

3. Арцыбашев Е.С. Лесные пожары и борьба с ними. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 152 с.
4. Зинов Г.И. Охрана лесов от пожаров (справочник). – М.: Россельхозиздат, 1976. – 189 с.

УДК 614.84

В.В.Ковалишин, к.т.н., с.н.с., О.О.Карабин, к.ф-м.н (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ БОРОТЬБИ З ЛІСОВИМИ ПОЖЕЖАМИ

Штучне викликання дощу для гасіння лісових пожеж є перспективним методом гасіння, подальшої розробки вимагають способи подачі кристалізуючих реагентів у хмари

На території України понад 10 млн. га займають ліси і торфoviща. Важко переоцінити роль лісу в житті людини, зокрема, та держави в цілому. Адже ліси - це потужні природні компоненти, що безпосередньо впливають на водний баланс країни, знижують вплив засух та суховіїв, переформовують різні види атмосферного забруднення, захищають ґрунти від водної і вітрової ерозії, селевих потоків, зсувів, руйнування берегів та інших небезпечних геологічних процесів. Окрім того ліс - це цінний промисловий матеріал. З точки зору збереження матеріальних та природних цінностей, екологічної безпеки лісові пожежі становлять значну проблему.

Відповідальність за організацію і гасіння лісових пожеж несуть керівники лісового господарства (ліспромгоспів). При одержанні повідомлення про пожежу вони повинні негайно вжити заходів щодо її гасіння силами команди лісової пожежної станції, за якою закріплена територія.

Якщо повідомлення про пожежу надійшло безпосередньо в лісову пожежну станцію, тоді її начальник зобов'язаний вжити заходів з підготовки до виїзду команди або окремої бригади на пожежу і одержати необхідні вказівки від керівника лісгоспу або лісника. При відсутності зв'язку з лісгоспом або лісництвом начальник повинен сам прийняти рішення про виїзд на пожежу.

При виникненні на території лісництва одночасно декількох пожеж або коли швидко загасити пожежу силами лісової пожежної станції неможливо, лісничий повинен сповістити про це в лісгосп для виклику до місця пожежі додаткових сил і засобів із сусідніх лісництв.

Якщо сил лісових пожежних станцій для гасіння пожеж недостатньо, тоді керівники лісгоспів повинні залучати резервні команди, техніку і засоби транспорту з промислових та інших об'єктів. Якщо ж пожежі приймають характер стихійного лиха, тоді керівники лісгоспів повинні вжити відповідних заходів до залучення формувань МНС, державної пожежної охорони і військових підрозділів.

За даними відділу охорони і захисту лісу Держкомлісгоспу України в 2000 році в Україні сталося 1981 пожежа на площі 773 га, у 2001– 1142 пожежі на площі 1925 га. Середня площа однієї пожежі 1,69 га. Щороку в Україні в середньому виникає близько 3 тисяч лісових пожеж, якими знищується понад 5 тис. га лісу. Збитки від лісових пожеж лише протягом одного 2003 року становили близько 2 млн. гривень в 2004 році 430 тис. грн.

Для гасіння лісових пожеж використовуються пожежні автомобілі основного, спеціального і допоміжного призначення, а також лісопожежна, сільськогосподарська та інша техніка.

Тактико-технічні характеристики пожежних автомобілів різного призначення приведені в пожежно-технічній літературі.

При гасінні лісових пожеж застосовуються наступні способи і прийоми:

- захльостування вогню по крайці пожежі гілками та хлопавками;
- засипання крайки пожежі ґрунтом за допомогою лопат;
- засипання крайки пожежі за допомогою ґрунтометів або смугопрокладачів;
- прокладка на шляху поширення пожежі загороджувальних мінералізованих смуг і канав;
- відпалювання;
- гасіння по крайці водою;
- гасіння хімічними вогнегасними речовинами.

Вибір способів і прийомів гасіння пожежі залежить від виду, сили і швидкості її поширення, природних умов, наявності сил і засобів пожежогасіння і тактичних прийомів, що намічаються.

