

Тема 3.
Лісові пожежі та пожежне
середовище



Зміст

- 1. Умови виникнення та розвитку лісових пожеж
Складові погодні умов, що визначають пожежну небезпеку**
- 2. Діагностика та класифікація лісових пожеж**
- 3. Відмінні особливості різновидів лісових пожеж**
- 4. Вплив опадів, відносної вологості повітря та вітру на пожежну небезпеку**
- 5. Прогнозування пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди**

Огляд складових погодних умов, що визначають пожежну небезпеку

Пожежна небезпека в лісі має подвійну природу:

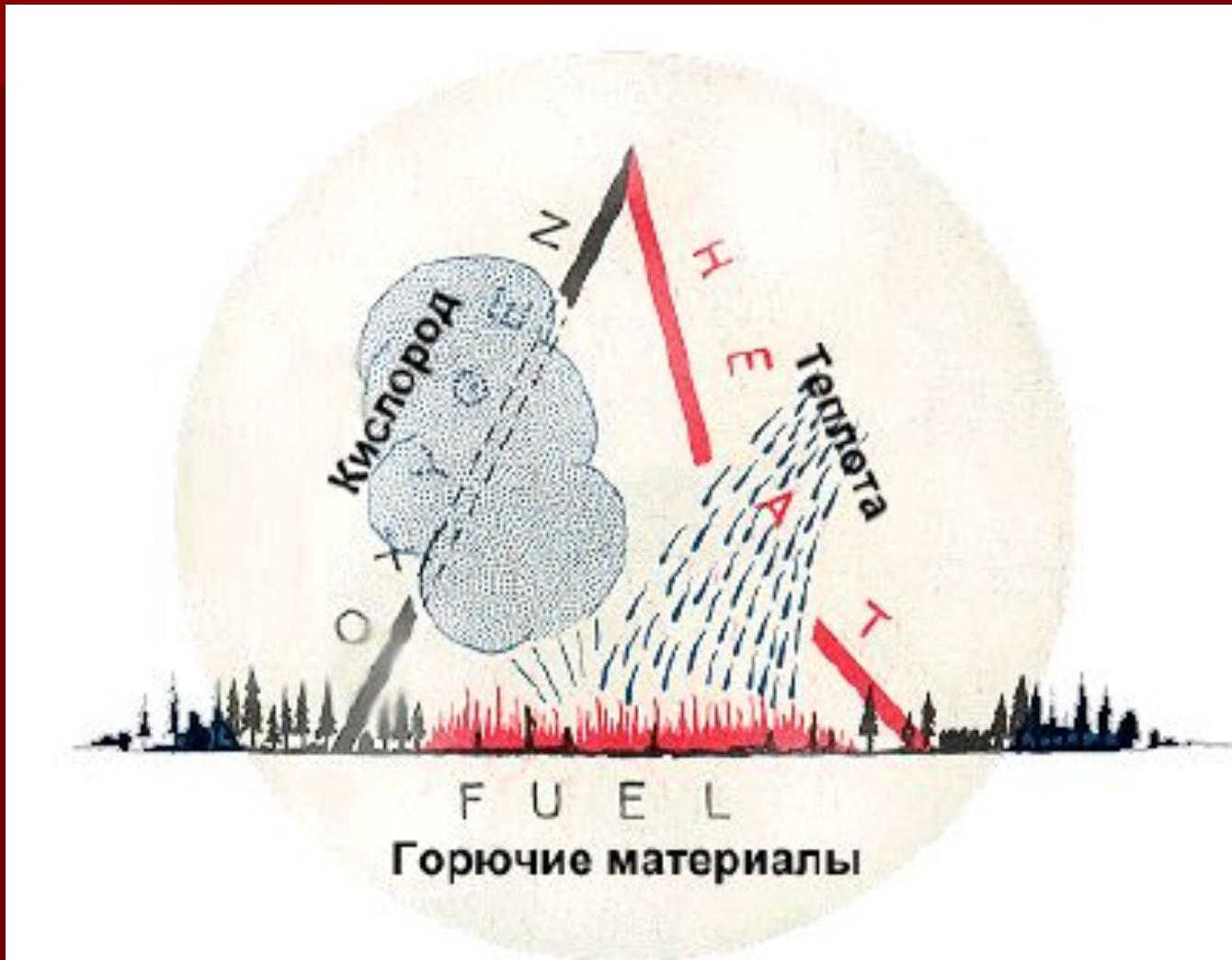
1. Природна пожежна небезпека ділянок лісового фонду (Визначається за "Шкалою ..., 97)
2. Пожежна небезпека за умовами погоди

Умови горіння

Умовою виникнення та підтримання процесу горіння є наявність трьох компонентів:

1. Джерела вогню
2. Сухої горючої речовини (ЛГМ) (6-25% вологості),
3. Окислювача

Трикутник горіння



Метеорологічні умови

визначають:

- вологість ЛГМ, а значить і
- здатність їх до загоряння,
- характер виникнення лісової пожежі,
- розвиток та поведінку пожежі

Зв'язок метеорології та лісової пірології

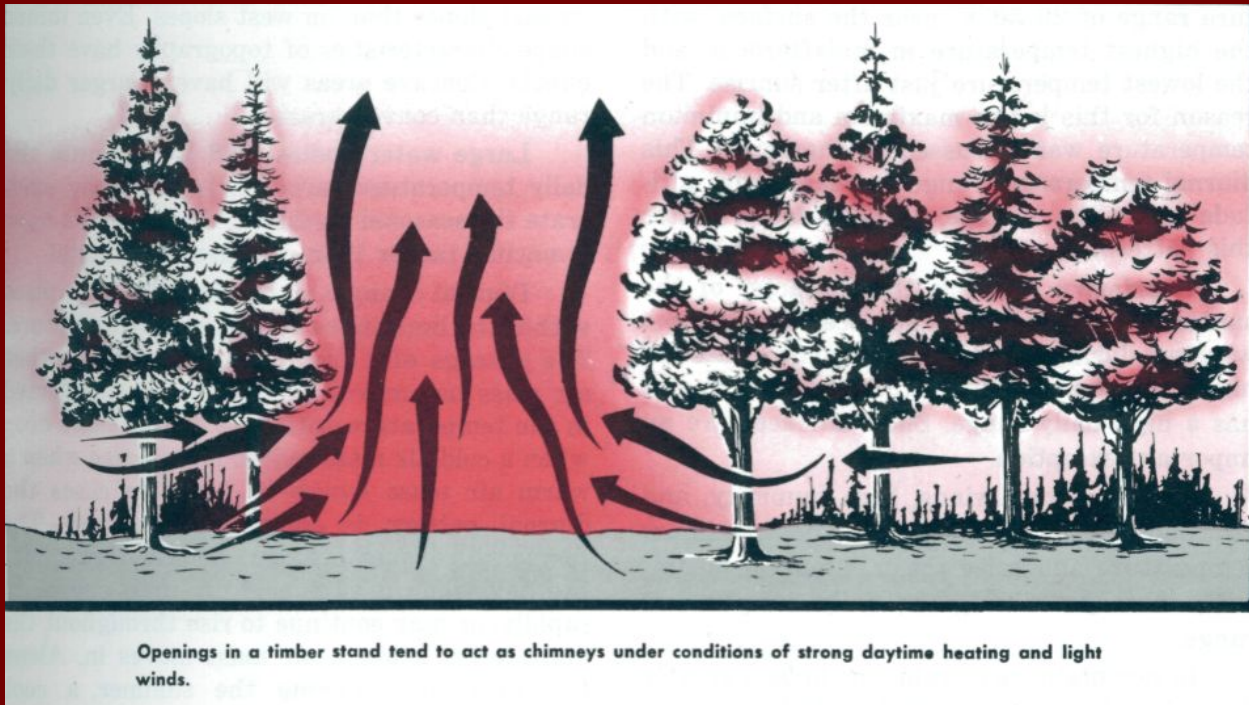
Fire Weather

Лісовою Службою США було розроблено керівництво, щодо застосування метеорологічної інформації для організації операцій по контролю (гасінню) пожеж

Fire Weather

1. Температура

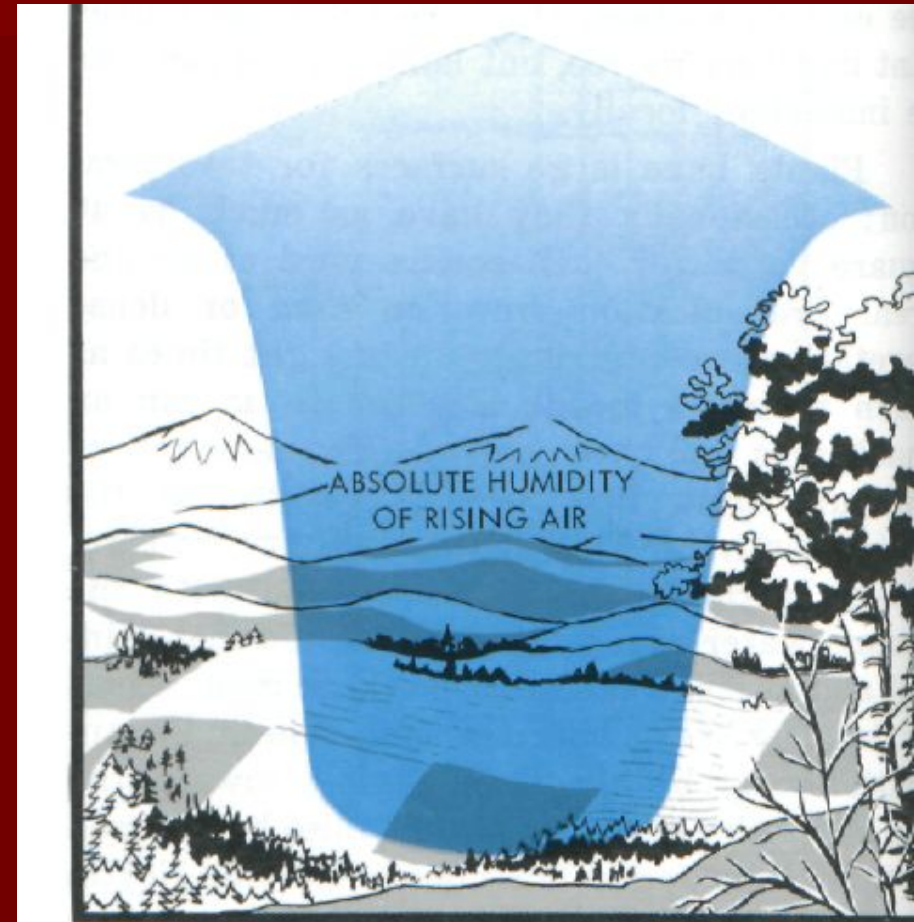
Постійні зміни температури повітря над сушею, над морем від теплих або холодних повітряних мас під час дня та ночі, зміни сезонів, які впливають на прогноз та оцінку погоди



