не більше 200 м - 62%, при $V = 30 \dots 50$ км·год⁻¹ - 46% і при $V = 50$ км·год⁻¹ - 30% (у цьому випадку хмарності нижче 100 м не спостерігається). Для холодного фронту при $V = 10 \dots 30$ км·год⁻¹ імовірність хмар з висотою ≤ 200 м - 46%, при

$V = 30 \dots 50 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ - 38% і при $V \geq 50 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ ці хмари не спостерігаються. При переміщенні фронтів з районів з великим вологовмістом імовірність низьких хмар зростає. Вплив часу доби особливо позначається у випадку теплового фронту, проходження якого в нічні та ранкові години супроводжується звичайно ($\geq 50\%$ випадків) хмарністю з висотою $h \leq 100 \text{ м}$.

Існує також зв'язок висоти нижньої межі хмар з умовами видимості і вологості в приземному шарі. Зокрема, при $U > 90\%$ (або $T - T_d \leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$) і швидкості вітру менше $3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ відзначається наступний зв'язок висоти нижньої межі хмар з видимістю S і опадами: $h = 100 \dots 200 \text{ м}$, якщо $S > 4 \text{ км}$ - випадають опади і можливий серпанок; $h = 60 \dots 100 \text{ м}$, якщо $S = 1,5 \dots 4 \text{ км}$ - спостерігається серпанок і можливі опади; $h = 30 \dots 60 \text{ м}$, якщо $S < 1,5 \text{ км}$.

Прогноз часу появи низьких хмар вночі за методом Ю.Н. Волконського. Час появи низьких хмар або їх зниження до висоти менше 300 м за спостереженнями в момент заходу Сонця (t_0) і через 3 год:

$$\Delta t = a_1 (100 - f_0) + a_2 (f_3 - f_0) + a_3 \beta, \quad (3.2)$$

де $\Delta t = t - t_0$ - інтервал часу між заходом Сонця і появою низьких хмар (або їх зниженням);

f_0 і f_3 - відносна вологість повітря в момент часу t_0 і через 3 год;

β - кут між напрямком вітру в момент t_0 і переважним напрямком вітру при низькій хмарності;

a_1, a_2, a_3 - коефіцієнти, що підбираються емпірично.

Припинення зниження температури в ясну ніч або навіть її слабке підвищення вказують на конденсацію водяної пари, що почалася. Часто це є ознакою появи суцільної низької хмарності через $2 \dots 4$ год.

В синоптичних умовах, при яких очікується добре виражений перенос повітряних мас, для оцінки висоти нижньої межі хмар використовується метод О.І.Гоголевої (рис. 2.1), що відображає залежність висоти нижньої

межі хмар від різниці температури повітря в пункті прогнозу T і точки роси Td_a повітря, що надходить.

У тих випадках, коли повітряна маса, яка надходить, має більш високу точку роси, ніж температура повітря, відбувається збільшення відносної вологості і зниження висоти існуючої або виникнення нової низької шаруватоподібної хмарності. Навпаки, якщо точка роси нижча за температуру повітря в даному районі, треба очікувати зменшення відносної вологості і підвищення висоти нижньої межі хмар або її розсіювання. На рис. 2.1 на осі ординат відкладені значення температури (T) в пункті прогнозу, а на осі абсцис – точка роси на початку траєкторії, тобто Td_a для повітряної маси, що надійде до пункту прогнозу через 12 год. Похилі суцільні лінії обмежують області з різними висотами хмар.

Для прогнозу висоти нижньої межі хмар із завчасністю 8...10 год використовуються уточнені графіки за методом МГАМЦ (рис. 3.2).

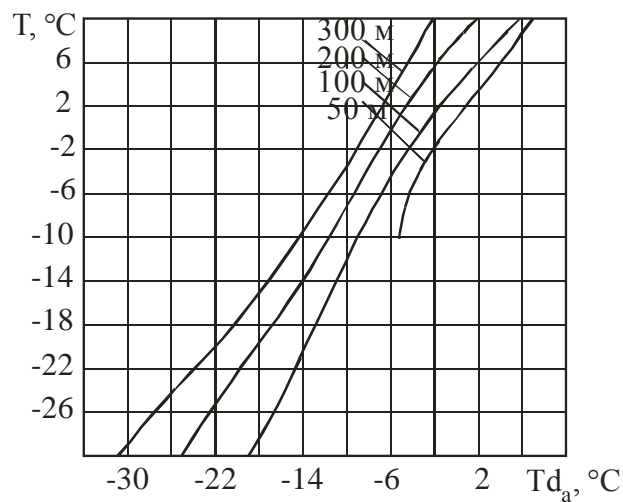


Рис. 3.2 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі хмар.

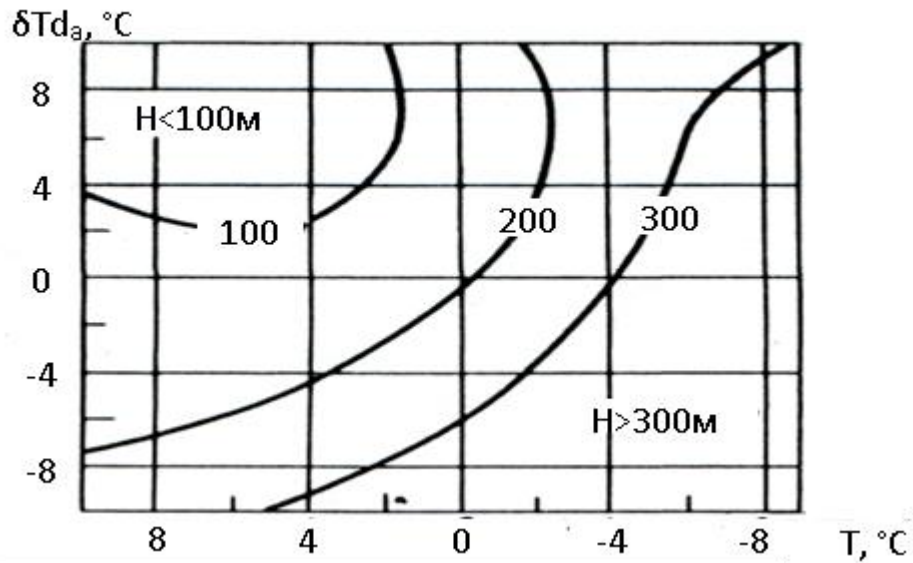


Рис. 3.2 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі хмар в залежності від зміни точки роси вздовж траєкторії переносу і прогностичної температури повітря.

На осях координат графіка відкладені очікувана температура повітря T в пункті прогнозу на час складання прогнозу висоти хмар і адвективна зміна точки роси вздовж траєкторії переносу

$$\Delta Td_a = Td_a - Td . \quad (3.3)$$

На рис. 2.3 наведена залежність висоти нижньої межі хмар від значення температури T_a і точки роси Td_a за холодний період року при добре вираженій адвекції тепла.

Графік 2.4 дає можливість прогнозувати висоту нижньої межі хмар із завчасністю до 12 год за даними про зміни температури повітря δT і точки роси δTd вздовж прогностичної траєкторії:

$$\delta T = T_a - T; \quad \delta Td = Td_a - Td, \quad (3.4)$$

де T_a , Td_a – значення температури і точки роси на початку траєкторії;
 T , Td – фактичні значення температури і точки роси в пункті прогнозу.

Для прогнозу нижньої межі хмарності за графіками необхідно заздалегідь, за допомогою основних або кільцевих карт погоди, визначити район, звідки буде надходити повітряна маса. Досить точно це можна зробити, якщо опиратися на аналіз карт АТ-850 або АТ-700, розглядаючи ізогіпси, як траєкторії повітряних часток. При використанні цих карт швидкість переносу рекомендується приймати рівною 0,7...0,8 від середньої швидкості, визначеної на цих рівнях. Якщо такі карти відсутні, то для розрахунку треба брати середнє значення швидкості геострофічного вітру біля поверхні землі.

Прогноз висоти нижньої межі хмар завчасністю 3...6 год за допомогою номограм І.В. Рубінштейна. В основі методу лежить статистичний зв'язок між висотою нижньої межі хмарності через 3...6 год від початкового строку і фактичною висотою нижньої межі хмарності, фактичною (V_0) або прогностичною ($V_{пр}$), якщо очікується істотна зміна, швидкістю вітру та прогностичною зміною дефіциту точки роси $\delta(T-T_d)$. Знайдена залежність зображена номограмою (рис.2.5). Вона застосовується тоді, коли використовуються вихідні дані за 06 год. Номограмою слід користуватися в тих випадках, коли вихідна висота хмарності H_0 не перевищує 200 м та для випадків, коли через район прогнозу не проходять атмосферні фронти. Якщо в вихідний момент в пункті прогнозу спостерігається туман, то величина H_0 приймається рівною 40 м.

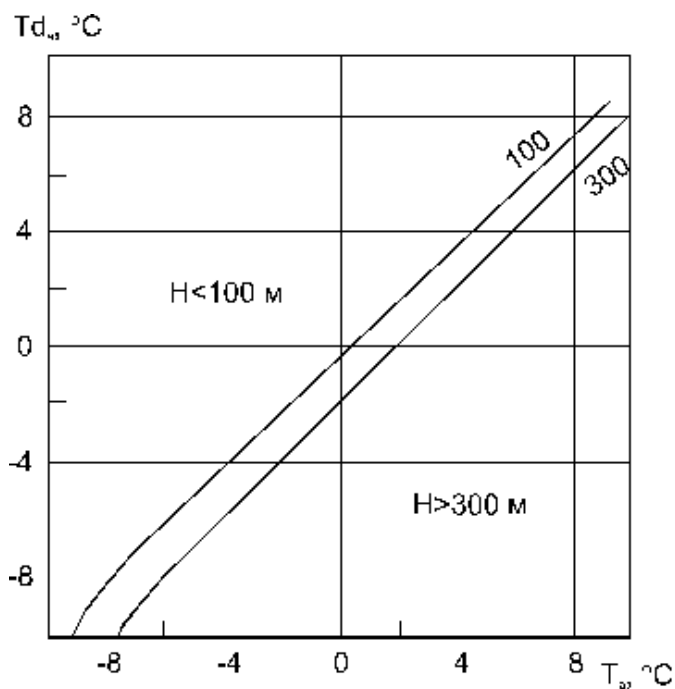


Рис. 3.3 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі хмар в залежності від температури і точки роси на початку траєкторії переносу.

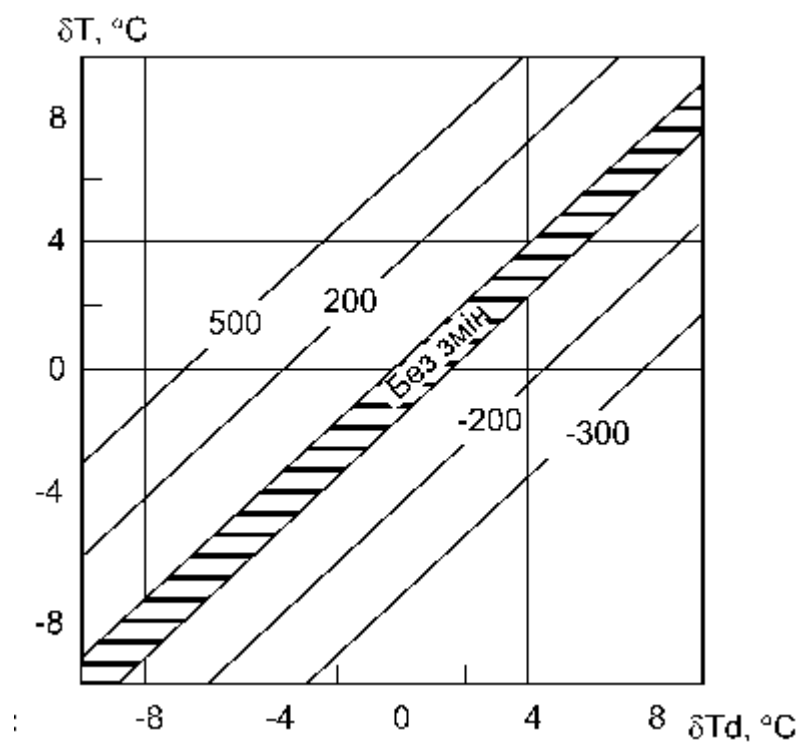


Рис. 3.4 – Графік для прогнозу зміни висоти нижньої межі хмар в залежності від зміни температури і точки роси вздовж траєкторії переносу.

