

УДК 614.842.61

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ СОПОЛІМЕРІВ АКРИЛАМІДУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЗАГОРОДЖУВАЛЬНИХ СМУГ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2024.2.75-81>

Стилик І. Г.^{1*}, ORCID iD 0000-0002-8474-2014
Кодрик А.І.¹, ORCID iD 0000-0002-3787-5674
Борисов А.В.¹, ORCID iD 0000-0001-6858-0492
Тітенко О.М.¹, ORCID iD 0000-0002-4950-8580
Куценко М. А.², ORCID iD 0000-0001-6879-9187

*E-mail: igor_stilik@ukr.net

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,

²Національний університет цивільного захисту України, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ	АНОТАЦІЯ
Надійшла до редакції: 30.09.2024	Розглянуто статистичні дані стосовно пожеж лісових і в природних екосистемах. Досліджено небезпеки, пов'язані із запобіганням та ліквідацією пожеж в екосистемах. Проаналізовано вітчизняні та зарубіжні літературні джерела за напрямом досліджень і встановлено, що складність гасіння пожеж в екосистемах залежить від таких факторів, як величина площі та важкодоступність територій, залежність від погодних умов, тип і вологість рослинності, обмеженість ресурсів та техніки. Як нові вогнезахисні речовини застосовано водний розчин полімеру, який отримано за допомогою диспергування подрібненого сухого полімеру, що набухає у воді, рослинній олії, з додаванням поверхнево-активних та стабілізуювальних речовин. Розглянуті полімерні дисперсії здебільшого складаються з елементів, що є харчовими продуктами або схвалені як прямі харчові добавки, які є особливо бажаними з огляду на охорону здоров'я, безпеку, навколишнє середовище та аспекти поводження. Для визначення оптимального складу реагентів у водних розчинах встановлено здатність до прилипання вогнезахисної речовини залежно від концентрації гелеутворювача у розчині. Визначено, що максимальна здатність до налипання досягається за концентрації гелеутворювальної речовини у розчині в межах 0,3%. Досліджено можливість використання вологого утримувального полімеру Ecofloc A-07 як розчину водорозчинних прозорих гранул, які підвищують його адгезію та здатні до плівкоутворення, для розроблення гелеутворювальної вогнезахисної речовини. Внаслідок проведених досліджень встановлено, що запропонована речовина для створення загороджувальних смуг ефективна протягом 30 годин. Отримані під час наукової розвідки результати свідчать про можливість застосування розчинів на основі сополімерів акриламідів для створення загороджувальних смуг під час пожеж в екосистемах. Проте надалі є потреба у дослідженнях з визначення випаровуваності зазначених рідин у статичному стані для гідрогелю на полімерній основі Ecofloc A – 07 у разі типових значень процентного вмісту полімерного гелеутворювача 0,3 %.
Пройшла рецензування: 15.10.2024	
КЛЮЧОВІ СЛОВА: вогнезахисна речовина, полімерні гелеутворювальні сполуки, в'язкість речовини, адгезія, полімерна дисперсія, акрилові або акриламідні полімери, пожежі в екосистемах	

Постановка проблеми. До пожеж у природних екосистемах належать лісові пожежі та на торфовищах, відкритих територіях (ландшафтні та степові), на

сільськогосподарських угіддях (лани зернових і технічних культур) [1].

Згідно зі статистичними даними [2] у 2023 році сталося 1278 лісових пожеж, що на 21,5% більше, ніж у 2022 році та на

93,6% більше, ніж у 2021 році. Для порівняння: у 2022 році сталося 1052 лісові пожежі, а у 2021-му – 660.

Площа лісових земель, пройдених пожежами, у 2023 році становила 51 тис. га. Це в 3,2 раза більше, ніж у 2022 році та в 170 разів більше, ніж у 2021-му (у 2022 році – 15,8 тис. га, а у 2021 році – 0,3 тис. га.). У 2023 році збитки внаслідок лісових пожеж становили близько 2,05 млрд грн, що в 6,8 раза більше, ніж у 2022 році та в 975 разів більше, ніж у 2021-му. У 2022 році збитки через лісові пожежі становили 302,4 млн грн, а у 2021 році – 2,1 млн гривень.

Згідно зі статистичними даними [3] у 2023 році сталося 512 пожеж у природних екосистемах (без урахування лісових пожеж), що на 26,4% менше, ніж у 2022 році [4] та на 3,0% менше, ніж у 2021-му [5]. У 2022 році сталося 647 лісових пожеж, а у 2021-му – 528. Розподіл кількості лісових пожеж та у природних екосистемах протягом 2019–2023 рр. наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Кількість пожеж лісових та у природних екосистемах протягом 2019–2023 років

Наведена вище статистика зумовлена складністю гасіння пожеж в екосистемах, на яку впливають такі фактори, як величина площі та важкодоступність територій, залежність від погодних умов, тип і вологість рослинності, обмеженість ресурсів і техніки та інші техногенні фактори.