Fire Weather

2. Атмосферна волога

Кількість водяної пари у повітрі - ступінь "вологості" або "сухості" як умова виникнення пожежі – повинна бути врахована у всіх прогнозах ризику виникнення пожеж та розрахунках гасіння



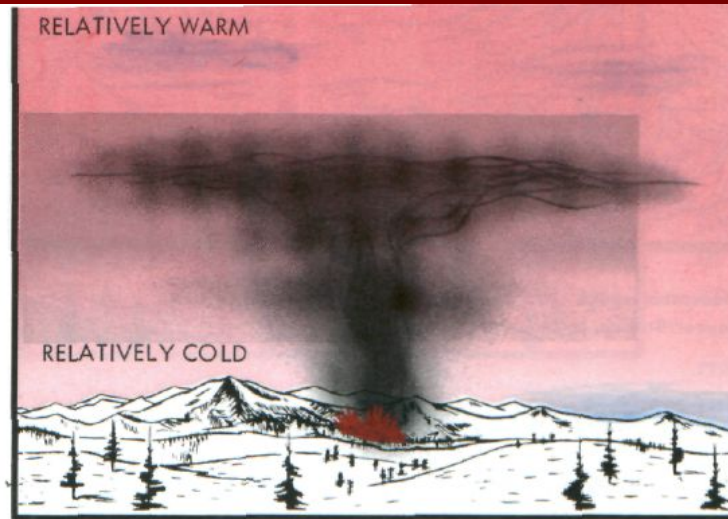
As moist air rises, it expands, and the moisture in a given volume of the absolute humidity, becomes less and less.

Fire Weather

3. Атмосферна стабільність

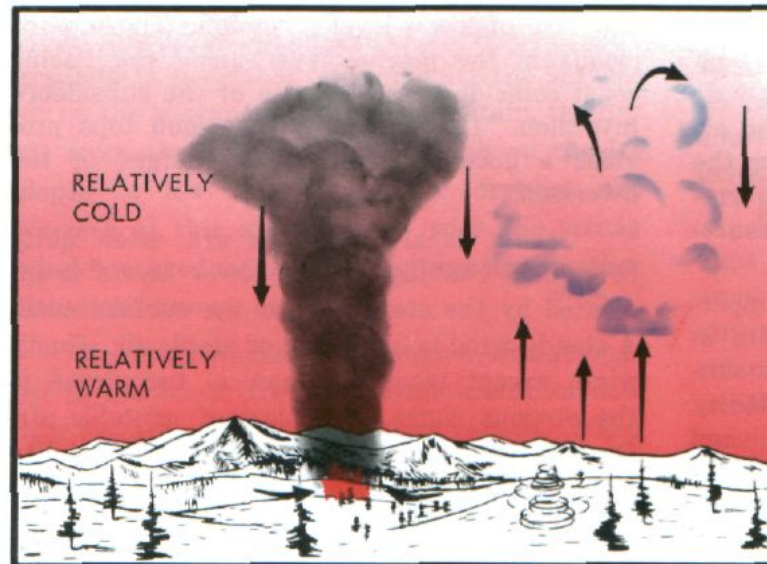
Розподіл температури та вологості по вертикалі. Дуже важко чітко моделювати цей розподіл на сотні та тисячі метрів, який проте суттєво впливає на поведінку пожеж

3. Атмосферна стабільність



- CLOUDS IN LAYERS, NO VERTICAL MOTION
- STRATUS TYPE CLOUDS
- SMOKE COLUMN DRIFTS APART AFTER LIMITED RISE
- POOR VISIBILITY IN LOWER LEVELS DUE TO ACCUMULATION OF HAZE AND SMOKE
- FOG LAYERS
- STEADY WINDS

Visible indicators of a stable atmosphere.



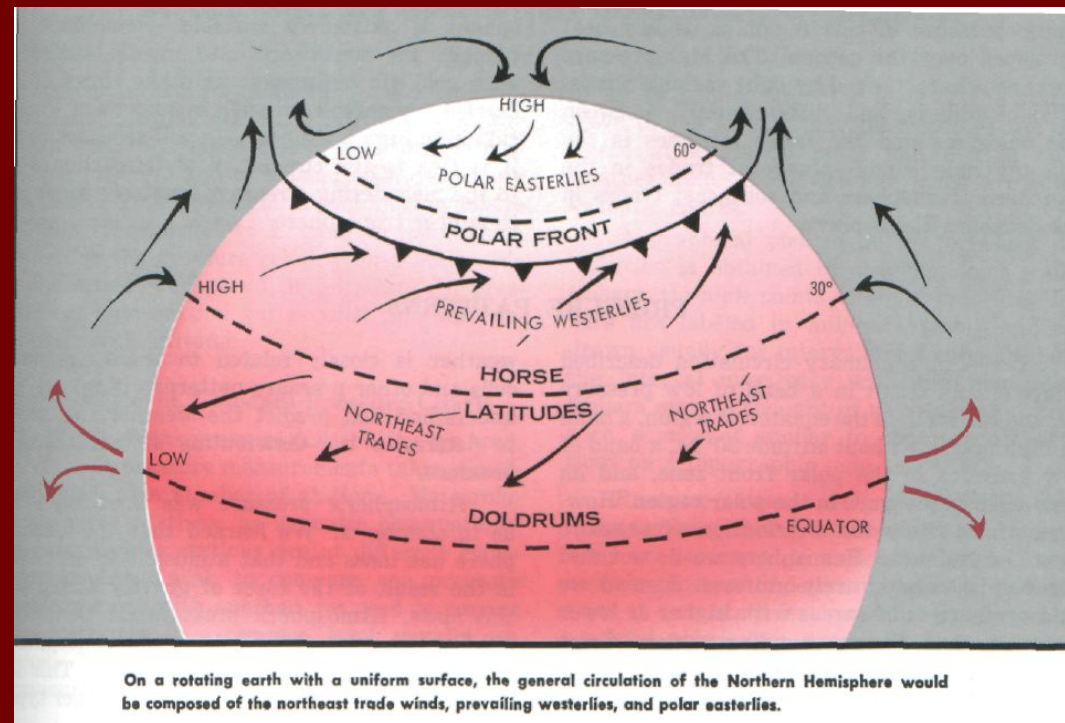
- CLOUDS GROW VERTICALLY AND SMOKE RISES TO GREAT HEIGHTS
- CUMULUS TYPE CLOUDS
- UPWARD AND DOWNWARD CURRENTS
- GUSTY WINDS
- GOOD VISIBILITY
- DUST WHIRLS

Visible indicators of an unstable atmosphere.

Fire Weather

4. Загальна циркуляція повітря

Великомасштабна циркуляція повітря та вологості у атмосфері які визначають регіональні особливості як для довгострокових закономірностей так і для сезонних варіацій погоди



Fire Weather

5. Вітер

Розуміння механіки формування вітру, що виражається у показниках вертикальної та горизонтальної швидкості, як у масштабі регіону, так і у локальному масштабі є дуже важливим для персоналу який приймає участь у гасінні пожеж

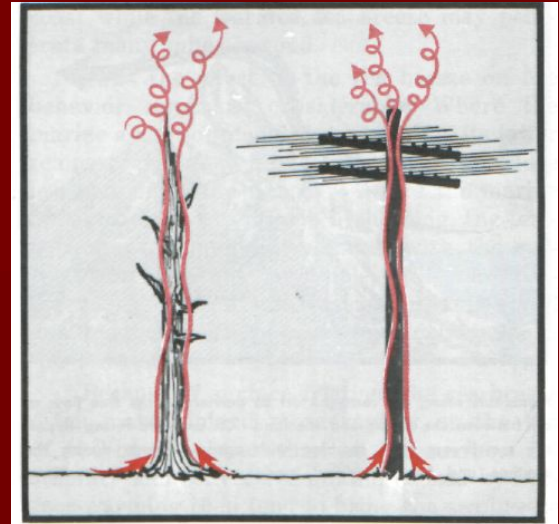


Thermal turbulence caused by surface heating is a mechanism by which energy is exchanged between the surface and the flow aloft. This mixing brings higher wind speeds from aloft down to the surface, usually in spurts and gusts.

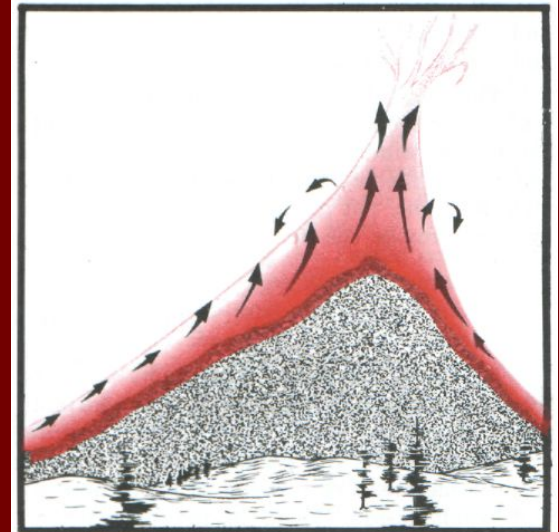
Fire Weather

6. Конвекція та конвекційні потоки

Місцеві особливості будови поверхні що формуються внаслідок нагріву та охолодження поверхневих повітряних потоків створює рух повітря який може спричиняти "незвичайну" поведінку вітру під час лісової пожежі



Air heated by contact with vertical or sloping surfaces is forced upward and establishes natural chimneys through which warm air flows up from the surface.