Зміна дефіциту точки роси $\delta(T-T_d)$ визначається за синоптичною картою із врахуванням добового ходу. Зменшенню дефіциту точки роси відповідають від'ємні значення $\delta(T-T_d)$, збільшенню – додатні. Модуль величини $\delta(T-T_d)$ за 3...6 год при наявності низьких хмар в холодну половину року звичайно не перевищує 1 °С.

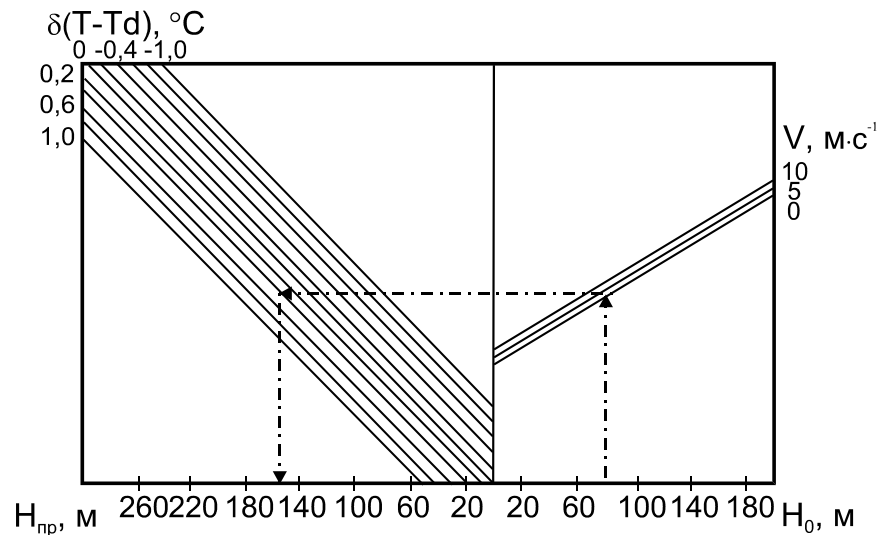


Рис. 3.5 – Номограма для прогнозу висоти нижньої межі хмар
М.В. Рубінштейна.

Прогноз висоти нижньої межі хмар із завчасністю до 12 год за методом К.Г. Абрамович. Для прогнозу висоти нижньої межі хмар автором отримані критичні значення адвективних змін температури повітря δT_a :

- якщо $|\delta T_a| > 6$ °С, то при адвекції тепла і висхідних рухах повітря слід очікувати зародження низької хмарності або її різке зниження, а при адвекції холоду і низхідних рухах – розсіювання хмарності;

- якщо $|\delta T_a| \geq 4$ °С, то при адвекції тепла буде відбуватися зниження вже існуючої хмарності, а при адвекції холоду – підвищення;

- якщо $|\delta T_a| < 4$ °С, то слід очікувати збереження висоти хмар, але при цьому слід брати до уваги адвективні зміни дефіциту точки роси.

Якщо $\delta(T - Td)_a > 0$ °С, то прогнозують підвищення хмарності, а при $\delta(T - Td)_a < 0$ °С, зниження.

Найбільш успішно прогноз виникнення або розсіювання низьких хмар може бути складений, коли в початковій точці дефіцит точки роси при адвекції тепла (перед появою хмар) < 2 °С, а при адвекції холоду (перед розсіюванням хмар) ≥ 1 °С.

Прогноз висоти нижньої межі хмар (H , м) за напівемпіричними залежностями:

$$\text{формула Іпполітова: } H = 24 (100 - R), \quad (3.5)$$

$$\text{формула Ферреля: } H = 122 (T - Td)_0, \quad (3.6)$$

$$\text{безіменна формула } H = 122 (T - Td)_0 - m, \quad (3.7)$$

де $(T - Td)$ – температура повітря і точки роси біля поверхні землі, °С;
 R – відносна вологість, %; m – коефіцієнт, що враховує наявність опадів ($m = 80; 50; 0$ – при мряці, інших видах опадів та їх відсутності, відповідно).

Формула для розрахунку верхньої межі шарувато-купчастих хмар:

$$(H_{\text{ВМ}})_{\text{Sc}} = 2(H_{\text{НМ}} + 100). \quad (3.8)$$

Для теплих фронтів:

$$H_{\text{ВМ}} = \frac{L}{100} + 1, \quad (3.9)$$

де L - ширина зони опадів на теплому фронті, км; $H_{\text{ВМ}}$ – висота верхньої межі хмар, км; $H_{\text{НМ}}$ – висота нижньої межі хмар, м.

Прогноз мінімальної висоти нижньої межі хмар ($H_{\text{мін}}$) на строк до 12 год можна виконати за графіком Є.І. Гоголевої, який показано на рис. 3.6, на якому по вертикальних осях відкладається адвективне підвищення температури повітря біля землі ($T'-T$) за строк прогнозу, похилі лінії враховують прогностичне значення швидкості вітру біля поверхні землі, а значення висоти нижньої межі хмар відраховуються по горизонтальній осі.

Для оцінки можливості виникнення хмарності висотою 300 м і нижче в зимовий період можна використовувати графік, представлений на рис. 3.7, де по горизонтальній осі відкладена фактична температура повітря біля

поверхні землі T , а по вертикальній – величина очікуваного потепління ΔT .
Лінія розмежовує площину графіка на дві зони: «хмари» і «без хмар».

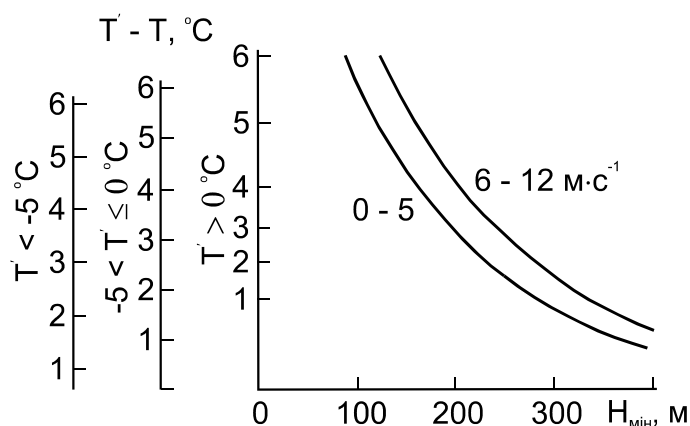


Рис. 3.6 – Графік для прогнозу мінімальної висоти нижньої межі хмар.

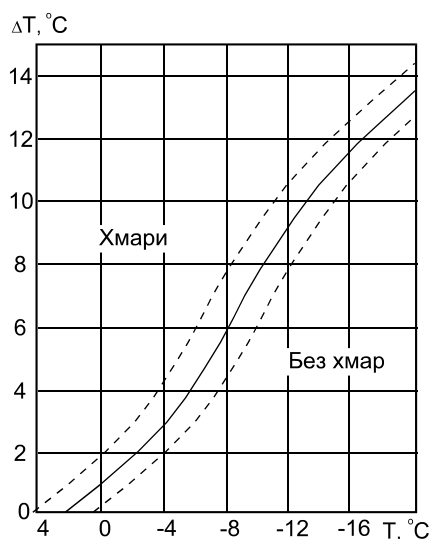


Рис. 3.7 – Прогноз хмарності висотою 300 м і нижче при адвекції тепла в зимовий період.

Прогноз низької хмарності висотою до 100 м, запропонований З.О. Спарішкіною, складається за значеннями температури T'_0 і точки роси Td'_0 на початку траєкторії переносу зображено на рис. 2.8. Оптимальна завчасність прогнозу при використанні даного методу 6...9 год.

Для визначення можливості переходу низької хмарності в туман в найближчі 6 год в зимовий період в Ашгабаті використовується графік (рис. 3.8), по горизонтальній осі якого відкладається значення баричної тенденції в Ашгабаті (Δp), а по вертикальній – різниця висот поверхні 850 гПа в Ашгабаті і Ташаузі за даними останнього зондування атмосфери (ΔH).

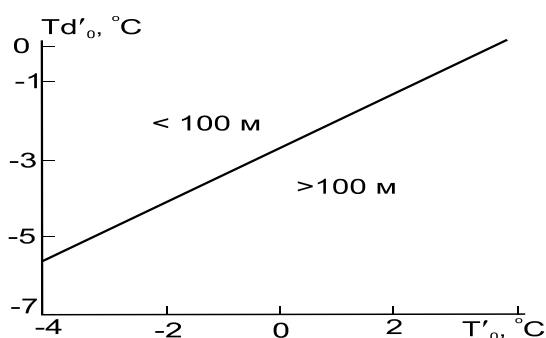


Рис. 3.8 – Прогноз хмарності висотою до 100 м за методом
З.О.Спарішкіної

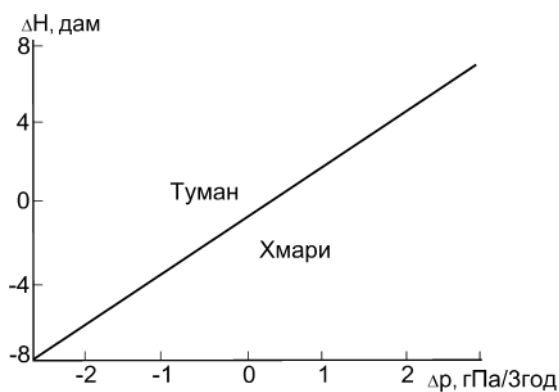


Рис. 3.9 – Графік для визначення можливості переходу низької
хмарності в туман.

Загальні закономірності, які слід враховувати при прогнозі хмарності.

Хмари будуть знижуватись, якщо:

- присутні висхідні рухи;

- здійснюється адвекція теплого повітря на холодну підстильну поверхню;

- відбувається збільшення вологості повітря;

- спостерігається падіння тиску;

- наближається атмосферний фронт до пункту прогнозу.

Хмари будуть підвищуватись, якщо:

- розвиваються низхідні рухи повітря;

- спостерігається сильний вітер біля поверхні землі;

- здійснюється адвекція холоду в нижньому шарі атмосфери;

- відмічається зростання тиску;

- відбувається віддалення (розмивання) атмосферних фронтів.

3.3 Оцінка складності погодних умов на аеродромі Олександрія

Для аналізу погоди за багаторічними даними на аеродром Олександрія розраховані ступені складності умов погоди в залежності від висоти нижньої межі хмар та значень видимості, що вказані в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Сполучення значень метеорологічних елементів, які визначають різні ступені складності погоди

Ступінь складності погоди	Видимість, V, км	Висота нижньої межі хмар, кількість яких перевищує 5 балів
		> 50
XII		50 > 100
XI	> 200	100 > 150
X	200 > 400	150 > 200
IX	400 > 800	200 > 300
VII	600 > 1,0	250 > 350
VI	1,0 > 2,0	300 > 400
V	2,0 > 3,0	400 > 600
IV	3,0 > 4,0	500 > 800
III	4,0 > 6,0	600 > 1000
II	6,0 > 10	1000 і більше (або
I	10 і більше	будь-яка висота при кількості хмар 5 балів і менше) або без хмар

Повторюваність умов погоди різного ступеню складності виражається середнім числом днів. Її обчислення вироблялося окремо для кожного місяця. Отримані результати наведені у вигляді таблиць(табл.3.3) та графіків.