В лісистих місцевостях Російської федерації, Канади, США, Скандинавських країн та України з настанням тривалих бездошових періодів виникають численні спалахи пожеж, частину яких своєчасно не виявляють і не гасять. Це призводить до розповсюдження пожеж на великих площах лісів. Практика довела, що не зважаючи на великі зусилля, залучення великої кількості людей, технічних засобів не завжди дає очікуваний результат – рух пожежі можливо зупинити лише в окремих місцях, а далі пожежа продовжує діяти і досягає величезних розмірів. Такі пожежі згасають з настанням дощового періоду.

Часто можна зауважити, як у спекотні дні над лісовими масивами утворюються потужні купчасті хмари, з яких от-от повинен випасти дощ, але цього не відбувається, хмари поступово розсіюються. Думка про штучний виклик дощу давно турбувала вчених, адже така хмара має обсяг 8-10 км³ і містить значні запаси води. Врешті-решт було знайдено спосіб штучного викликання опадів з хмар.

За даними Є.С. Арцибашева, думка про можливість впливу на метеорологічні явища в атмосфері вперше була висловлена Д.І. Менделєєвим. Перші досліді з активного впливу на хмари було проведено в 1921 р. В.І. Віткевичем, а теоретичне їх обґрунтування зроблено в 1925 р. Б.П. Вайнбергом. Новий етап досліджень розпочався з 1946 р. після відкриття американськими вченими В. Шефером – особливих властивостей твердої вуглекислоти та Б. Воннегатом – йодистого срібла, здатних впливати на переохоложені хмари та викликати опади. Досліді, що проведені в Українському науково-дослідному гідрологічному інституті за участю Г. Приходька, М. Леонова, Є. Перелета, підтверджували можливість виклику штучних опадів не тільки із зимових, переохолоджених хмар, а й з літніх, так званих теплих.

Для розуміння штучного виклику опадів із хмар потрібно зупинитися на механізмові виникнення опадів в природних умовах. Потужні купчасті хмари утворюються як наслідок конвекції в атмосфері і розміщуються своєю нижньою частиною на висоті 800-1500 м. Температура повітря влітку на цій висоті становить від 5 до 12 °С. Вершини таких хмар сягають 6-7 км, а температура в них часто знижується до -20 °С і нижче. Як правило, такі хмари мають крапельну будову з діаметром найбільших краплин (10-11)·10⁻⁸ м і найменших — (6-7)·10⁻⁸ м. Опади з потужних купчастих хмар не випадають. Справа в тому, що краплі води в хмарі можуть не замерзати до температури -40 °С, знаходячись в переохоложеному стані. Тільки невелика частка крапель замерзає, рівномірно розподіляючись серед переохолоджених. Такі хмари називають мішаними.

Механізм процесу утворення опадів з мішаних хмар вперше описав шведський вчений Т. Бержерон. Він вважав, що пружність насичення водяної пари відносно льоду менша, ніж

відносно переохолодженої води при тій же температурі. В результаті виникає перенесення водяної пари до частинок льоду, які з часом перетворюються в кристали льоду досить помітних розмірів, що дозволяє їм падати через товщу хмари. Падаючи, вони стикаються з переохолодженими крапельками води, які до них примерзають. Нижче нульової ізотерми кристалики тануть і перетворюються в краплі дощу (рис. 1). Наявність в хмарах кристалів Т. Бержерон пояснював не тільки замерзанням частини крапель, а й надходженням їх з хмар, розташованих вище. Розвиваючи думку Т. Бержерона, В. Фіндайзен висловив припущення, що кристалики льоду в хмарах утворюються внаслідок сублімації водяної пари, тобто переходу води з газоподібного стану до твердого. Описаний процес утворення опадів з потужних купчастих хмар отримав назву *теорії Бержерона-Фіндайзена*.

В 1946 р. В. Шефер випадково ввів тверду вуглекислоту в камеру, наповнену переохолодженими краплями води, і викликав тим самим масове утворення кристаликів льоду. Це підтвердило механізм утворення опадів за Бержероном. Пізніше були знайдені інші реагенти: йодисте срібло, йодистий свинець, сірчиста мідь, кристалічна будова яких дуже схожа з кристалічною будовою льоду. Найефективніші з них, які можуть бути використані для штучного викликання опадів, – це йодистий свинець (PbI) та сірчиста мідь (CuS). Основними властивостями реагентів є вихід ядер кристалізації на 1 г речовини та порогова температура, тобто та мінімальна температура, при якій реагент викликає кристалізацію переохолоджених краплин у хмарі. В цьому відношенні найефективніше діє тверда вуглекислота (CO₂), яка при температурі випаровування -78,9 °С майже миттєво перетворює переохолоджені краплини H₂O в лід.