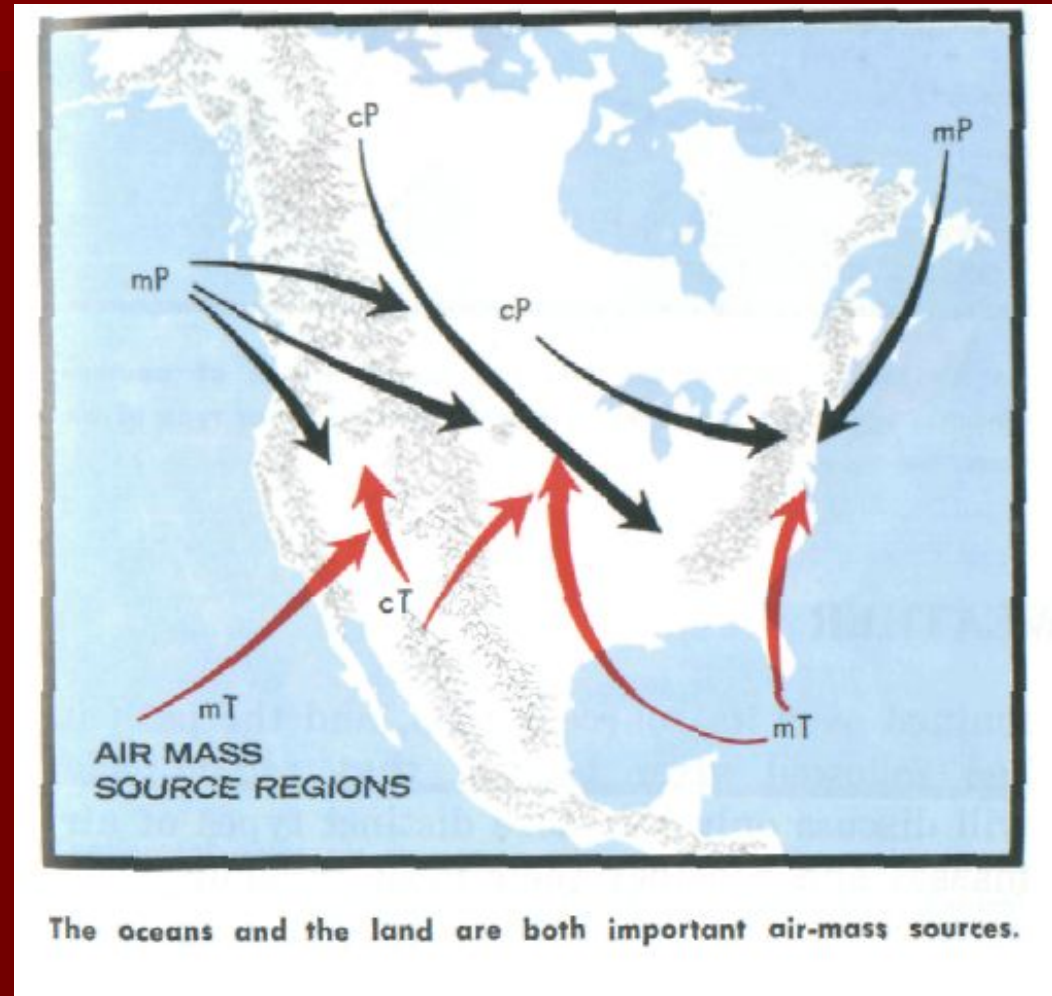
Upslope winds are shallow near the base of slopes but increase in depth and speed as more heated air is funneled along the slope. Warm air bubbles forced upward cause turbulence which increases the depth of the warmed layer.

7. Повітряні маси та фронти

Як холодні, так і теплі повітряні маси, які співпадають з зонами високого тиску, постійно мігрують по територіям у тисячі квадратних кілометрів.

Коли вони стабільні, пожежна погода змінюється поступово — день за днем.

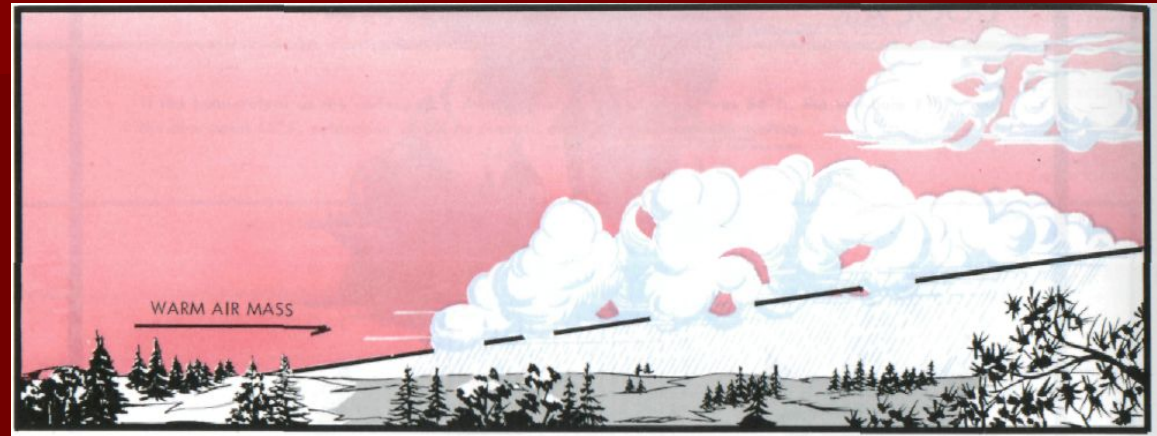
Але коли вони рухаються та зустрічаються з іншими повітряними масами, елементи погоди змінюються часто і дуже різко.



8. Хмари та опади

Хмари різної форми і у різній кількості, або їх відсутність є тим показником пожежної погоди, що повинен оцінюватись щоденно.

Деякі види хмар можуть попередити вогнеборців щодо наближення високої пожежної небезпеки - не від усіх хмар треба очікувати дощ.



Top.—Lifting of warm, moist air, as it is forced up the slope of a warm front, produces widespread cloudiness and precipitation.

Bottom.—The steepness and speed of cold fronts result in a narrow band of cloudiness and precipitation as warm, moist air ahead of the front is lifted.

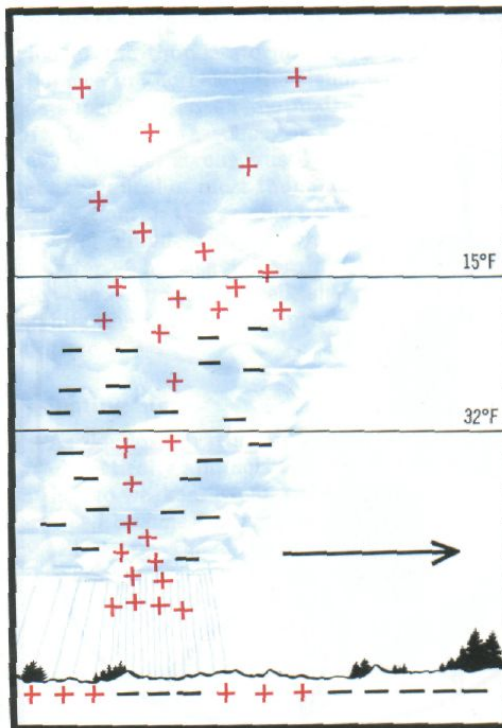
Fire Weather

9. Грози

Коли вологі повітряні маси стають нестабільними виникає висока вірогідність гроз.

Їх потенційна дія як джерела пожежі повинна бути передбачена.

9. Грози



As a thunderstorm cloud becomes electrified, positive charges tend to accumulate in the top of the cloud and negative charges in the lower portion. Smaller positive and negative charge areas also develop. Rapidly falling rain carries positive charges downward and creates a positive charge center in the precipitation core.

tered and intensified. The upper portion of the cloud becomes positively charged and the lower portion negatively charged, although other smaller positive and negative charges develop. The negative charge near the cloud base induces a positive charge on the ground—a reversal of the fair-weather pattern.

Cloud-to-ground lightning is usually a discharge between the negative lower portion of the cloud and the induced positive charge on the ground and accounts for about one-third of all discharges. Most lightning discharges, however, are within a cloud or cloud-to-cloud. Many of the within-cloud discharges take place between the negative charge in the lower portion of the cloud and a positive charge center carried downward from the upper portion of the cloud by the falling rain in the precipitation core. This positive charge center disappears when the heavy rain stops.