Таблиця 3.3 - Середнє число днів з різними градаціями висоти хмар у різні часи спостереження

Місяць	Н, м	Строк спостереження							
		00	03	06	09	12	15	18	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Січень	100	4.7	4.0	6.2	5.6	4.8	4.7	3.8	4.5
	200	10.1	10.0	12.9	11.6	10.3	8.8	8.3	9.1
	300	13.9	13.3	15.3	15.1	13.1	11.7	11.7	12.1
Лютий	100	4.1	4.3	4.6	5.7	3.8	3.2	3.9	4.2
	200	7.8	9.2	9.6	10.9	8.2	6.9	7.1	7.5
	300	9.9	11.2	11.5	13.0	11.2	9.3	9.8	10.2
Березень	100	3.9	4.8	4.3	5.8	4.5	2.7	2.5	2.9
	200	7.1	8.2	8.6	10.1	8.6	6.3	6.4	6.7
	300	9.5	10.2	10.7	12.1	11.1	9.3	8.4	9.9
Квітень	100	0.5	0.9	2.2	2.4	0.9	0.4	0.6	0.8
	200	2.6	3.5	4.6	5.4	3.5	2.8	1.4	2.3
	300	3.9	4.8	5.9	6.8	5.0	3.6	2.9	3.5
Травень	100	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	200	0.3	0.4	0.8	1.4	0.5	0.5	0.3	0.2
	300	0.7	0.6	1.5	2.0	1.2	0.8	0.7	0.8
Червень	100	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	200	0.1	0.2	0.9	1.2	0.4	0.1	0.1	0.3
	300	0.4	0.8	1.8	2.1	1.3	0.7	0.5	0.7
Липень	100	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	200	0.2	0.3	1.1	1.4	0.2	0.0	0.0	0.4
	300	0.8	0.7	1.7	2.6	0.8	0.4	0.8	0.7
Серпень	100	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	200	0.1	0.3	0.4	0.7	0.1	0.0	0.0	0.1
	300	0.4	0.5	0.7	1.8	0.6	0.5	0.2	0.2
Вересень	100	0.1	0.6	1.7	1.2	0.2	0.0	0.1	0.2
	200	0.8	1.1	2.8	3.2	1.0	0.5	0.5	0.7
	300	1.3	1.7	3.7	5.2	2.7	1.1	1.1	1.7
Жовтень	100	0.9	1.6	3.3	3.2	1.3	0.3	0.1	0.3
	200	2.1	2.2	4.3	5.3	3.4	1.5	1.0	2.1
	300	3.5	3.9	6.6	7.5	5.6	3.3	2.9	3.4

Продовження таблиці 3.3.

Листопад	100	2.9	3.6	4.2	4.7	3.9	3.1	2.3	3.0
	200	9.0	9.4	9.1	10.2	8.5	7.4	7.2	8.5
	300	12.3	12.4	12.0	12.8	12.5	10.2	11.1	11.7
Грудень	100	5.3	5.8	5.6	6.8	6.3	5.5	4.4	4.9
	200	11.6	12.0	11.7	12.9	11.9	10.3	10.6	10.6
	300	15.2	15.8	16.0	16.9	15.6	14.4	14.7	14.7

Як видно з даної таблиці то у різні місяці та строки нагляду за хмарність висота хмар збільшується та зменшується. Видно, що в зимовий період висота хмар дуже низька бо в цей період супроводжуються хмари з різними видами опадів. А більше в теплий період, висота хмар збільшується, бо зменшується число опадів.

Складні метеорологічні умови для зльоту та посадки вертольотів в районі аеродрому чаше всього спостерігаються з листопада по березень з максимумом в грудні-січні, коли їх повторність складає 12 – 13 днів за місяць. Найбільш рідко такі умови погоди спостерігаються з квітня по вересень з мінімумом в серпні (один день) В добовому ході в любому із місяців складні метеорологічні умови частіше всього спостерігається з 6 по 9 годину.

Ми можемо розглянути для даного аеродрому Олександрія річний хід повторюваності нижньої межі хмар на рис.3.10.

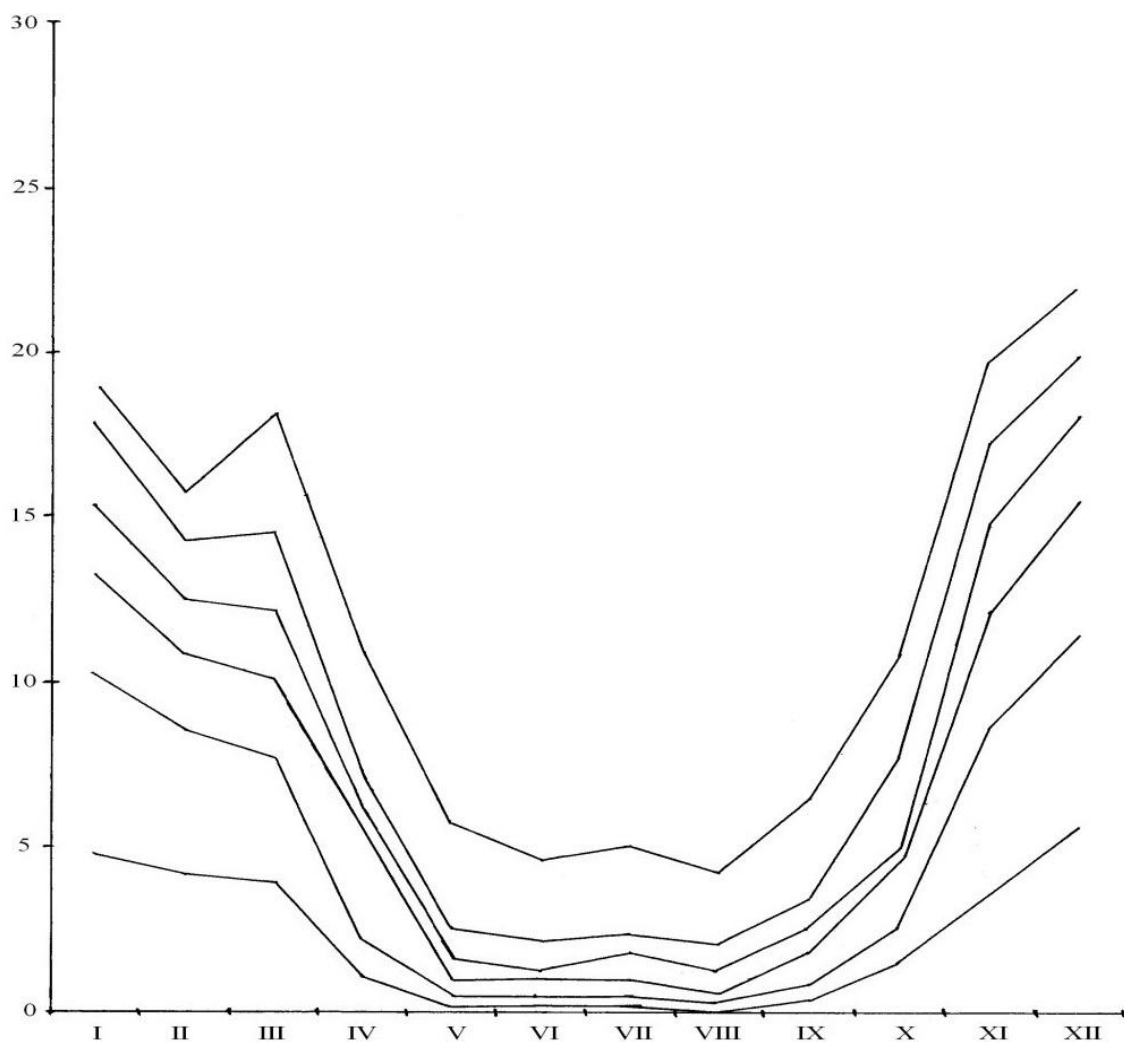


Рис.3.10 – Річний хід повторюваності висоти нижньої межі хмар

Як видно з таблиці 3.4, що у певний період пори року переважає низька хмарність. Так як часто на аеродромі Олександрія низька хмарність то оцінка складності погодних умов є великою.

По району базування, в середньому за рік, спостерігається 145 днів з хмарністю, коли НМХ менше 1000 м та 50 днів з хмарністю, коли НМХ менше 200 м.

Таблиця 3.4 – Повторюваність (%) висоти НМХ менше 1000 м.

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Повтор	63,3	53,3	60,0	36,6	20,5	15,0	15,5	14,5	21,7	37,0	65,0	73,3

По даним таблиці слідує, що максимум днів з НМХ менше 1000 м приходить на листопад-березень.

Повторюваність НМХ менше 1000 м за своїм походженням суттєво змінюється в залежності від пори року. Так, якщо в теплий період року на долю НМХ менше 1000 м приходить близько 34 %, то в холодний період їх фіксується 66 %.

Повторюваність НМХ менше 200 м за своїм походженням суттєво змінюється в залежності від пори року, дані представлені в табл. 3.5. Так, якщо в теплий період року на долю НМХ менше 200 м приходить близько 15 %, то в холодний період їх фіксується 85 %.

Таблиця 3.5 – Повторюваність (%) висоти НМХ менше 200 м

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Повтор.%	36,0	28,0	25,3	7,8	1,8	1,9	1,9	0,8	1,8	8,3	11,7	40,0

По даним таблиці слідує, що максимум днів з НМХ менше 200 м приходить на грудень – березень.

3.4 Добовий та річний хід хмарності та висоти нижньої межі хмар

Низькі хмари – метеорологічний елемент, який впливає на політ літаків, особливо взліт, посадку, пілотування на малих висотах. Крім того, хмарність є суттєвою характеристикою навколишнього середовища. В хмарах нерідко утворюються умови, які серйозно ускладнюють польоти (наприклад: обледеніння, інтенсивна турбулентність, електричні разряди, гроза тощо).

Визначення висоти низьких хмар зв'язано з великими труднощами, так як нижня їх межа не є різко окресленою поверхністю, а являє собою деякий шар поступового ущільнення по висоті хмари та погіршення видимості,

аналогічно від переходу серпанку к туману. Цей шар безперестанно коливається за рахунок нерівномірного процесу утворення та руйнування хмар навіть на протязі коротких проміжків часу.

Оскільки нижня межа хмар (НМХ) безперервно змінюється та уявляє собою постійно коливається хвильоподібну поверхню з амплітудою коливання до 50-100 м в годину, точне визначення висоти НМХ неможливе.

В данній роботі використанні значення висоти НМХ, отриманні за допомогою імпульсно-світлового вимірювача висоти нижньої межі хмар ИВО-1 М.

Так як точність визначення НМХ невелика, то повторюваність градації висоти хмар відображає повторюваність певного рівня, біля якого коливається нижня межа хмар.

Хмарністю називають ступінь вкриття неба хмарами. Оцінюється балами від 0 до 10.

Як видно в таблицях та на графіках представлений добовий хід повторюваності висоти нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі місяців та за 2011-2016 роки. Повторюваність в процентах розрахована від загального числа спостережень [15].

Добовий хід хмар не завжди проявляється. Так, хмари на атмосферних фронтах утворюються незалежно від часу доби. Інші форми хмар мають різний добовий хід. Конвективні хмари, тобто купчасті та купчасто-дошові, виникають в середині дня і до кінця дня їх кількість зменшується, вночі вони зникають повністю. Шаруваті та шарувато-купчасті хмари виникають у зв'язку з вихолоджуванням земної поверхні, тому найбільше їх буває в кінці ночі та вранці. Проте вранці у зв'язку з нагріванням відбувається збільшення дефіциту точки роси і нестійкості. Обидва фактори ведуть до розмивання нижньої межі хмар, тобто нижня межа хмарності піднімається.

У зв'язку з цим влітку над суходолом у помірних широтах протягом доби виділяється два максимуми: один вранці, а другий головний максимум у післяполуденні години. Взимку конвекції немає, тому спостерігається лише

вранішній максимум. Також добовий хід хмарності в холодний період року виражений слабо. Найменша амплітуда добового ходу спостерігається теж взимку.

Найбільш чітко виражений добовий хід кучових хмар. Їх найбільша повторюваність припадає на післяполудневі години. В нічний час вони відсутні.

Повторюваність похмурого (8-10 балів) та ясного (0-3 бали) неба мають добре виражений річний хід.

Найбільша повторюваність ясного неба спостерігається з червня по вересень. Її значення змінюються в межах 44-53%, з максимумом в серпні. Найменша повторюваність ясного неба взимку, а її максимум припадає на січень та складає 15%. В середньому за рік ясне небо спостерігається у 35,8%.

Річний хід кількості похмурих днів протилежний річному ходу ясних днів. Найбільша повторюваність похмурого неба спостерігається з листопада по лютий. Її значення змінюються в межах 62-76% спостережень, з максимумом в січні. Найменша повторюваність похмурого неба влітку, а її максимум припадає на липень та складає 20,1% спостережень. В середньому за рік похмуре небо спостерігається у 43,2% спостережень.

Повторюваність різних градацій висоти нижньої межі хмар має добре виражений річний хід.