Але технічно легше ввести в хмару йодисте срібло або йодистий свинець. Надійним способом введення реагенту є постріл із звичайної ракетниці, за допомогою якого вводиться шашка з піроскладом, яка згоряє. Активної речовини в заряді піропатрона — 15 г, дальність польоту шашки — 80-90 м, термін згоряння — 4-5 с.

1 г йодистого срібла дає 2×10^{12} ядер кристалізації. Реагент діє при пороговій температурі -7°С. Чим більша потужність хмари, тим вища вірогідність виклику опадів.

Сірчисту мідь в хмару вводять шляхом розпорошування в період проходження літака через переохолоджену верхню частину хмари або шляхом скидання на верхню частину хмари спеціальних контейнерів з вибуховим механізмом, що керується дистанційно. Дослідним шляхом встановлено, що для виклику дощу з хмари об'ємом 8-10 км³ потрібно 10-14 г йодистого свинцю або 100-120 г сірчистої міді. Введення реагента вважається ефективним, якщо через 1,5-2 хв припиняється ріст вершини хмари, її контур стає нечітким. Супутніми ознаками є райдуга тощо.

Перший досвід успішного гасіння лісової пожежі штучно викликаними опадами був проведений П.А. Губіним 28 травня 1968 р. в Хабаровському краї. Вплив на хмару був здійснений за допомогою спеціально обладнаного літака-"зондувальника".

Досліди з гасіння лісових пожеж штучно викликаними опадами, що проводили в 1968-1969 рр. в Красноярському та Хабаровському краях, дозволили опрацювати основні методичні рекомендації, які потім було покладено в основу нормативних документів. Спочатку проводиться огляд пожежі для визначення її лінійних розмірів, інтенсивності горіння, напрямку руху фронтальної кромки тощо. Літак набирає висоту до верхньої межі хмар, вивчаючи основні їх характеристики: форму, вид, характер розвитку, висоту верхньої та нижньої меж, температуру повітря, положення нульової ізотерми. На основі цих даних визначають критерії, що забезпечують високу ймовірність виклику опадів. Щоб викликані штучно опади потрапили на пожежу, визначається відстань від точки дії на хмару до точки горіння L:

$$L = v(\tau_1 + \tau_2),$$

при цьому враховується швидкість руху хмари v , час, через який почнуть випадати опади τ_1 , та час, коли вони досягнуть максимуму τ_2 .

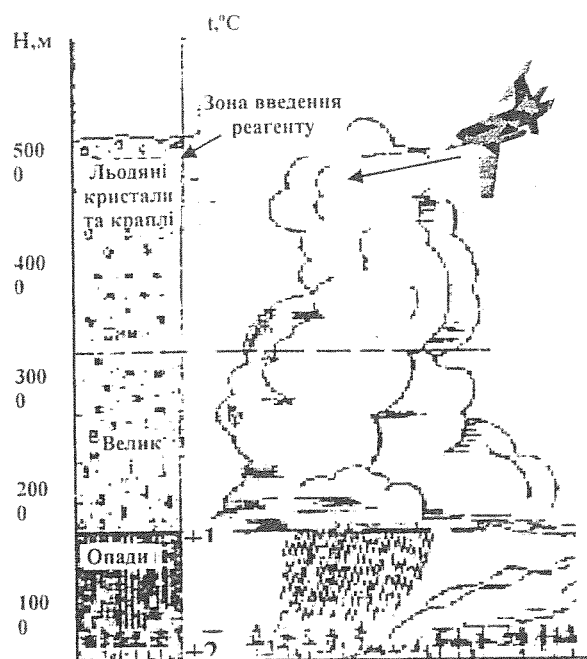


Рис. Штучний виклик дощу з хмар (за Арцибашевим Є.С., 1973)

Швидкість хмар можна визначити за швидкістю вітру на висоті 3 км або за переміщенням тіні від хмари на землі. Дослідним шляхом встановлено, що $\tau_1 = 12$ хв, а $\tau_2 = 10-20$ хв залежно від хмари, її обводнення та стадії "зрілості" до випадання дощу;