Lightning sometimes occurs in the cumulus stage, but reaches its greatest frequency at the time the cell reaches maturity and its greatest height. The start of rain beneath the cloud base at the beginning of the mature stage marks the onset of the greatest lightning danger. The most extensive horizontal flashes occur at altitudes extending from the freezing level upward to where the temperature is about 15°F. Although lightning may occur throughout a thunderstorm cell, the strongest flashes to the earth usually originate in the lower portion of the cell. Many cloud-to-ground lightning strikes reach out laterally for considerable distances from the cloud base. Once lightning has

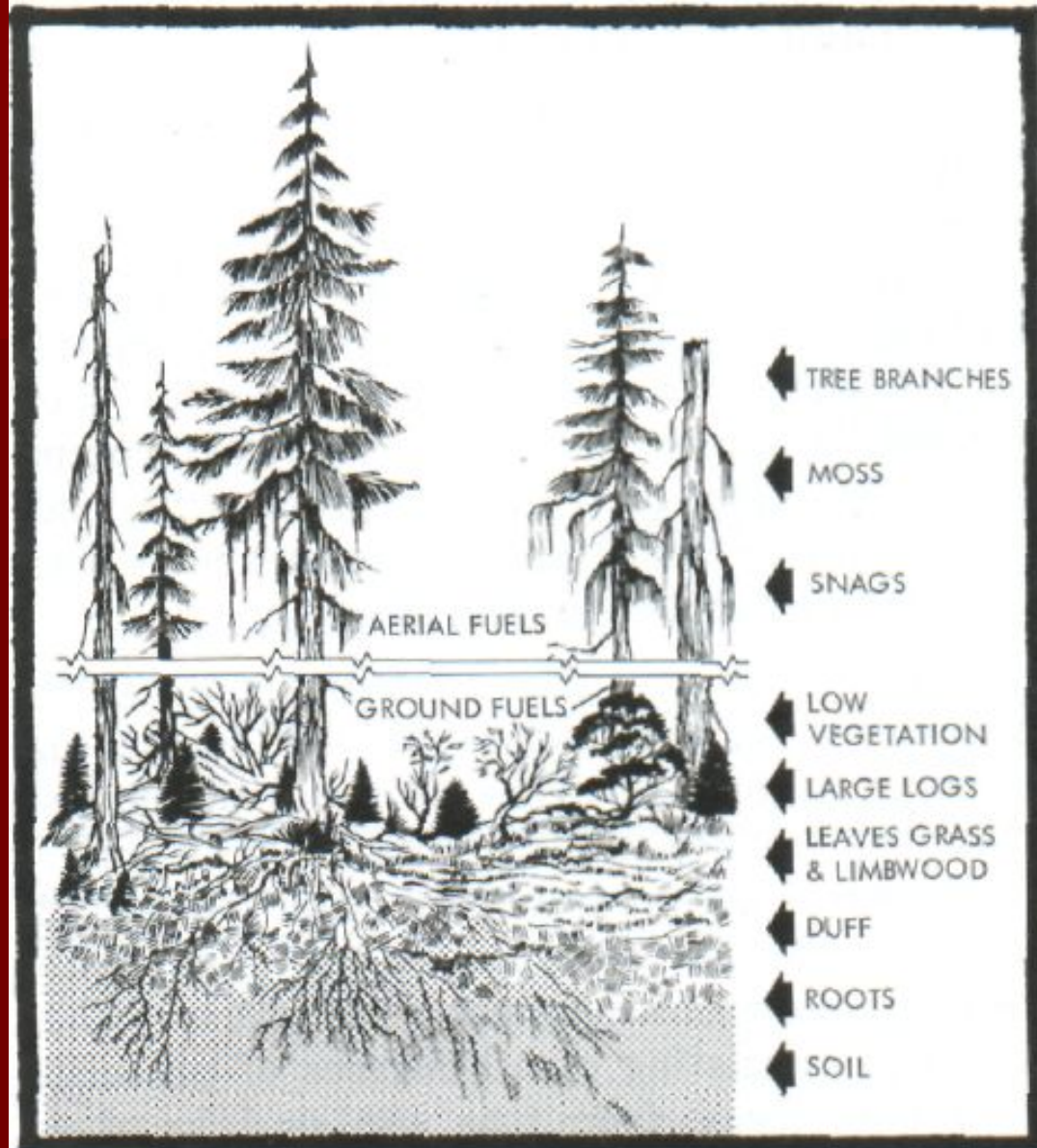


Lightning discharges take place within a cloud, from cloud-to-cloud or from cloud-to-ground. Most discharges are within a cloud or from cloud-to-cloud, but the cloud-to-ground discharges are stronger. Lightning frequency is at a maximum in the mature stage

10. Погода та вологість ЛГМ

Горимість відмерлих та живих компонентів ЛГМ залежить від змін атмосферної вологи та опадів.

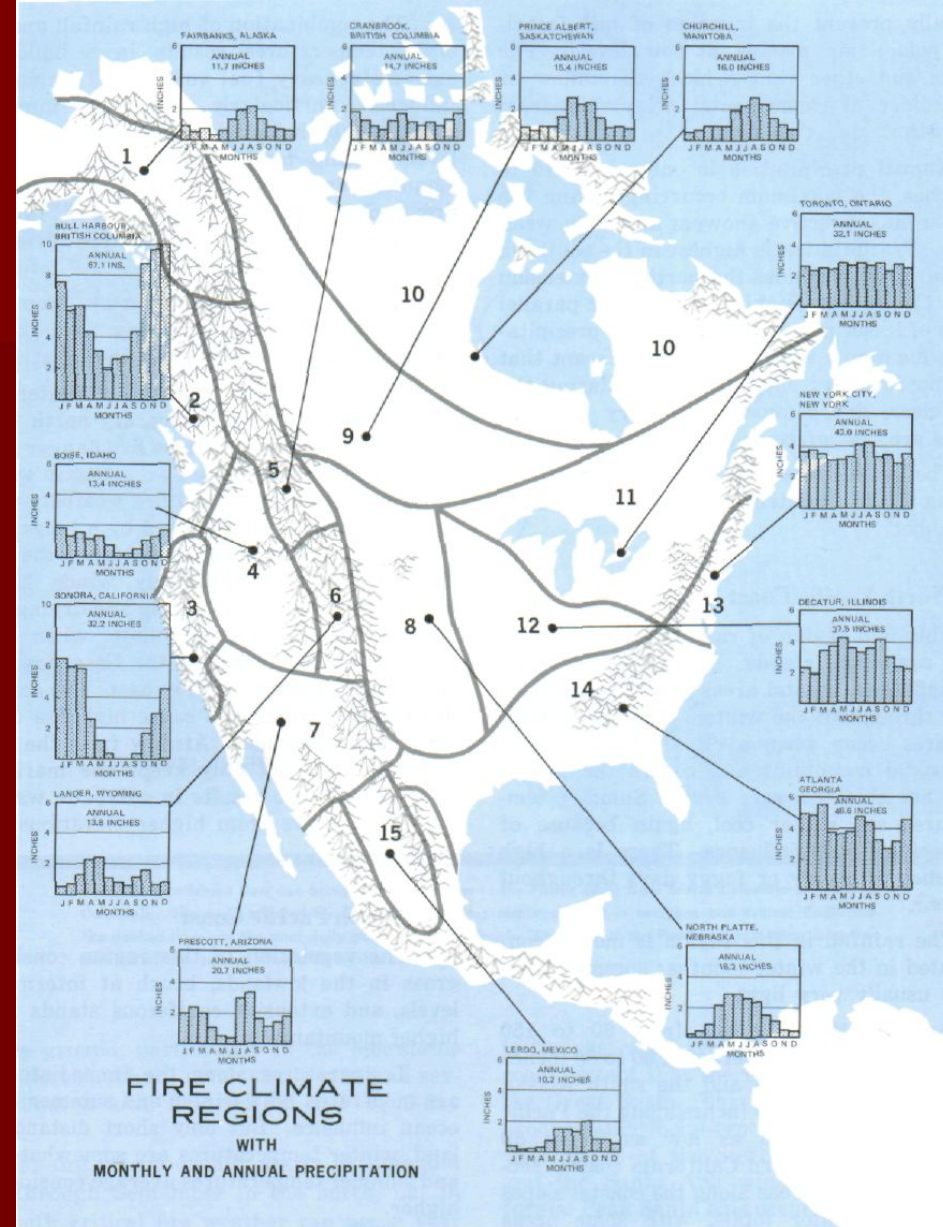
Це суттєво впливає на ефективність п/п профілактичних заходів та успішність гасіння пожеж.



Aerial fuels respond to precipitation and atmospheric conditions as individual components, according to their respective kinds and sizes. Fuels on the ground tend to become compacted and have more complex moisture changes.

11. Регіони пожежної погоди

В США для цілей прогнозування розвитку пожеж виділені 15 регіонів з типовими рисами пожежного клімату.



Fire climate regions of North America, based on geographic and climatic factors, are as follows: (1) Interior Alaska and the Yukon, (2) North Pacific Coast, (3) South Pacific Coast, (4) Great Basin, (5) Northern Rocky Mountains, (6) Southern Rocky Mountains, (7) Southwest (including adjacent Mexico), (8) Great Plains, (9) Central and Northwest Canada, (10) Sub-Arctic and Tundra, (11) Great Lakes, (12) Central States, (13) North Atlantic, (14) Southern States, and (15) Mexican Central Plateau. The bargraphs show the monthly and annual precipitation in inches for a representative station in each of the fire climate regions.

Питання 2

Вплив атмосферних опадів, відносної вологості повітря та вітру на пожежну небезпеку

Найбільш важливі метеорологічні чинники:

1. Опади (найбільш суттєвий для зниження ПН)
2. Дефіцит вологості (визначає ПН)
3. Температура повітря
4. Вологість повітря
5. Вітер

1. Опади

Найбільш сильний фактор погоди, що знижує ступінь пожежної небезпеки

- 2,5 мм припиняють горіння 1 групи ЛГМ за Курбатським
- 5 мм дощу запобігають загорянню в лісі (Мітчел, Зон)
- Сильна злива здатна загасити лісову пожежу (за виключенням 4 групи ЛГМ - торфу)

2. Дефіцит вологості

Звичайно насиченість повітря парами води не досягає можливого максимуму

Дефіцит вологості (**d**) (від лат. *Deficit* - *недостає*) це різниця між максимально можливою (**E**) та поточною (**e**) насиченістю повітря водяною парою при даній температурі та тиску:

$$d = E - e$$

2. Дефіцит вологості

Важливий показник у формуванні умов високої пожежної небезпеки

- При значному дефіциті вологості, коли наявні елементи посухи, опади можуть не вплинути суттєво
- При малому дефіциті вологи, не обов'язково при нестачі дощів будуть траплятися пожежі - ЛГМ можуть характеризуватися високою вологістю внаслідок низької випаровуваності

3. Температура повітря

- Впливає на пожежну небезпеку в лісі опосередковано
- З підвищенням температури посилюється фізичне випаровування, транспірація, збільшується дефіцит вологості

4. Відносна вологість повітря

Вплив відносної вологості повітря на пожежну небезпеку слабкіший ніж опадів



Не може слугувати єдиним критерієм при оцінці пожежної небезпеки

4. Відносна вологість повітря зумовлює **вид пожежі**:

- $> 60\%$ - вірогідність пожежі низька
- $40 \div 60\%$ - можлива *низова рухлива пожежа*;
- $< 40\%$ висока пожежна небезпека у ХВОЙНИХ;
- $< 30\%$ надзвичайна пожежна небезпека,
- 25% - низові пожежі легко переходять у верхові;

5. Вітер

Опосередковано впливає на виникнення пожежі посилюючи випаровування вологи з ЛГМ, транспірацію.