З таблиць видно, що максимумами повторюваності низької хмарності менше 100 м також припадає на січень, що складає 25,5% спостережень, а також грудень (21,6%) та лютий (20,5%). Максимальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої межі хмар нижче 200 м, припадає на січень, що складає 53,3% спостережень, а також грудень (43,6%) та лютий (39,2%). Максимальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої межі хмар нижче 300 м, припадає на січень, що складає 68,2% спостережень, а також грудень (56,9%) та лютий (53,7%). Максимальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої

межі хмар вище 300 м, відмічається з квітня до вересня. А максимум припадає на липень (98,2% спостережень), а також серпень (94,8%) та травень (93,4%). А максимум хмарності вище 1000 м спостерігається з травня до серпня, з максимумом у липні (76,2%) [16].

Мінімуми повторюваності низької хмарності менше 100 м спостерігається з травня по серпень, що складає від 0,2 до 0,4 % від всіх спостережень. Мінімальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої межі хмар менше 200 м, приходить на липень та складає 1%. А мінімальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої межі хмар менше 300 м, приходить на липень та складає 1,9%.

В середньому за рік відмічається 122,7 випадків з висотою нижньої межі хмар менше 300 м, що відповідає 34% від загальної кількості спостережень, 85,4 випадків (23,7%) з висотою хмар менше 200 м та 35,9 випадків (10%) з висотою хмар менше 100 м. Найбільш часто хмарність з висотою нижньої межі хмар менше 300 м відмічається у лютому, що складає в середньому 380,8 випадків, а також з висотою нижньої межі хмар менше 200 м (298 випадків) та менше 100 м (143,4 випадків). Мінімальне число висоти нижньої межі хмар менше 300 м відмічається у липні та складає в середньому 5,6 випадків, а також з висотою нижньої межі хмар менше 200 м (2,8 випадків) та менше 100 м (0,8 випадків).

З вищесказаного виходить, що несприятливими місяцями для польотів повітряних суден по висоті хмар є грудень, січень та лютий [15].

Холодний період

До холодного періоду відносимо місяці з грудня по лютий, так як, їм характерні загальні закономірності добового ходу нижньої межі хмар.

Максимальна повторюваність градацій висоти хмарності менше 100 м спостерігається в період з 04.00 до 11.00, що пояснюється найбільшим радіаційним охолодженням приземного шару повітря в ранкові години.

Другий максимум повторюваності відмічається в вечірні години після заходу сонця, так як в цей час послаблення турбулентних процесів сприяє

накопиченню вологи біля землі та утворенню низької хмарності. В наступні дві години повторюваність зменшується й з 01.00 починається рівномірний зріст. Хмарність з нижньої межі хмар менше 100 м найбільш рідко зустрічається в години максимального денного прогрівання з 13.00 до 16.00.

Таким чином, в холодний період року ранкові часи (04.00-11.00) самі несприятливі для безпечних польотів по висоті хмар.

Теплий період

До теплого періоду відносимо місяці з квітня по вересень, так як, їм характерні загальні закономірності добового ходу нижньої межі хмар.

Максимум повторюваності низької хмарності менше 100 м приходить на період з 03.00 до 07.00.

Максимальна повторюваність градацій висоти хмарності менше 200 м відмічається в період з 04.00 до 12.00.

Найменша повторюваність низької хмарності відмічається в період з 12.00 до 04.00. Дуже рідко висота нижньої межі хмар менше 50 м спостерігається (з 04.00 до 09.00).

Хмарність вище 1000 м спостерігається частіше всього з 11.00 до 20.00.

На відміну від холодного періоду, з травня по вересень різко вираженого другого (вечірнього) максимуму не спостерігається.

Хоча на прикладі квітня легко прослідкувати, як перехідний місяць з'єднує в собі риси холодного й теплого періодів. Найбільше годин хмарність з нижньою межею менше 100 м спостерігається в момент, близький до сходу сонця, що характерно для холодного періоду, і в той же час хмарність з більш високою нижньою межею відмічається зазвичай через 2,5-3,0 години після сходу сонця. Це вже закономірність теплого періоду.

Перехідні місяці

Перехідні місяці (березень, жовтень, листопад) характеризуються поступовим перестроєнням синоптичних процесів, що проходять в атмосфері. Їм характерні власні закономірності добового ходу елементів погоди. Тому об'єднання їх з будь яким сезоном дає більшу похибку, й

результати не відображають дійсної середньо-статистичної зміни метеоелементів на протязі доби. Частково до холодного періоду можна віднести листопад та березень. Тому, що, добовий хід нижньої межі хмар дуже схожий з зимовими місяцями. Це пояснюється початком випадання снігу у другій половині листопада, й тим, що у березні ґрунт ще дуже холодний.

Жовтень, як перехідний місяць з'єднує в собі риси холодного й теплого періодів.

Формування та еволюція хмарності відбувається під впливом багатьох факторів тепло- та вологообміну у атмосфері. Однією з основних причин утворення низьких хмар є охолодження вологого повітря, яке визване як адиабатичним розширенням повітря при його підйомі, так і при радіаційному вихолоджуванні. Ці фактори в залежності від умов сезону року та синоптичної ситуації діють не однаково [1].

Суттєву роль в утворенні низьких шаруватоподібних хмар може відігравати перенесення вологи зверху вниз, що можливо у тих випадках, коли інверсія температури супроводжується зростанням питомої вологи з висотою.

Внутрішньо масова низька хмарність спостерігається в теплих секторах циклонів та гребнях антициклонів. У тих випадках, коли на вісі гребеня антициклону відмічаються радіаційні тумани, та гребень зміщується до сходу, то з приближенням ложбини з заходу відбувається поворот вітру з північно-західного на південно-західний (південний), який обумовлює винос при піднятого туману в район міста. Значну різницю між процесами, що приводять до утворення низької хмарності, та процесами, що сприяють утворенню туману, не існує. В основному відмінність полягає у величині вертикальних градієнтів температури та швидкості вітру в під інверсійному шарі, тобто в інтенсивності турбулентного обміну.

Умови, при яких основне значення в формуванні хмар набуває турбулентне перенесення вологи від підстильної поверхні, утворюються в

основному в передній частині антициклонів, що розвиваються та малорухомих антициклонах. Появленню хмарності сприяє:

- великий вологовміст повітря в приземному шарі, показником якого може бути високе значення відносної вологості у поверхні землі (від 85% й більше);

- адвентивний турбулентний обмін, який в передніх частинах антициклонів, що розвиваються існує майже завжди, а в малорухомих антициклонах спостерігається при вертикальних градієнтах температури в нижньому шарі від 0,5 градуса на сто метрів та більше;

- наявність інверсії осідання, розташованої вище рівня конденсації.

При адвекції тепла та вологи в тилкових частинах антициклонів, в передніх частинах або в теплих секторах циклонів появи низьких хмар сприяє трансформаційне охолодження повітря в граничному шарі атмосфери.

Утворення низької внутрішньо масової неконвективної хмарності може відбуватися з двох причин: при надходженні водяної пари в нижні шари атмосфери від підстильної поверхні та при адвекції теплого вологого повітря на холодну підстильну поверхню.

Розглянемо перший випадок, тобто з випаровуванням. Два випадки: антициклон, що розвивається, і малорухомих стаціонарний антициклон. В антициклонні, що розвивається, турбулентність завжди добре виражена і достатня для переносу вологи, що випаровується, до рівня конденсації, тобто для утворення хмарності.

У малорухомому антициклонні градієнт температури повинен бути достатньо великим, тобто $\gamma > 0,5^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$ у приземному шарі. Над шаром турбулентності звичайно повинне спостерігатися інверсійне осідання (криві температури (T) та точки роси (Td) над верхньою межею інверсії розходяться). Сприятливою умовою для утворення низької хмарності є наявність високої вологості біля поверхні землі ($U > 85\%$).

За умови, що хмари вже існують, спостерігається закономірність: якщо інверсія знижується, то верхня межа хмар може виявитися нижче рівня

конденсації і, отже, відбувається розмивання верхньої частини хмарності або повне її розмиття (якщо вона знаходиться набагато нижче рівня конденсації).

Корисно враховувати, що товщина шару шаруватих та шарувато-купчастих хмар складає приблизно 500 м.

Вказівки на можливість розвитку хмарності нижнього ярусу дають наступні фактори:

1) великий вологовміст у приземному шарі ($U \geq 85\%$);
 2) активний турбулентний обмін (при $\gamma \geq 0,5^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ в антициклонічних полях);

3) наявність інверсійних шарів. При перерахованих факторах хмарність нижнього ярусу може виникати задовго до наближення фронту до пункту прогнозу. Додатково необхідно врахувати адвекцію температури (Т) та точки роси (Td), знак і величину вертикальних рухів, трансформацію полів температури і вологості (у тому числі за рахунок місцевих умов і добового ходу).[2]

3.5 Аналіз утворення хмарності

Як видно з даних таблиць та графіків в додатках Б та В, що коли нижня границя хмар стає не допустимою для польотів на даному аеродромі, то затрати по паливі дуже високі, також дуже великі навантаження можуть бути на техніку. Якщо на даному аеродромі встановлений мінімум по погодним умовам становиться нижче зазначеного, то командир екіпажу приймає рішення на переліт на другий аеродром, а це витрата палива знос авіаційної техніки, а також плата за перебування техніки на другому аеродромі.

У таблиці 3.6 представлені кліматичні умови аеродрому Олександрія.

Таблиця 3.6 – Кліматичні умови району аеродрому Олександрія

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПМУ	11	12	14	22	29	28	29	30	26	20	8	8
СМУ	14	11	13	7	2	2	2	1	4	9	18	16
Менше мінімуму	6	5	4	1	-	-	-	-	-	2	4	7
Опади	26,8	17,2	16,4	15,6	12,0	13,2	10,8	11,2	7,0	12,4	14,8	22,6
Гроза	-	-	0,2	1,4	8,0	7,0	6,8	4,4	1,8	0,2	-	-
Туман	12,2	7,2	3,2	1,8	0,8	0,4	0,4	0,4	2,0	4,8	7,2	9,4

Розглянемо різні синоптичні ситуації, які спостерігалися по території аеродрому Олександрія.

10 грудня 2014 року погода на території аеродрому Олександрія обумовлювалась улоговиною циклону, центр якого находився над Сицилією. В цей день низька хмарність спостерігалася на протязі всього дня, а також спостерігався туман в другу половину дня.

11 грудня 2014 року погода на території аеродрому Олександрія обумовлювалась центром циклону з проходженням фронту оклюзії. На аеродромі Олександрія спостерігалися тумани, а також опади у вигляді дощу та мряки. В цей день була низька хмарність висотою 50-100 метрів.

24 січня 2015 року погода на території аеродрому Олександрія обумовилась теплим сектором циклону с центром над півднем Італії. На аеродромі Олександрія спостерігалась хмарність досить низька 50-100 метри, а також спостерігались тумани.

25 січня 2015 року погода на території аеродрому Олександрія обумовлювалась північно-східною переферією антициклону. На аеродромі Олександрія спостерігалась низька хмарність висотою 100-150 метри, а також густі димки та опади у вигляді снігу, мокрого снігу, а також ожеледиці.

ВИСНОВКИ

Підводячи підсумок вище викладеного аналізу, можна зробити наступні висновки

1. По району аеродрому Олександрія, в середньому за рік, спостерігається 145 днів з хмарністю, коли НМХ менше 1000 м та 50 днів з хмарністю, коли НМХ менше 200 м.

2. Максимум днів з НМХ менше 1000 м приходить на листопад-березень. Повторюваність НМХ менше 1000 м за своїм походженням суттєво змінюється в залежності від пори року. Так, якщо в теплий період року на долю НМХ менше 1000 м приходить близько 34 %, то в холодний період їх фіксується 66 %.

3. Повторюваність НМХ менше 200 м за своїм походженням суттєво змінюється в залежності від пори року. Так, якщо в теплий період року на долю НМХ менше 200 м приходить близько 15 %, то в холодний період їх фіксується 85 %.

4. Мінімуми повторюваності низької хмарності менше 100 м спостерігається з травня по серпень, що складає від 0,2 до 0,4 % від всіх спостережень. Мінімальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої межі хмар менше 200 м, приходить на липень та складає 1%. А мінімальна кількість спостережень, при яких відмічається висота нижньої межі хмар менше 300 м, приходить на липень та складає 1,9%.