На практиці для більшої ймовірності попадання дощу на пожежу реагентом впливають не на одну, а на кілька хмар, які охоплюють пожежу підковою. В цьому випадку опади не тільки гасять пожежу, а й змочують сусідні з нею площі лісу, знижуючи в них ймовірність загоряння. Встановлено, що при штучному виклику опадів їх може випасти від 3 до 12 мм смугою до 25 км. Вартість 1 т води, отриманої внаслідок штучно викликаних опадів, в сотні, навіть тисячі разів менша доставки її за допомогою літальних апаратів.

Не зважаючи на ефективність способів гасіння пожеж штучно викликаними опадами з використанням літаків-"зондувальників" має і свої недоліки. Так, польоти в безпосередній близькості до потужних купчастих хмар досить небезпечні. Економічно недоцільно тримати постійно в повітрі літак над зоною великої пожежі, щоб дочекатися бажаної метеорологічної ситуації. Тому велися пошуки інших способів доставки кристалізуючих реагентів у хмари. Опрацьовано три способи: за допомогою спеціальних ракет, безосколкових снарядів зенітної артилерії та наземних генераторів. Ці пошуки велися з метою уникнення градобобою сільськогосподарських культур.

Перші дослідження щодо застосування спеціальних ракет для введення кристалізуючих реагентів у хмари були проведені в Молдавії та на Кавказі в 60-ті роки.

Використання ракет з метою гасіння пожеж штучно викликаними опадами вимагає створення тимчасових пунктів для їх запуску, їх можна організувати, доставивши обладнання в необхідне місце на гелікоптері. З досліджених кількох типів засобів доставки реагентів в хмари найбільш повно за тактико-технічними характеристиками відповідають ракети типу "Алазань" в одно-, двоступеневих варіантах. Останній варіант – найбільш ефективний.

Численні експерименти довели високу ефективність гасіння лісових пожеж штучно викликаними опадами з хмар за допомогою спеціальних ракет, що запускають із землі.

Ми дослідили актуальність цього методу для Львівської області. Для цього за даними гідрометеоцентру та джерела [4] проаналізували вірогідність настання хмарних днів (табл.1). Це ще раз підтвержує ефективність використання методу штучного викликання опадів для гасіння лісових пожеж

Таблиця 1. Повторюваність у відсотках ясного, пів'ясного і похмурого станів неба

Стани неба	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0-2	38	36	42	47	47	47	47	51	52	47	31	32
3-7	10	10	14	23	30	30	31	27	19	15	13	11
8-10	52	54	44	30	23	23	22	22	29	38	56	57

Наведена повторюваність (%) ясного (0-2 бала), пів'ясного (3-7 балів) і похмурого (8-10 балів) станів неба, виражена у відсотках від загального числа спостережень.

Як висновок: штучне викликання дощу для гасіння лісових пожеж є перспективним методом гасіння і тому способи подачі кристалізуючих реагентів у хмари потребують подальшої розробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проект рекомендацій для гасіння лісових пожеж в гірській місцевості. Львів: - ЛПБ МВС України, 2003. -110с
2. Свириденко В.Є., Бабіч О.Г., Швиденко А.Й. Лісова пірологія. К.: Агропромвидав України, 1999. -172с.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році. К: Чорнобильінтерінформ, 2004. -435С.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР серия 3. Многолетние данные, части 1-6. Вып. 10. Украинская ССР, книга 2.-Ленинград.: Гидрометиздат. – 1990.-320С.

УДК 614.84

Ю.О.Абрамов, д.т.н. професор, С.Ф.Кривошилюков, О.А.Тарасенко, к.т.н. (Академія цивільного захисту України)

МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ РУХУ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ПРИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НИЗОВОЇ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ

Запропоновано математичну модель руху сил та засобів пожежогасіння при локалізації низової лісової пожежі, що розвивається в умовах одного ландшафтного урочища при постійній швидкості вітру. Модель припускає можливість оптимізації параметрів тактики гасіння пожежі.

Постановка проблеми. Питання оптимізації процесу локалізації та гасіння лісової пожежі (і більш ширше, – ландшафтної пожежі) полягає, в першу чергу, в зниженні прямих