Безпосередньо впливає на розвиток пожежі - переносить іскри від транспортних засобів, доріг, багаття тощо;

5. Вітер

1. Зумовлює швидкість руху фронту, флангів і тилу ЛП:

- 1 м/с - збільшує швидкість фронту в 5 разів;
- 2 м/с – в 10 разів;
- 6-10 м/с – нестійкий вітер за напрямком, може змінювати напрям пожежі;
- > 10 м/с - стійкий за напрямком, здатний надзвичайно посилювати пожежу;
- пориви вітру разносять ЛГМ та сприяють плямистому загорянню лісової території;

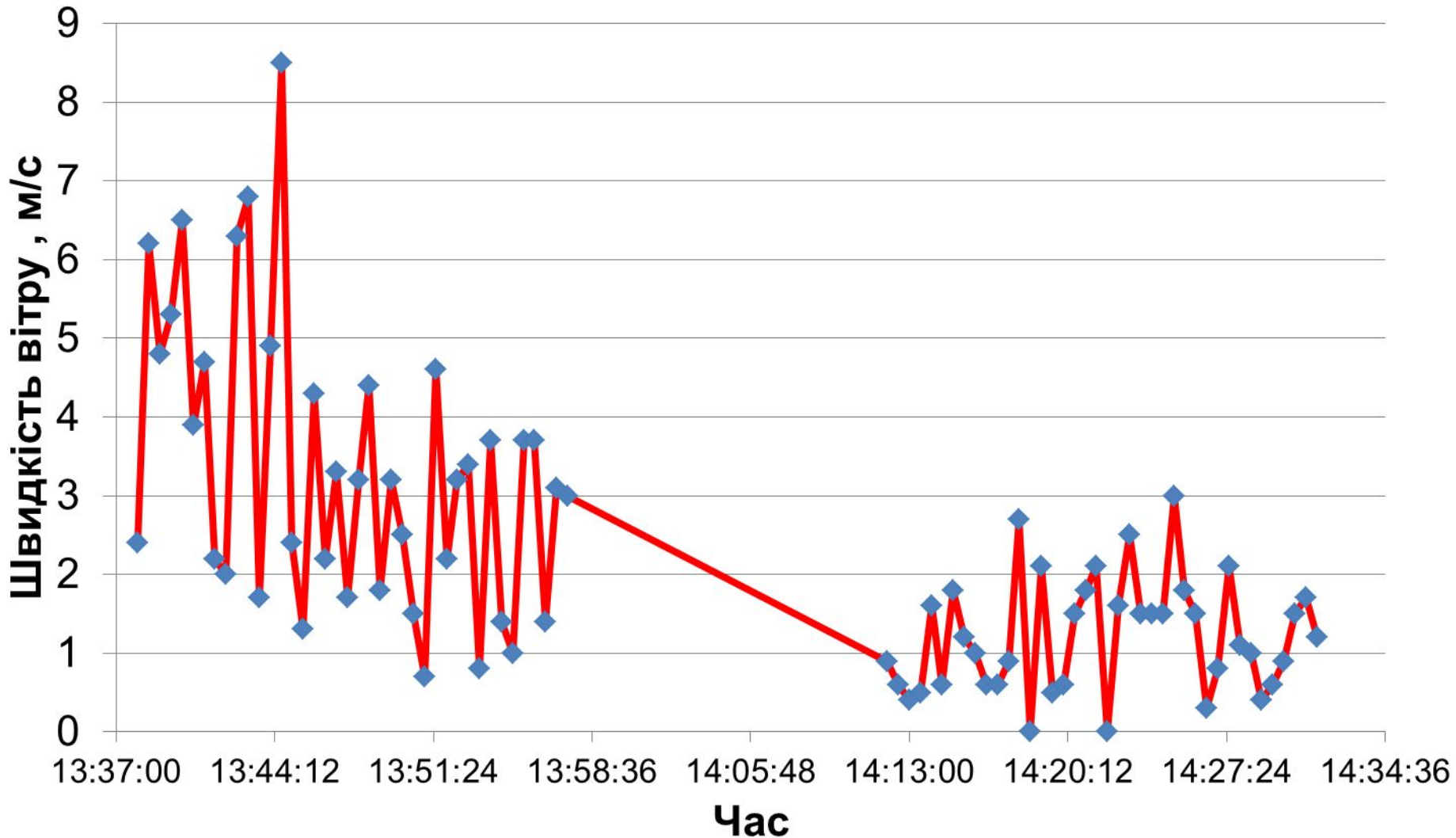
5. Вітер

2. Зумовлює інтенсивність пожежі (кількість тепла що виділяється у кДж/га/хв)
3. Зумовлює вид пожежі - при швидкості понад 6 м/с низовий вогонь здатний переходити в крони дерев (Н.П. Курбатський, 1962)
4. Впливає на швидкість гасіння

5. Вітер

5. Зумовлює **контур** ЛП;
6. Має **добову циклічність**:
 - Вночі вітер слабкий, швидкість його і напрям – постійні;
 - Вранці швидкість починає зростати і досягає максимуму в 15-16
 - Спадає сила вітру о 22 годині;

Динаміка швидкості вітру на відкритому місті та у лісі, м/с (15.03.2014)



5. Вітер

7. В гірських умовах розвиток лісових пожеж відбувається за складними законами, що важко передбачити;

8. Напрямок руху пожежі:

- вдень - знизу ввєрх по схилу гір
- ввєчері на границі моря та гір – вниз по схилу

Питання 3

**Прогнозування пожежної
небезпеки в лісі за умовами
погоди**

Висновки проф. В.Г. Нестерова

1. Пожежна небезпека лісів залежить від комплексу метеорологічних факторів, серед яких найважливіше місце займає **тривалість бездощового періоду**.
2. Протягом цього періоду і необхідно враховувати зміну стану метеорологічних факторів за комплексно-метеорологічним методом.

Пропозиції В. Нестерова щодо оцінки пожежної небезпеки за умовами погоди:

- Комплексний показник Нестерова - враховує сукупність метеорологічних елементів, що впливають на вологість ЛГМ
- Шкала для визначення пожежної небезпеки за умовами погоди

Показник Нестерова (1946)

- Позначається літерою «Г» - **горимість** та обчислюється за формулою:

$$\Gamma = \sum_1^n dt$$

- де: d - дефіцит вологи в мілібарах;
- t - температура повітря, град. С;
- n - число днів після дощу.
- d і t визначаються о 12⁰⁰ дня

Шкала В.Г. Нестерова для визначення пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди

Клас пожежної небезпеки	Пожежна небезпека	Величина комплексного показника
I	Відсутність небезпеки	менше 400 (було 300)
II	Мала пожежна небезпека	401-1000
III	Середня пожежна небезпека	1001-3000 (було 4000)
IV	Висока пожежна небезпека	3000 – 5000 (було 4001-10 тис.)
V	Надзвичайна небезпека	Більше 5000 (було 10-12 тис.)

Недоліком метода В.Г. Нестерова

Опади рівномірно враховуються за весь період без дощу, тоді як

На пожежну небезпеку найбільше впливають опади за останні 1-2 дні

Комплексний показник горимості удосконалений Гідрометцентром у 1968

$$\Gamma = \sum_1^n (t - \tau)t$$

град.², де:

- t - температура повітря, град.;
- (τ) - температура точки роси, град.;
- n - число днів без дощу.
- **Точка роси** - температура при даному тиску, до якої повинно охолodитись повітря, щоб водяна пара що знаходиться у ньому досягла стану насиченості

Комплексний показник у сучасному вигляді обчислюється щоденно на ГМС

$$\Gamma_n = K\Gamma_{n-1} + t_n(t_n - \tau)$$

- Γ_n - підсумковий показник в день обліку;
- Γ_{n-1} - підсумковий показник за попередній день;
- K - коефіцієнт, що враховує опади до 11⁰⁰ поточного дня;
- T_n - температура повітря, град.;
- τ - температура точки роси, град.