5. В теплий період найменша повторюваність низької хмарності відмічається в період з 12.00 до 04.00. Дуже рідко висота нижньої межі хмар менше 50 м спостерігається (з 04.00 до 09.00).

6. В холодний період максимальна повторюваність градацій висоти хмарності менше 100 м спостерігається в період з 04.00 до 11.00, що пояснюється найбільшим радіаційним охолодженням приземного шару повітря в ранкові години.

На підставі таких досліджень розроблені настанови й атласи фотографій хмар, що допомагають метеорологам при їх упорядкуванні для прогнозу погоди.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенова І. Г. Регіональна синоптика (конспект лекцій) – Одеса, ОДЕКУ, 2002. – 62 с.
2. <http://ru.osvita.ua/vnz/reports/geograf/25998/> (дата звернення: 17.04.2017)
3. Кошеленко І.В. Тумани//Труди УкрНИГМИ. – 1977. – Вып.155. – С.211-215.
4. Бабіченко В.М., Дячук В.А. (ред). Клімат України. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
5. Правила метеорологічного забезпечення польотів державної авіації України, введені наказом Міністерства оборони України 29 вересня 2015 року №516, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 жовтня 2015 року за №1264/27709
6. Богаткин А.Г. – Авиационные прогнозы погоды. Учебное пособие (2-е изд.). – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 288 с.
7. Воробьев В.И. – Синоптическая метеорология. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
8. Практикум з синоптичної метеорології / Під ред. Г.П. Івус, С.М. Іванової. – Одеса Екологія. 2004. – 412 с.
9. Івус Г.П., Боровська Г.О. Практикум з авіаційної метеорології: Навчальний посібник. – Одеса: Вид-во «Екологія», 2006. – 217 с.
10. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. (2-е изд.). – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 711 с.
11. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 421с.
12. Прогноз опасных явлений погоды. Методические рекомендации. – Москва: Гидрометеиздат, 1988. – 75 с.
13. Методические указания. Анализ причин ошибочных краткосрочных прогнозов погоды и предупреждений об опасных и особо опасных метеорологических явлениях – Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 46 с.
14. Авіаційно-кліматичний опис аеродрому «Олександрія».
15. Щоденники погоди АВ-6 по аеродрому «Олександрія» з 2006 по 2016 рр.
16. <http://www2.wetter3.de/fax/> (дата звернення: 10.04.2017)

ДОДАТОК А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології

студента VI курсу Сокур О.О..

до дипломного проекту на тему

« Особливості режису хмарності в районі аеродрому Олександрія»

Дипломний проект виконується на кафедрі метеорології та кліматології ОДЕКУ для використання в навчальному процесі з метою вдосконалення метеорологічного обслуговування авіації.

Керівник дипломного проекту

к.геогр.н., доц.

Волошина О.В.

ДОДАТОК Б

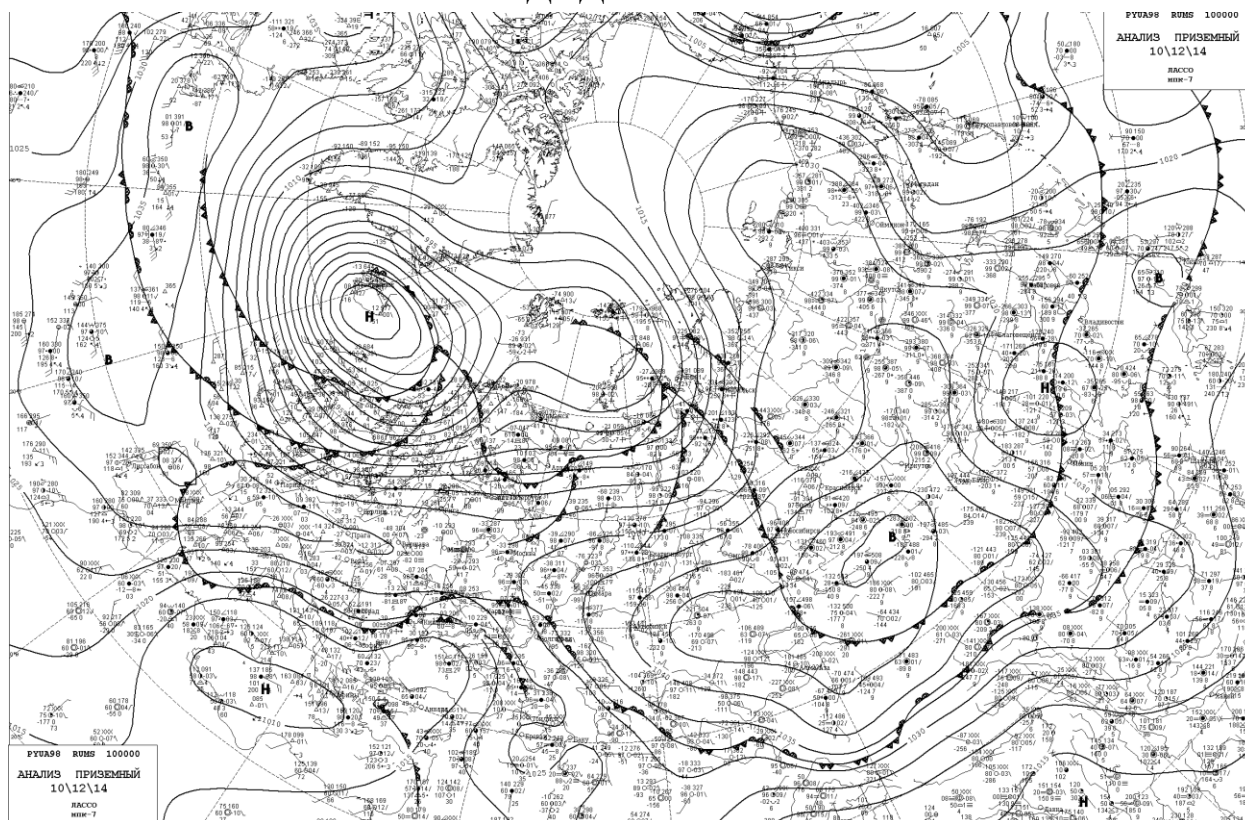


Рисунок 1- приземний аналіз 10 грудня 2014 року

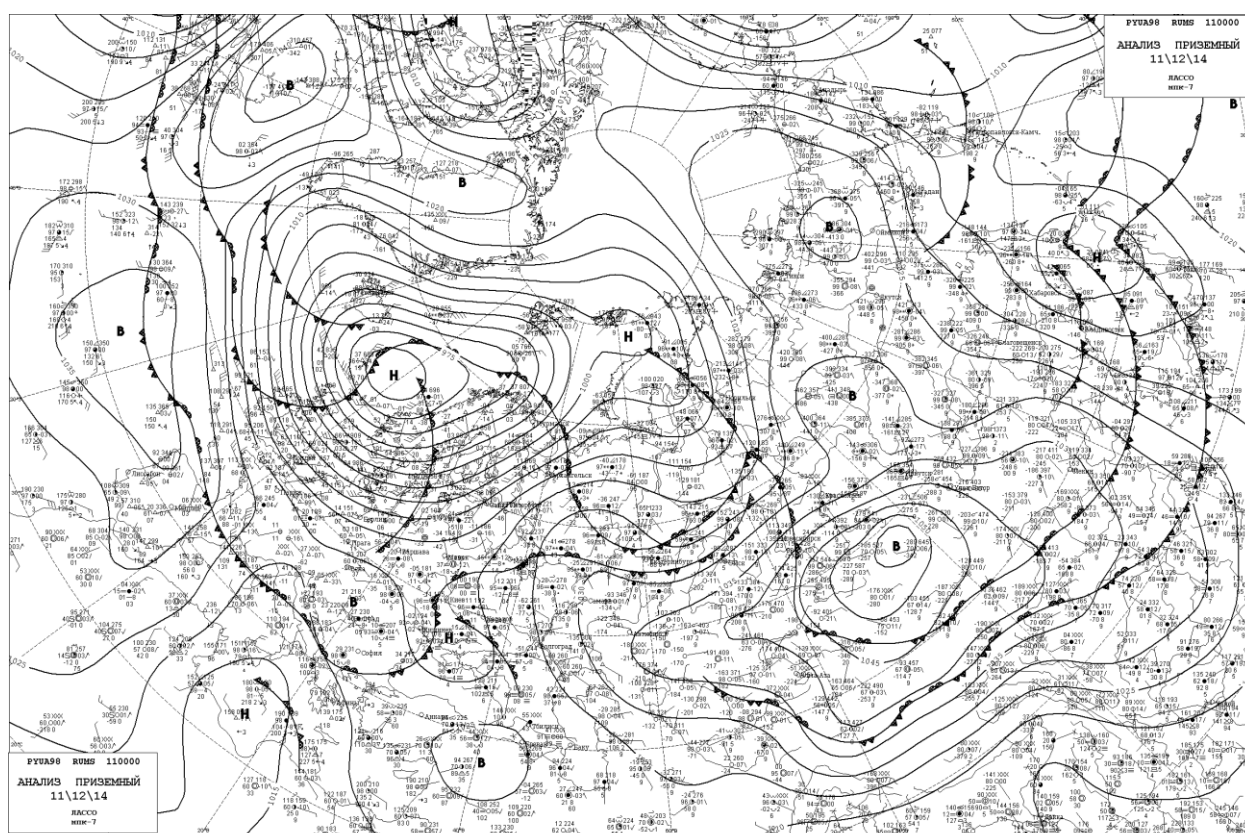


Рисунок 2- приземний аналіз 11 грудня 2014 року

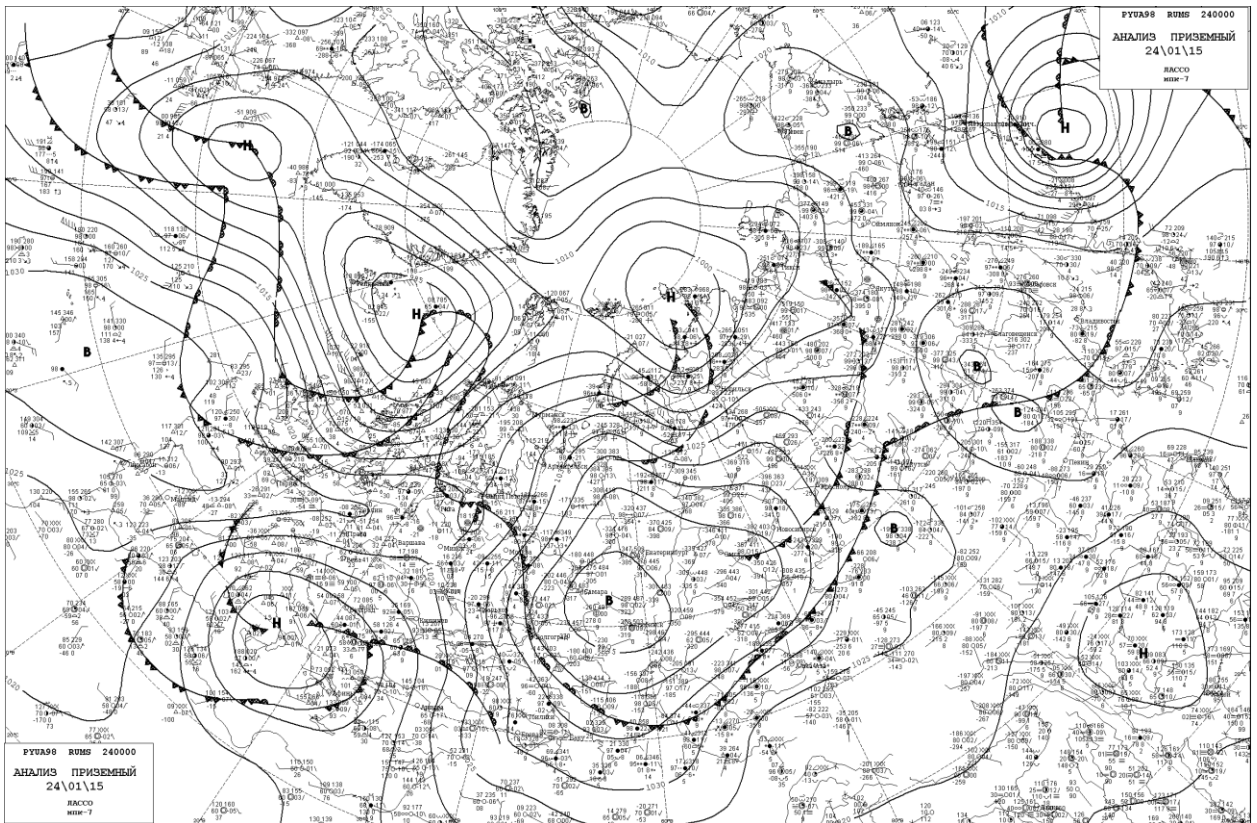


Рисунок 3- приземний аналіз 24 січня 2015 року

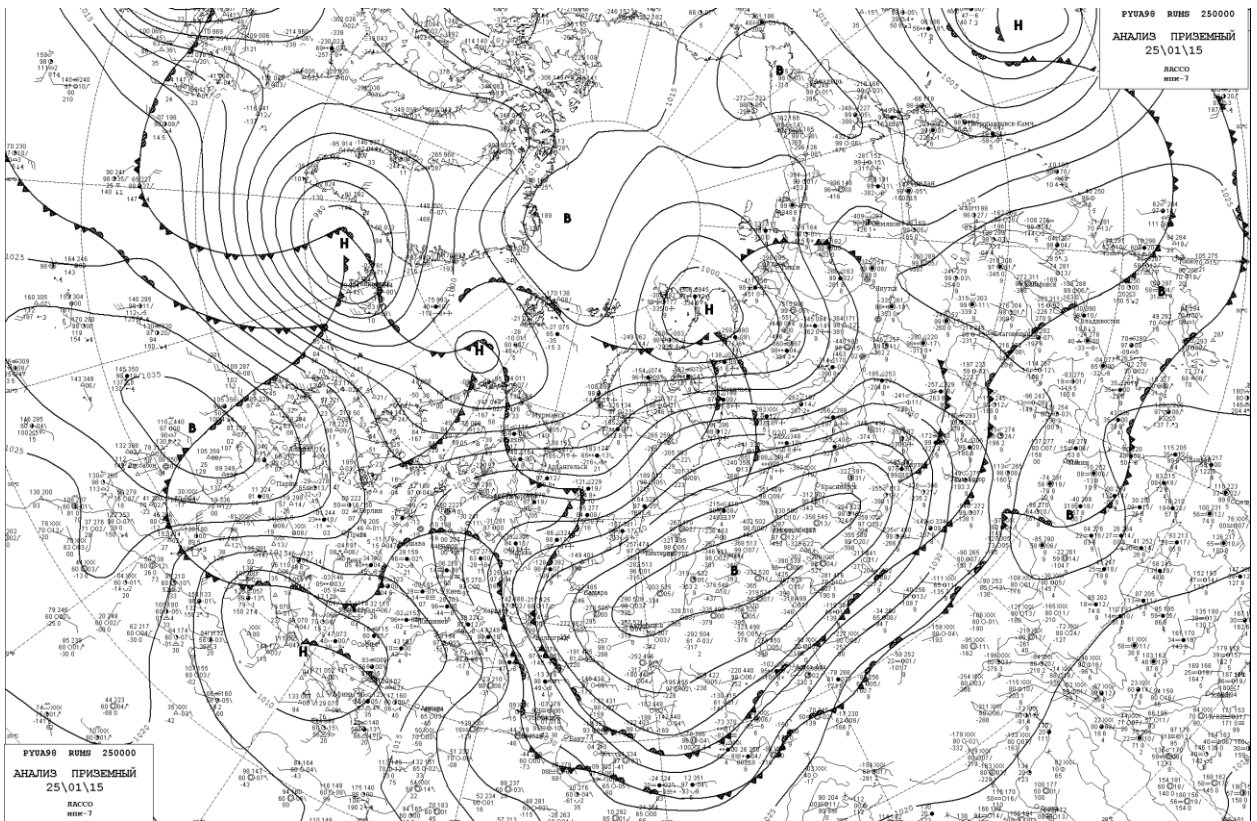


Рисунок 4- приземний аналіз 25 січня 2015 року

ДОДАТОК В

Таблиця 1. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі січня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	118	52	541	9	111	183	43	35	54	23	17
2012	165	100	507	59	28	189	78	36	16	77	27
2013	24	28	711	85	71	174	184	64	36	50	22
2014	161	77	557	16	77	107	72	69	52	113	7
2015	99	70	560	78	173	120	37	41	24	83	39
Всього	567	327	2876	247	460	773	414	245	182	346	112
Середнє	113,4	65,4	575,2	49,4	92,0	154,6	82,8	49,0	36,4	69,2	22,4
%	15,0	8,7	76,3	8,9	16,6	27,8	14,9	8,8	6,5	12,5	4,0

Таблиця 2. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі лютого

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	150	136	470	0	12	43	54	41	59	151	3
2012	312	73	324	5	9	49	67	24	24	96	10
2013	135	75	494	67	29	105	62	44	49	85	23
2014	128	73	482	58	119	70	26	42	20	55	6
2015	122	136	431	19	67	84	62	31	31	56	18
Всього	847	493	2201	149	236	351	271	182	183	443	60
Середнє	169,4	98,6	440,2	29,8	47,2	70,2	54,2	36,4	36,6	88,6	12,0
%	23,9	13,9	62,2	7,9	12,6	18,7	14,5	9,7	9,8	23,6	3,2

Таблиця 3. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі березня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	316	151	301	11	3	14	8	11	8	166	70
2012	315	169	313	0	3	24	27	16	23	264	40
2013	134	146	526	5	38	90	50	53	41	158	39
2014	362	195	261	25	24	51	29	21	18	49	73
2015	262	88	394	4	18	106	71	25	29	61	38
Всього	1389	749	1795	45	86	285	185	126	119	698	260
Середнє	277,8	149,8	359	9,0	17,2	57,0	37,0	25,2	23,8	139,6	52,0
%	35,3	19,0	45,6	2,5	4,8	15,8	10,3	7,0	6,6	38,7	14,4

Таблиця 4. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі квітня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	273	151	345	0	6	30	21	10	21	111	134
2012	315	214	274	0	2	13	29	10	10	130	118
2013	302	137	318	1	5	19	11	10	23	125	90
2014	236	185	395	4	25	50	49	28	23	76	93
2015	314	220	295	0	2	10	31	24	45	105	128
Всього	1440	907	1627	5	40	122	141	82	122	547	563
Середнє	288	181,4	325,4	1,0	8,0	24,4	28,2	16,4	24,4	109,4	112,6
%	36,2	22,8	40,9	0,3	2,5	7,5	8,7	5,1	7,5	33,7	34,7

Таблиця 5. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі травня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	333	275	239	0	0	0	5	22	10	48	206
2012	327	254	270	0	0	0	6	5	10	53	201
2013	384	240	212	0	0	0	4	3	5	44	151
2014	263	338	324	0	4	16	12	11	7	123	213
2015	335	322	221	0	1	16	35	31	15	77	174
Всього	1642	1429	1266	0	5	32	62	72	47	345	945
Середнє	328,4	285,8	253,2	0,0	1,0	6,4	12,4	14,4	9,4	69,0	189,0
%	37,9	32,9	29,2	0,0	0,3	2,1	4,1	4,8	3,1	22,9	62,6

Таблиця 6. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі червня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	325	275	261	0	2	5	5	5	8	63	307
2012	446	199	140	0	0	0	4	1	5	38	210
2013	398	248	197	0	1	3	3	1	1	15	261
2014	308	322	246	0	0	21	8	15	10	124	203
2015	376	179	264	0	1	59	83	23	19	22	177
Всього	1853	1223	1108	0	4	88	103	45	43	262	1158
Середнє	370,6	244,6	221,6	0,0	0,8	17,6	20,6	9,0	8,6	52,4	231,6
%	44,3	29,2	26,5	0,0	0,2	5,2	6,0	2,6	2,5	15,4	68,0

Таблиця 7. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі липня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	375	239	211	0	3	1	5	6	12	31	255
2012	457	232	116	0	0	0	0	0	0	32	207
2013	404	278	160	0	1	4	4	9	6	110	236
2014	380	298	208	0	0	2	3	3	3	64	207
2015	445	278	157	0	0	3	2	0	3	53	247
Всього	2061	1325	852	0	4	10	14	18	24	290	1152
Середнє	412,2	265	170,4	0,0	0,8	2,0	2,8	3,6	4,8	58,0	230,4
%	48,6	31,3	20,1	0,0	0,3	0,7	0,9	1,2	1,6	19,2	76,2

Таблиця 8. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі серпня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	387	191	221	3	2	12	5	7	18	81	160
2012	349	227	277	0	0	1	13	14	15	105	179
2013	461	147	197	0	0	11	13	14	15	73	167
2014	470	244	164	0	1	5	3	9	14	79	192
2015	538	181	88	0	0	0	0	0	0	10	107
Всього	2205	990	947	3	3	29	34	44	62	348	805
Середнє	441	198	189,4	0,6	0,6	5,8	6,8	8,8	12,4	69,6	161,0
%	53,2	23,9	22,9	0,2	0,2	2,2	2,6	3,3	4,7	26,2	60,6

Таблиця 9. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі вересня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	473	181	137	0	0	2	5	3	4	67	130
2012	395	160	231	10	0	7	8	6	11	99	97
2013	135	179	459	0	15	43	70	49	32	149	79
2014	467	164	133	0	0	13	17	4	4	37	81
2015	431	246	123	0	0	1	1	2	14	27	87
Всього	1901	930	1083	10	15	66	101	64	65	379	474
Середнє	380,2	186	216,6	2,0	3,0	13,2	20,2	12,8	13,0	75,8	94,8
%	48,6	23,8	27,7	0,9	1,3	5,6	8,6	5,5	5,5	32,3	40,4

Таблиця 10. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі жовтня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	320	176	321	12	11	29	52	22	28	148	35
2012	262	93	420	29	13	108	55	24	30	106	43
2013	179	119	510	11	38	71	29	36	21	158	89
2014	487	136	141	2	2	16	22	11	11	62	27
2015	366	148	267	0	0	2	28	14	15	59	65
Всього	1614	672	1659	54	64	226	186	107	105	533	259
Середнє	322,8	134,4	331,8	10,8	12,8	45,2	37,2	21,4	21,0	106,6	51,8
%	40,9	17,0	42,0	3,5	4,2	14,7	12,1	7,0	6,8	34,7	16,9

Таблиця 11. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі листопада

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	193	69	516	0	4	68	61	67	56	175	60
2012	132	85	543	0	39	103	82	54	43	151	31
2013	171	89	488	0	67	92	53	32	43	123	30
2014	179	73	464	24	26	79	117	63	57	62	8
2015	71	153	554	5	28	102	86	64	82	85	36
Всього	746	469	2565	29,0	164,0	444,0	399,0	280,0	281,0	596,0	165,0
Середнє	149,2	93,8	513,0	5,8	32,8	88,8	79,8	56,0	56,2	119,2	33,0
%	19,7	12,4	67,9	1,2	7,0	18,8	16,9	11,9	11,9	25,3	7,0

Таблиця 12. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі грудня

Рік	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
2011	114	77	594	104	39	129	120	33	31	125	1
2012	149	65	562	0	25	135	63	98	80	75	7
2013	174	93	510	86	76	111	27	41	38	56	34
2014	189	119	521	38	126	113	38	25	23	90	9
2015	214	160	449	2	34	53	78	48	51	169	28
Всього	840	514	2636	230	300	541	326	245	223	515	79
Середнє	168,0	102,8	527,2	46,0	60,0	108,2	65,2	49,0	44,6	103,0	15,8
%	21,0	12,9	66,1	9,4	12,2	22,0	13,3	10,0	9,1	20,9	3,2

Таблиця 13. Висота нижньої межі хмар з різними градаціями та кількість балів хмарності на протязі року

2011 - 2015	Кількість балів			Висота НМХ, м							
	0-3	4-7	8-10	<50	>50	>100	>200	>300	>400	>500	>1000
Середнє	285,1	167,1	343,6	12,9	23,0	49,5	37,3	25,2	24,3	88,4	100,5
%	35,8	21,0	43,2	3,6	6,4	13,7	10,3	7,0	6,7	24,5	27,8