Коефіцієнт обліку опадів поточного дня (К) (Т.Столярчук, 1973)

Опади, мм	0	0,1-0,9	1,0-2,9	3,0-5,9	6,0-14,9	20,00
К	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0

На практиці при випаданні за добу опадів більше 3 мм комплексний показник за попередні дні відкидається і його починають обчислювати знову

Вплив умов погоди на
природну пожежну небезпеку
лісу
(пожежне дозрівання ЛГМ)

Природна пожежна небезпека **таксаційних виділів** Білоберезьського л-ва Іванківського ДЛГ

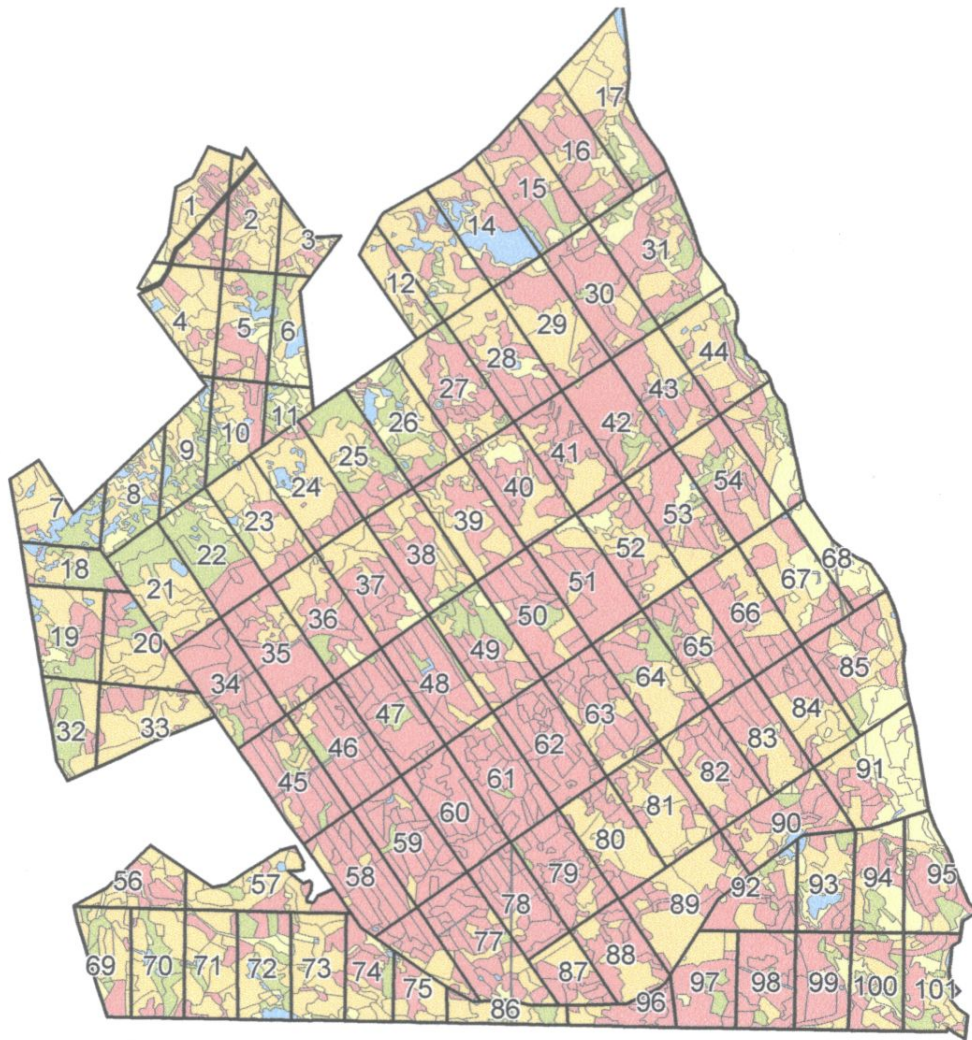


Рис - Повидільний розподіл лісового фонду Білоберезьського лісництва Іванківського ДЛГ за класами пожежної небезпеки

Пожежна_небезпека	висока	вище_середньої	середня	нижче_середньої
S, га	2 382	1 754	438	371

Класи пожежної небезпеки

- 1-висока
- 2-вище середньої
- 3-середня
- 4-нижче середньої
- 5-низька

Природна
пожежна
небезпека
**таксаційних
кварталів**
Білоберезьського
л-ва
Іванківського
ДЛГ
(метод
середньозважених
оцінок)

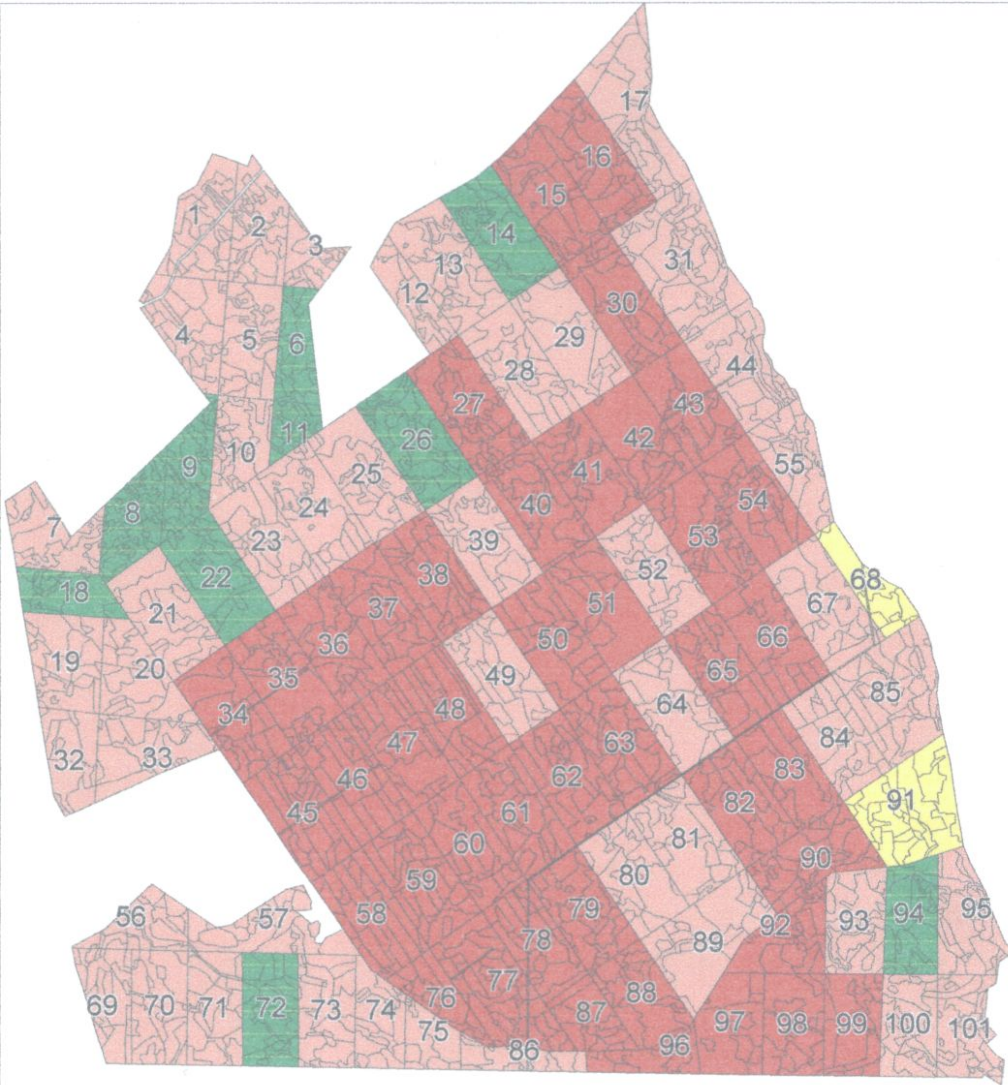


Рис - Поквартальний розподіл лісового фонду Білоберезьського лісництва Іванківського ДЛГ за класами пожежної небезпеки, розрахований методом середньозважених оцінок

Класи пожежної небезпеки

- 1-висока
- 2-вище середньої
- 3-середня
- 4-нижче середньої

II клас пожежної небезпеки за умовами погоди (300-1000)

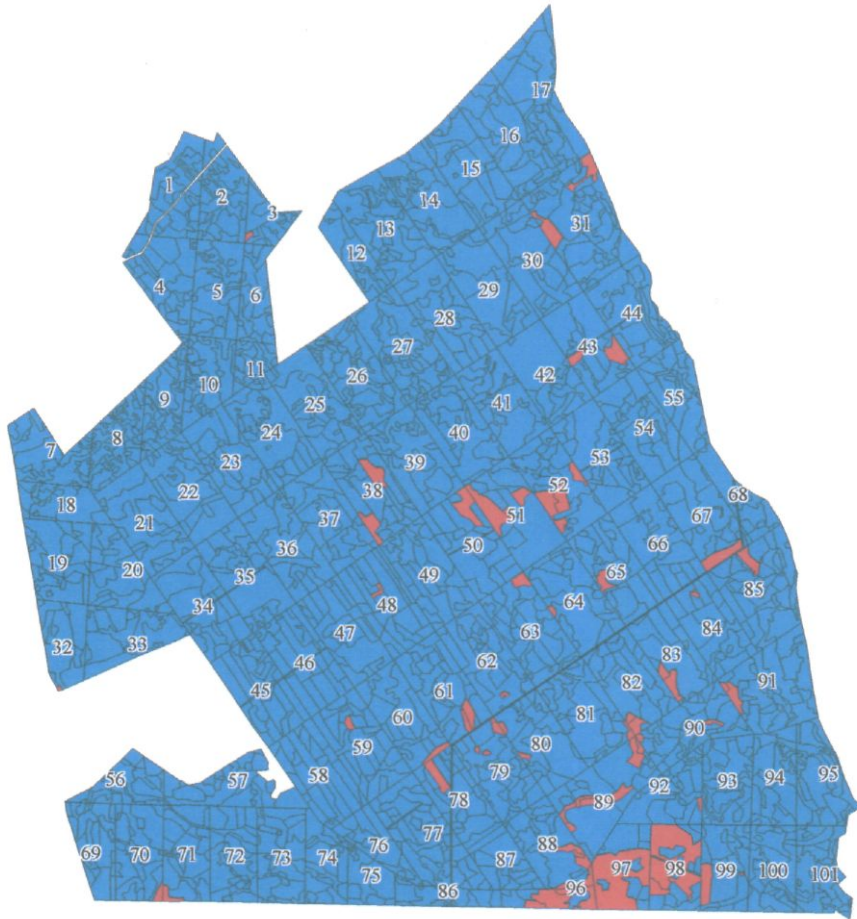
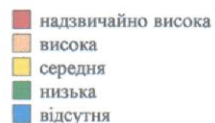


Рис - Пожежна небезпека лісового фонду Білобережського лісництва Іванківського ДЛГ при різних значеннях комплексного показника В.Г.Нестерова.

а) - 300-1000.