ДОДАТОК Г

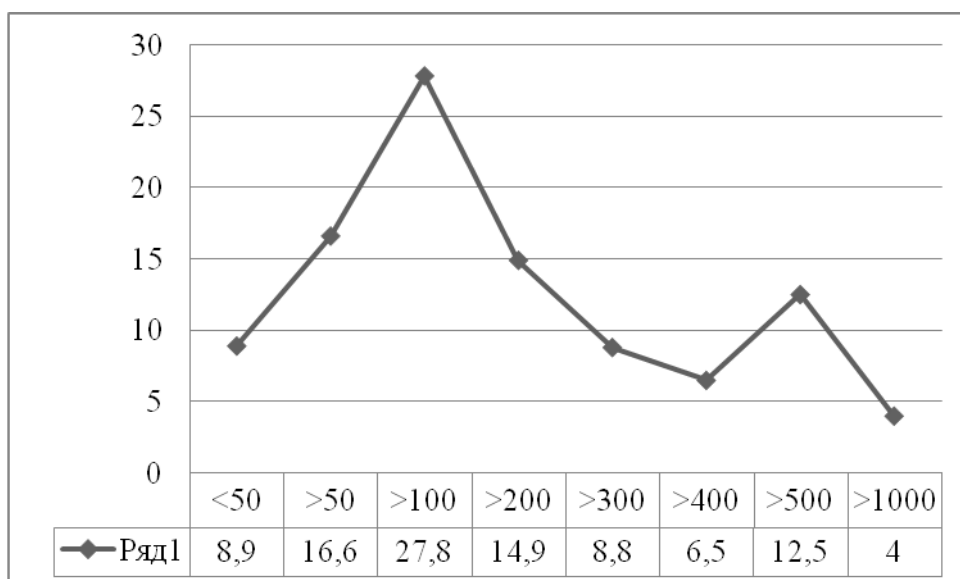


Рис.1- Висота нижньої межі хмар у % на протязі січня

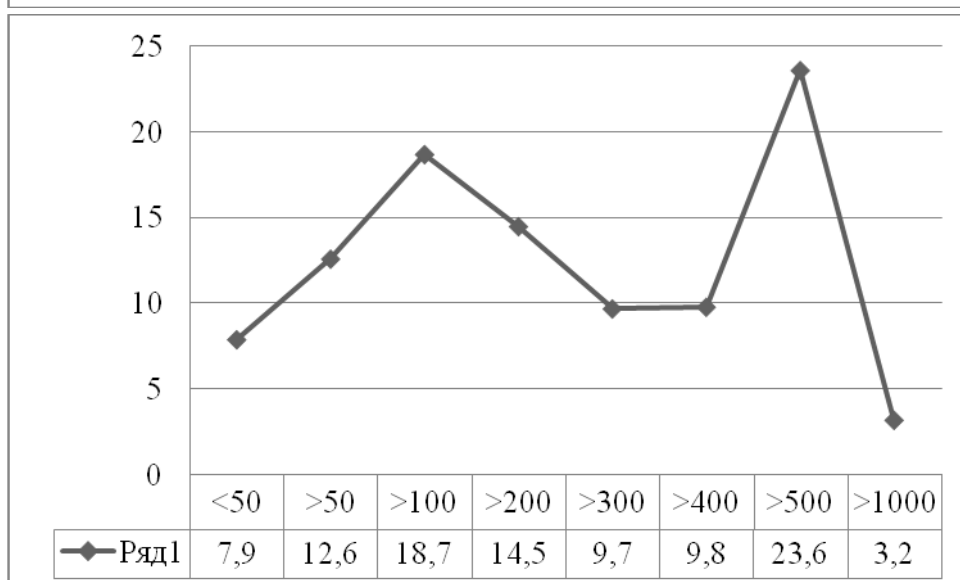


Рис.2-Висота нижньої межі хмар у % на протязі лютого

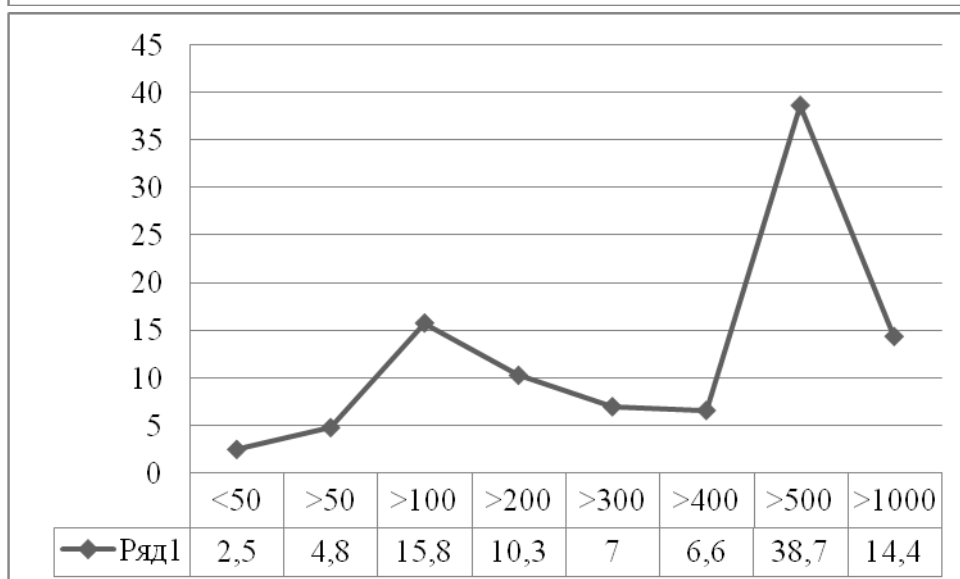


Рис.3-Висота нижньої межі хмар у % на протязі березня

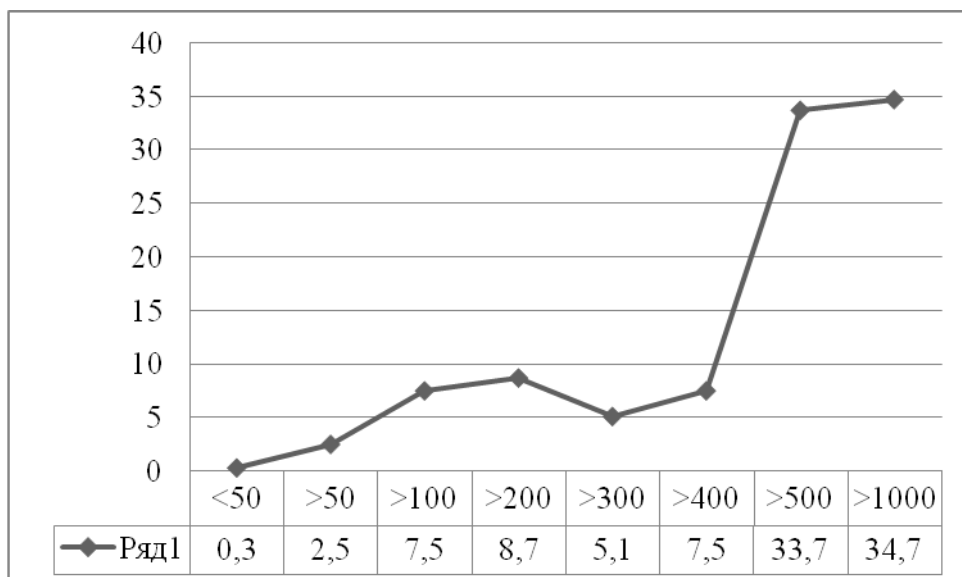


Рис.4-Висота нижньої межі хмар у % на протязі квітня

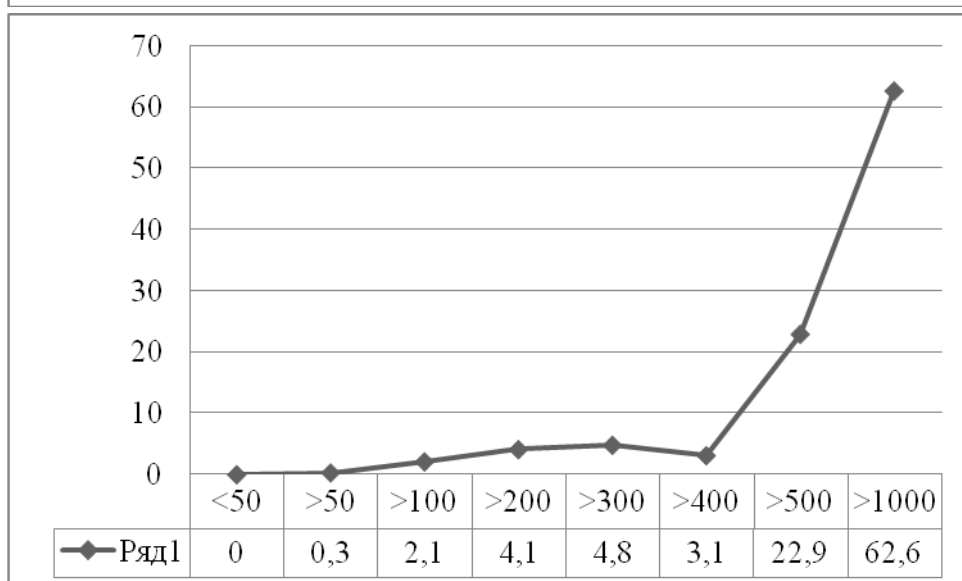


Рис.5-Висота нижньої межі хмар у % на протязі травня

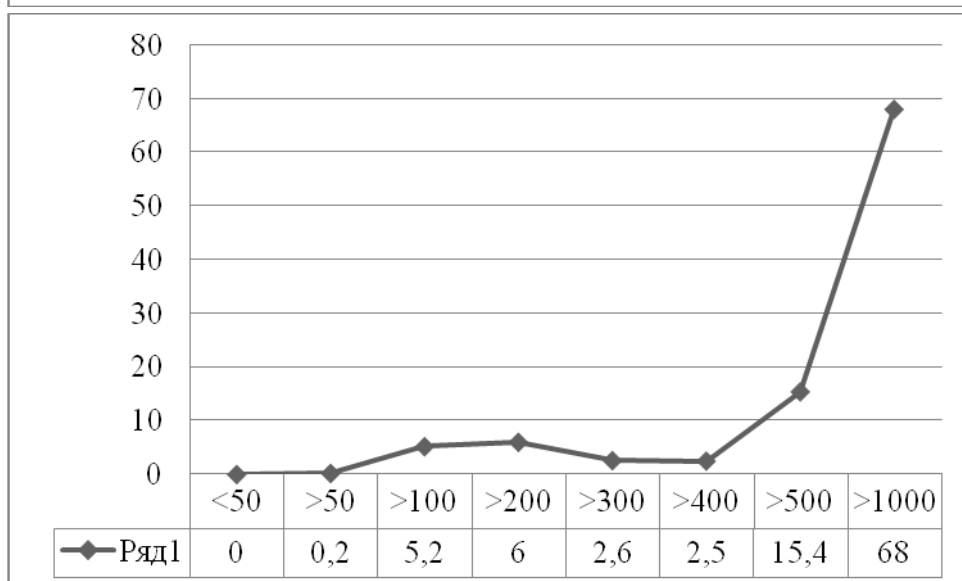


Рис.6-Висота нижньої межі хмар у % на протязі червня

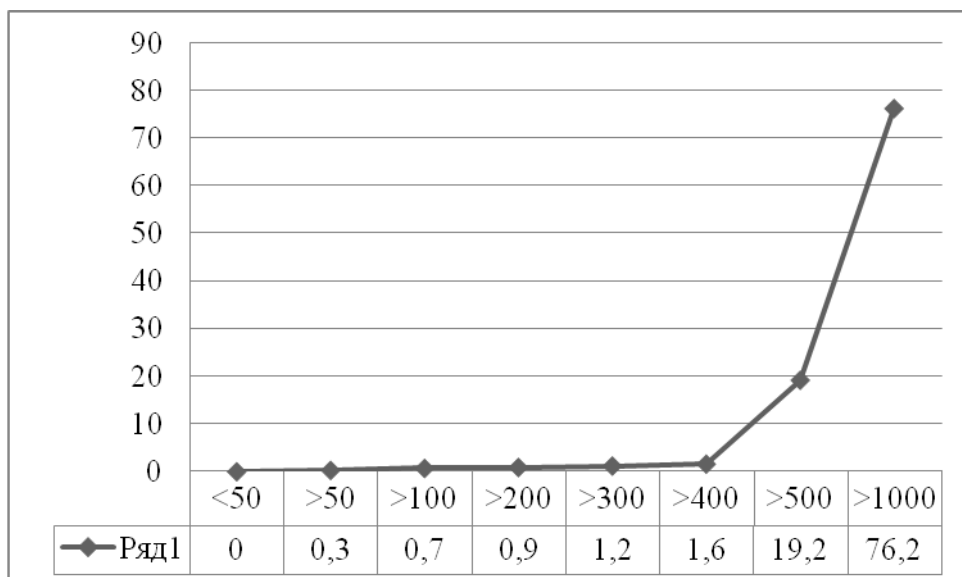


Рис.7-Висота нижньої межі хмар у % на протязі липня

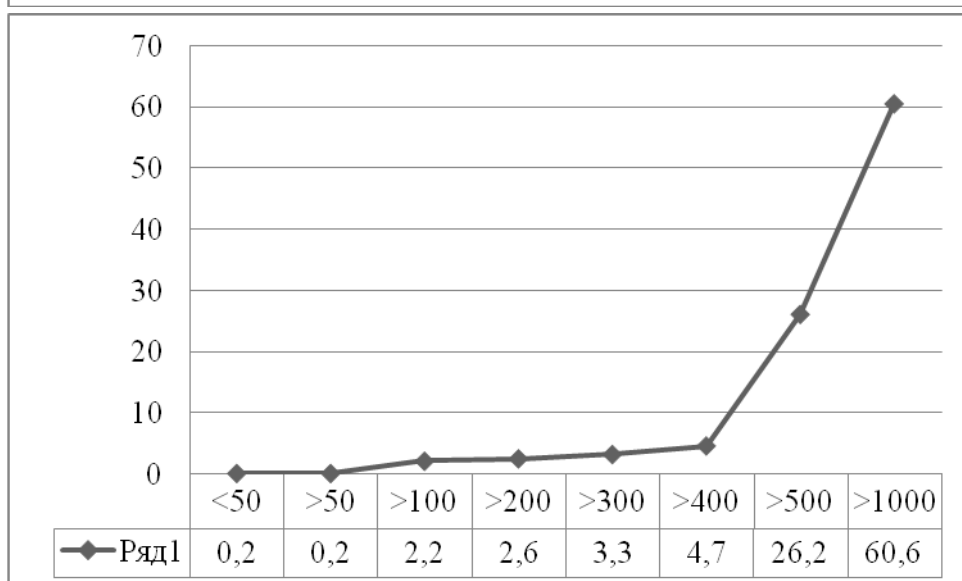


Рис.8-Висота нижньої межі хмар у % на протязі серпня

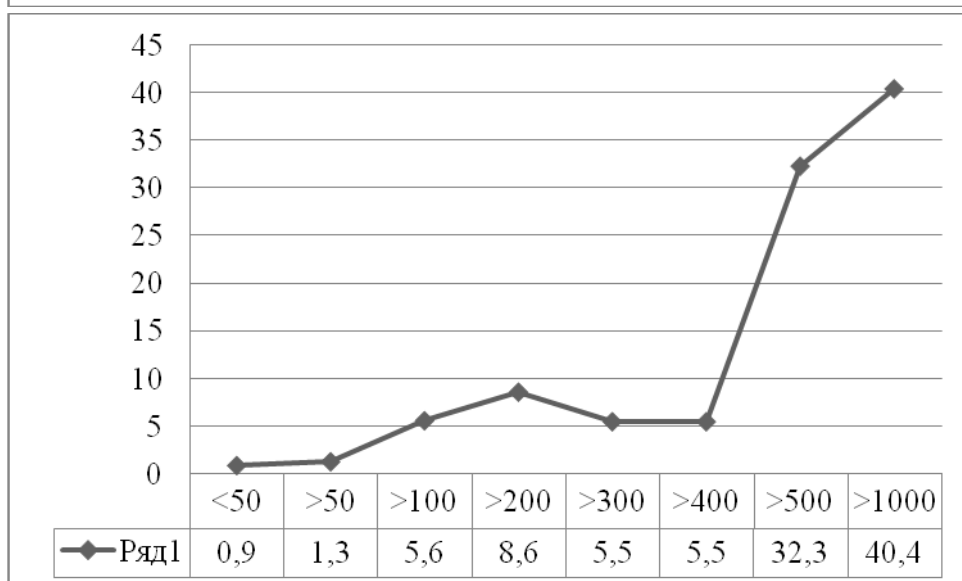


Рис.9-Висота нижньої межі хмар у % на протязі вересня

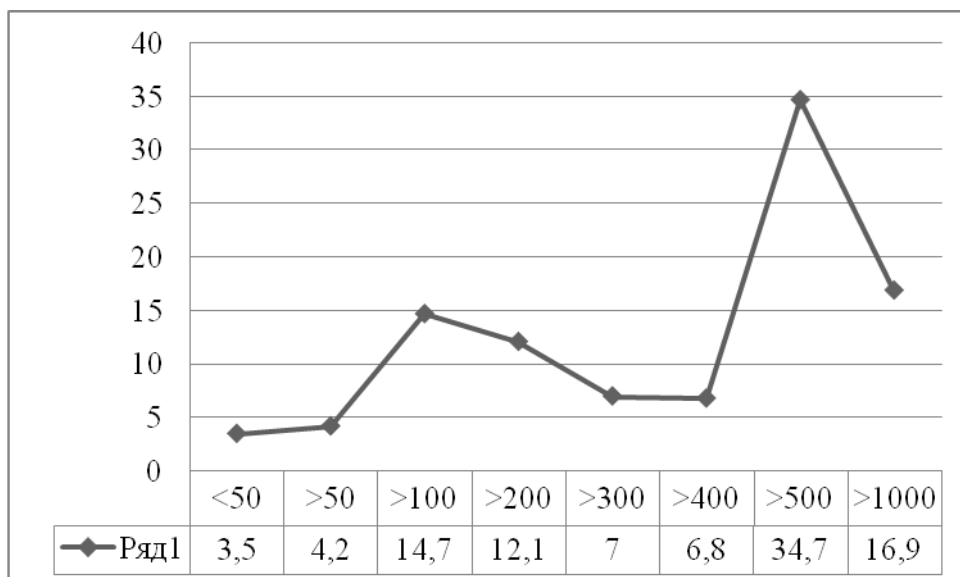


Рис.10-Висота нижньої межі хмар у % на протязі жовтня

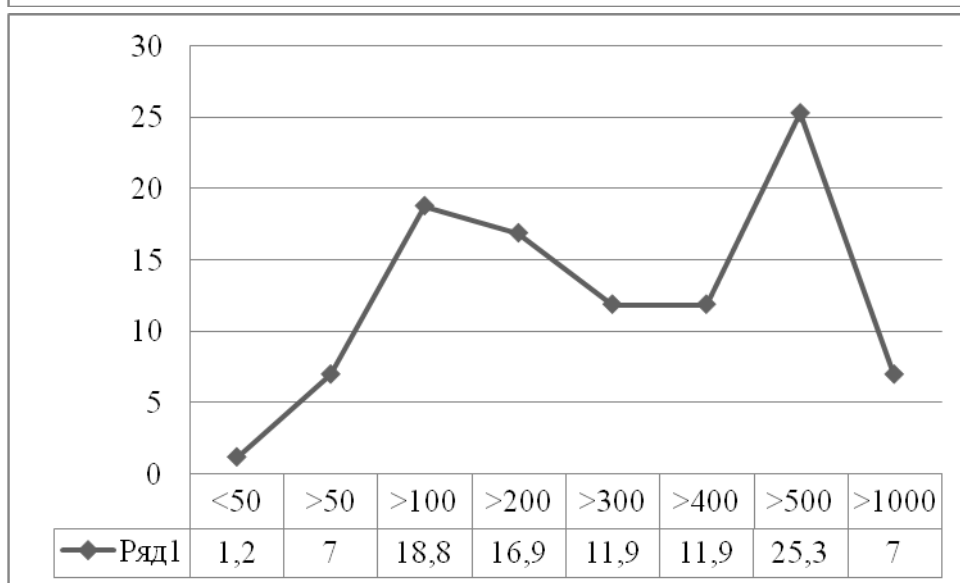


Рис.11-Висота нижньої межі хмар у % на протязі листопада

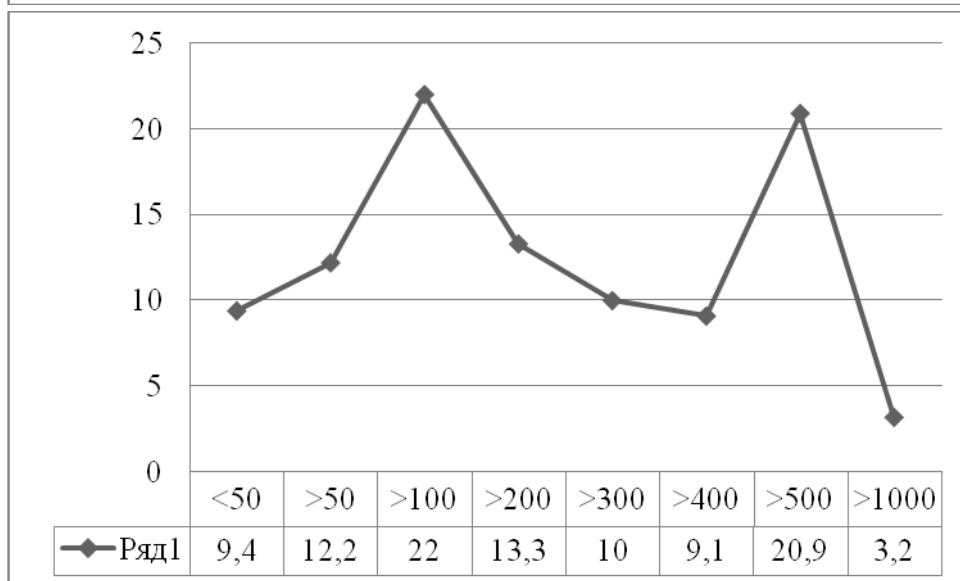


Рис.12-Висота нижньої межі хмар у % на протязі грудня

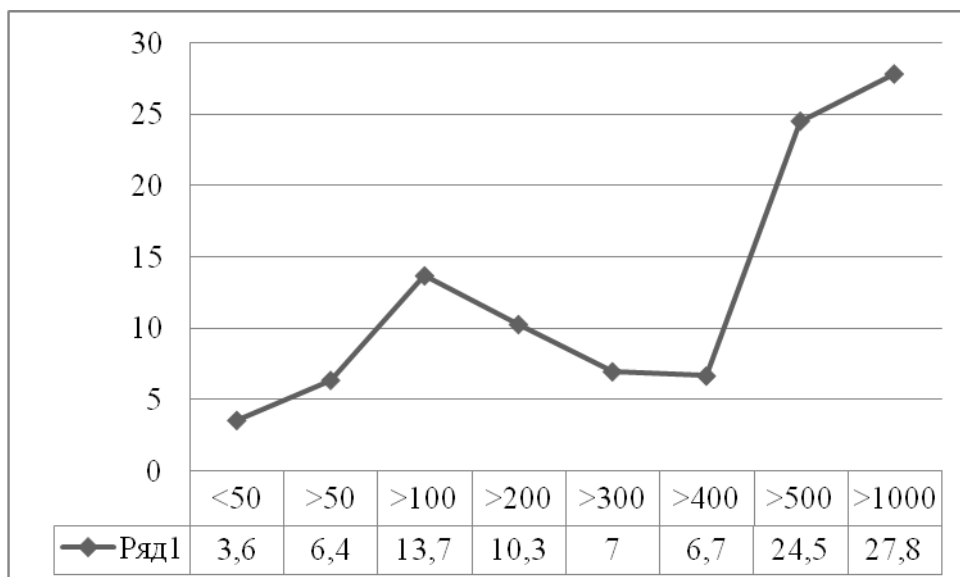


Рис.13-.Висота
нижньої межі
хмар у % на
протязі року