Ступені пожежної небезпеки за метеоумовами



III клас пожежної небезпеки за умовами погоди (1000-3000)

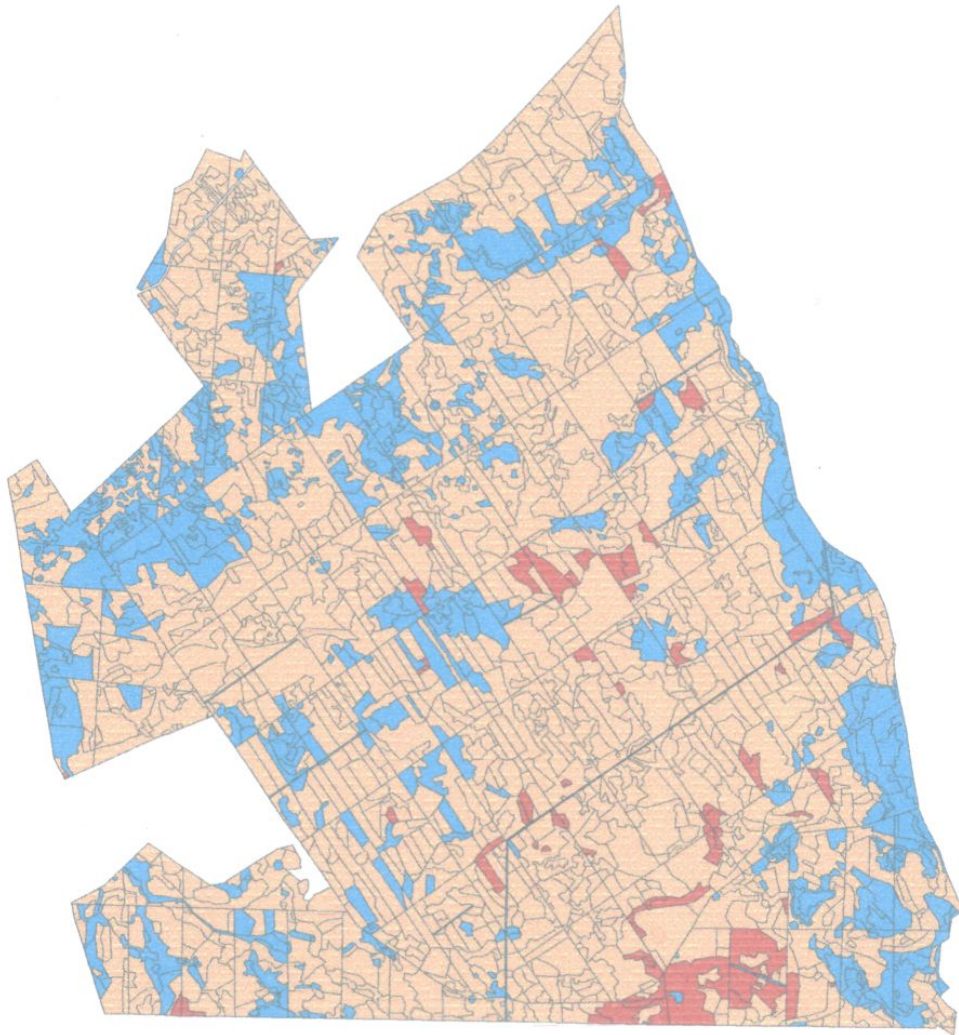
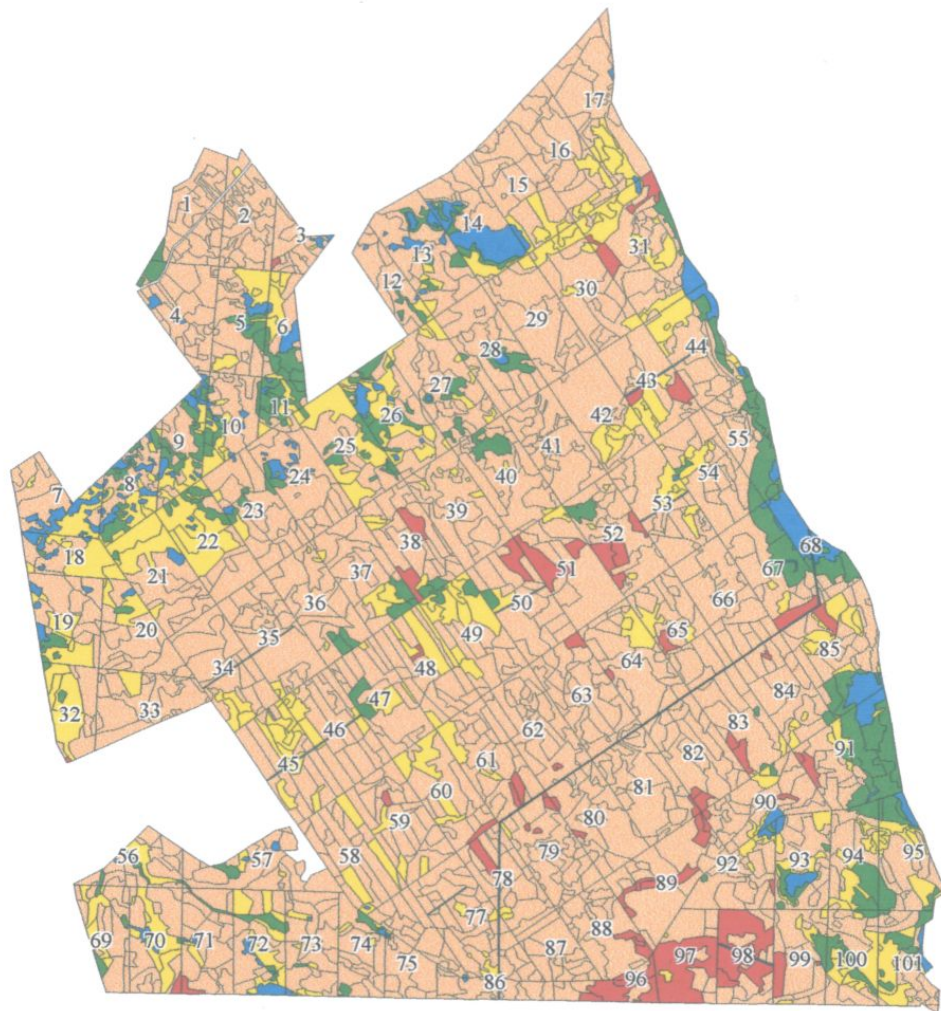


Рис.2.6. б) - 1000-3000.

Ступені пожежної небезпеки за метеоумовами

- середня
- низька
- відсутня



IV клас
пожежної
небезпеки за
умовами
погоди
(>10 000)

Рис - г) - 10 000 і вище

Ступені пожежної небезпеки за метеоумовами

- надзвичайно висока
- висока
- середня
- низька

Природна пожежна небезпека (зліва) та пожежна небезпека при IV класі за умовами погоди (справа)

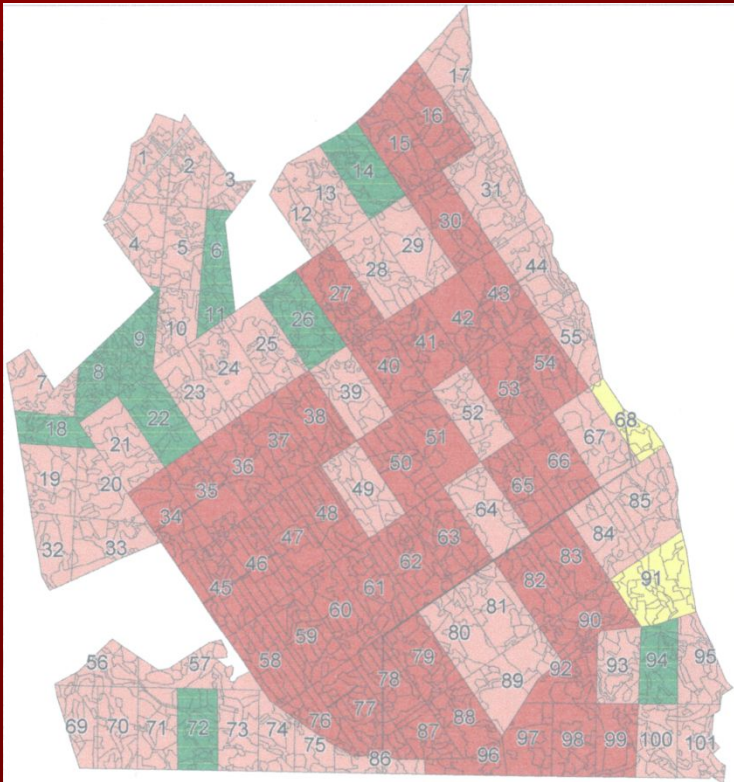


Рис - Поквартальний розподіл лісового фонду Білобережського лісництва Іванківського ДЛГ за класами пожежної небезпеки, розрахований методом середньозважених оцінок

Класи пожежної небезпеки

- 1-висока
- 2-вище середньої
- 3-середня
- 4-нижче середньої

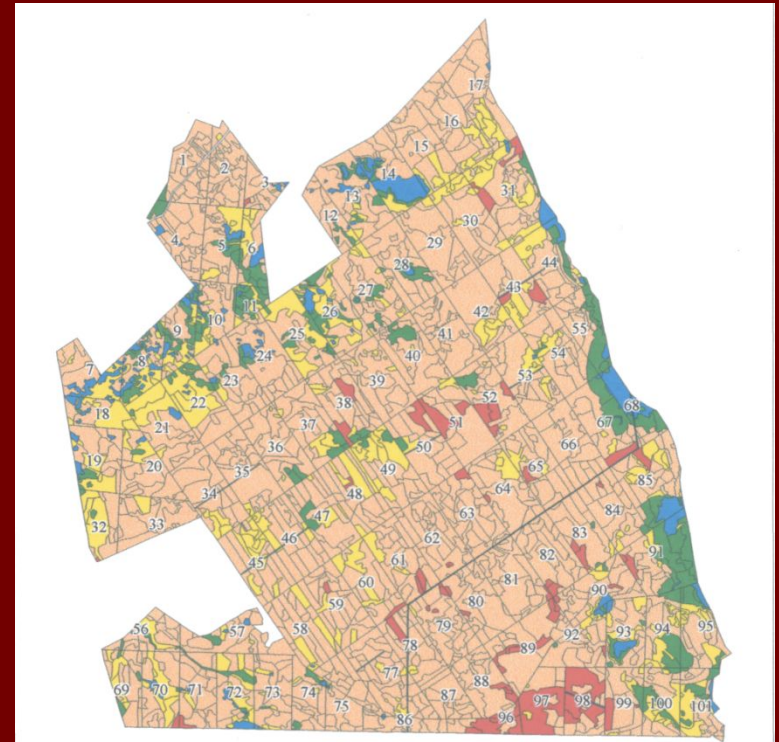
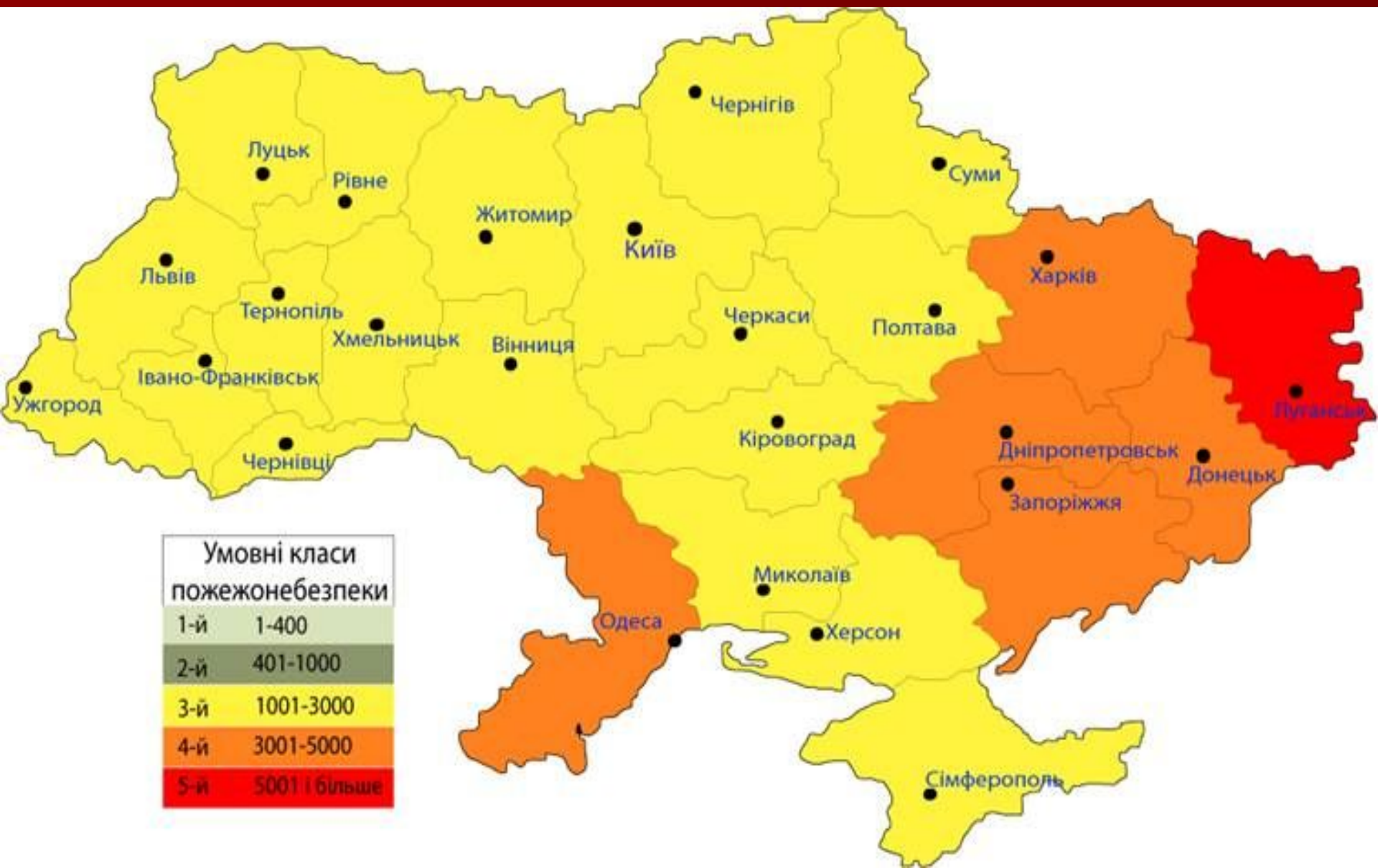


Рис - г) - 10 000 і вище

Ступені пожежної небезпеки за метеоумовами

- надзвичайно висока
- висока
- середня
- низька

Пожежна небезпека за умов погоди



Питання 3

**ПОГОДНІ УМОВИ ТА ПОВЕДІНКА
ПОЖЕЖІ**

Прогнозування погоди на місці пожежі

- *! Якщо пожежу не вдається локалізувати в результаті початкової атаки, необхідно запитувати прогноз погоди.*

Спостереження за погодою мають включати:

- розташування вимірювальних приладів на пожежі;
- час спостереження;
- напрямок вітру;
- швидкість вітру;
- температуру повітря за сухим термометром;
- температуру повітря за вологим термометром;
- відносну вологість повітря;
- точку роси;
- явища в небі (типи хмар, пилові смерчі, опади).

Шкала Бофорта для оцінювання швидкості вітру

Бал	Швидкість вітру, км/год (м/с)	Характеристики
1	≤5 (<2)	Тихий. Дим відхиляється від вертикального напрямку, листя дерев нерухоме, вітер ще не може рухати флюгер
2	6–11 (2–3)	Легкий. Вітер відчувається обличчям, листя періодично легко шелестить, флюгер починає рухатися
3	12–19 (3–5)	Слабкий. Листя і тонкі гілки дерев постійно гойдаються. Вітер розвіває легкі прапори
4	20–28 (5–8)	Помірний. Вітер підіймає пил і папірці, приводить у рух тонкі гілки дерев
5	29–38 (8–11)	Свіжий. Коливаються гілки й тонкі стовбури дерев, вітер відчувається рукою та під час ходьби проти вітру
6	39–49 (11–14)	Міцний. Гойдаються товсті гілки дерев, тонкі дерева гнуться. Гудуть телеграфні дроти
7	50–61 (14–17)	Сильний. Пошкодження верхівок дерев, гойдаються стовбури дерев, гнуться гілки. Йти проти вітру важко
8	>62 (>17)	Дуже сильний. Пошкоджуються дерева, вітер ламає вершини, тонкі й сухі гілки дерев, говорити майже

Оцінювання поведінки пожежі

Поведінка пожежі визначається погодними умовами, властивостями ЛГМ та рельєфом.

Погода є найбільш мінливим і непередбачуваним чинником пожежного середовища, який впливає на поведінку пожежі. До її ключових елементів відносять:

- **Температура повітря** впливає на швидкість випаровування вологи з ЛГМ.
- **Відносна вологість повітря (ВВ)** впливає на вміст вологи у відмерлих і дрібних горючих матеріалах, у той час як зміни ВВ не впливають такою ж мірою на живі горючі матеріали. Найнижча ВВ спостерігається після полудня і супроводжується найбільшою інтенсивністю горіння.

Оцінювання поведінки пожежі

Поведінка пожежі визначається погодними умовами, властивостями ЛГМ та рельєфом.

Вітер має найбільший вплив на поведінку пожежі. Вітер впливає на інтенсивність горіння, швидкість і напрямок пожежі, підйом вуглин. За швидкості вітру більш ніж 6 м/с низові пожежі можуть переходити у верхові. Під час зміни напрямку вітру змінюється форма пожежі і основні елементи пожежі (фронт, фланги, тил). За зміни вітру на великих пожежах орієнтуватися в ситуації можна лише за допомогою авіації (БПЛА).

Опади впливають на зволоження горючих матеріалів і стримують або унеможливають виникнення та подальший розвиток пожежі.

Поведінка пожежі залежно від відносної вологості повітря і вологості ЛГМ

Відносна вологість повітря, %	Вологість ЛГМ різного розміру, %		Відносна легкість випадкового займання і плямистого вогню; Загальні умови горіння
	0,6-2,5 см	2,6–7,6 см	
>60	>20	>15	Мало займань; поширення вогню плямами може відбуватися за швидкості вітру вище 14 км/год.
45–60	15–19	12–15	Низька загроза займання – багаття стають небезпечними; тліюче вугілля викликає займання, якщо відносна вологість <50 відсотків.
30–45	11–14	10–12	Помірна загроза займання – сірник може спричинити займання; умови слабого горіння.

Поведінка пожежі залежно від відносної вологості повітря і вологості ЛГМ

Відносна вологість повітря, %	Вологість ЛГМ різного розміру, %		Відносна легкість випадкового займання і плямистого вогню; Загальні умови горіння
	0,6-2,5 см	2,6-7,6 см	
26-40	8-10	8-9	Висока небезпека займання; поривчастий вітер спричиняє верхову/плямисту пожежу.
15-30	5-7	5-7	Швидке займання, швидке поширення, велика верхова пожежа; будь-яке посилення вітру викликає наростання плямистих пожеж, верхових пожеж, втрати контролю. Вогонь піднімається по корі дерев і переходить у верховий; у сосняках плямисті пожежі на великих відстанях; умови

Поведінка пожежі залежно від відносної вологості повітря і вологості ЛГМ

Відносна вологість повітря, %	Вологість ЛГМ різного розміру, %		Відносна легкість випадкового займання і плямистого вогню; Загальні умови горіння
	0,6-2,5 см	2,6-7,6 см	
<15	<5	<5	Всі джерела займання є небезпечними; агресивне горіння, плямисті пожежі виникають часто і швидко поширюються, ймовірна інтенсивна динаміка пожежі; небезпечні умови горіння.