Зазвичай лісові та степові пожежі охоплюють величезні території, часто у віддалених або важкодоступних місцях, що впливає на швидкість реагування пожежних підрозділів. Транспортні обмеження через брак доріг або важкі

умови для використання техніки також впливають на зниження ефективності гасіння. Погодні умови, такі як сильний вітер, висока температура і низька вологість, сприяють швидкому поширенню вогню. Вітер може переносити іскри на великі відстані, спричиняючи нові осередки загоряння. Дощі та вологість допомагають у гасінні пожеж, але непередбачуваність погоди робить процес контрольованого гасіння складним. Слід зазначити, що різні типи рослинності (ліси, степи, болота) мають різну горючість. Наприклад, хвойні ліси містять багато смол, що підвищує їх займистість. Висохла рослинність або торфовища можуть горіти протягом тривалого часу і створювати сильну задимленість, що ускладнює доступ пожежників і може мати негативний вплив на здоров'я людей. Також гасіння пожеж в екосистемах потребує врахування питань щодо збереження місцевої флори та фауни, що створює додаткові труднощі у виборі методів гасіння, які не зашкодять природному середовищу. Велика площа і тривалість пожеж часто перевищують наявні ресурси та засоби пожежогасіння, такі як кількість техніки, води, пожежних підрозділів тощо. Авіаційна підтримка (гвинтокрили, літаки для скидання води або вогнегасних сумішей) є необхідною, але така техніка має високу ціну та потребує специфічних умов використання. Вплив людей на ландшафт та інфраструктуру також ускладнює контроль над пожежами. Наприклад, наявність газових трубопроводів або електричних ліній у зоні пожеж може спричинити додаткові аварії та обтяжити роботу рятувальників.

Гасіння пожеж в екосистемах є непростим процесом через комбінацію природних і техногенних факторів, які ускладнюють доступ до місць пожеж, роблять їх непередбачуваними та потребують значних ресурсів і специфічних методів боротьби з вогнем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У багатьох країнах світу для боротьби з поширенням пожеж у природних екосистемах застосовуються загороджувальні смуги, створені з водних розчинів хімічних речовин із

вогнезахисними властивостями. В Україні такого досвіду поки що немає, хоча деякі з таких речовин за часів Радянського Союзу вироблялися в Державному науково-дослідному та проектному інституті основної хімії (м. Харків) [1].

Згідно з [6] можливе використання гелеутворювальних речовин для створення загороджувальних смуг під час гасіння пожеж у природних екосистемах. Під час змішування з водою полімер миттєво її адсорбує. Зазначене з огляду на вплив особливих активаторів призводить до швидкої фазової інверсії емульсії, що звільнює аніонний полімер, який починає активно поглинати велику кількість води, водночас збільшуючи в'язкість розчину води залежно від концентрації гелевого концентрату. Концентрацію гелю у водних розчинах змінювали від 0,01 до 0,4% залежно від подальшого призначення розчину. З огляду на фізико-хімічні показники, що визначають призначення, продукт класифікують як вогнегасну речовину або засіб вогне-, теплозахисту. Гідрогель практично не випаровується і щільно накриває вогнище загоряння. Перевагою застосування гідрогелів [7] є їх висока вогнезахисна дія. Зв'язуючи воду на молекулярному рівні, гель створює захисне покриття на поверхні горючих матеріалів. Крім того, на відміну від піни та інших токсичних порошків, які застосовуються для гасіння пожеж, гідрогель екологічно безпечний.

Формування цілей дослідження.

Метою роботи є визначення можливості використання водних полімерних гелевих розчинів для створення загороджувальних смуг під час пожеж в екосистемах.

Завданням є визначення ефективності використання полімерних гелевих розчинів для створення загороджувальних смуг і встановлення часу їх ефективного використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як захисні речовини використано водний розчин полімеру, який отримано за допомогою диспергування подрібненого сухого полімеру, що набухає у воді, рослинній олії, з додаванням поверхнево-активних та стабілізуювальних речовин. Переважно дисперсія являє собою сухий зшитий полімер щонайменше

одного гідрофільного мономеру, диспергованого в рослинній олії. Зазвичай полімер є сополімером акриламідів та похідних акрилової кислоти (наприклад, акрилатної солі). Додаток поєднує в собі властивості суперадсорбувального полімеру, оскільки він може поглинати значну кількість води порівняно зі своїм розміром і вагою, і загусника, оскільки отримана водно-додаткова суміш має відносно високу в'язкість. З метою контролю процесу набухання гідрогелю для приготування водного розчину полімеру за допомогою сит відбирались полімерні частинки приблизно однакових розмірів.

Для сприяння дисперсії сухих полімерних частинок у рослинній олії застосовували поверхнево-активні речовини з низьким гідрофільно-ліпофільним балансом, наприклад сорбітан моноолеат та його похідні. Для забезпечення стабільності та текучості дисперсії використано пінистий діоксид кремнію. Полімерні дисперсії, які складаються здебільшого з рослинної олії, сорбітан моноолеату та пінистого кремнезему, є особливо бажаними з огляду на охорону здоров'я та безпеку навколишнього середовища.

Для визначення оптимального складу реагентів у водних розчинах вивчалася здатність до прилипання вогнезахисної речовини залежно від концентрації гелеутворювача у розчині.

Щоб випробувати адгезію гідрогелів до дерев'яних дощочок розмірами 100×50×8 мм зважували останню перед тим, як дощочка була занурена у гідрогель на глибину 50 мм протягом 60 с. Після того як дощочку видаляли з гідрогелю, суспендували її протягом 600 с, її знову зважували. Масу гідрогелю, що залишався прилиплим до поверхні, розраховували з різниці в масі до і після. Потім визначали товщину утвореної плівки гідрогелю з огляду на його масу та площу поверхні, зануреної до гелевого розчину. Як кількісну оцінку здатності досліджуваної речовини до прилипання взято формулу 1:

$$q_i = \frac{m_{i,a} - m_{i,b}}{m_{w,a} - m_{w,b}} \quad (1)$$

де: q_i – відносна величина здатності до прилипання i – тої досліджуваної речовини до зовнішньої поверхні прийнятого (еталонного) зразка деревини;

$m_{i,b}$ – маса незмоченого прийнятого (еталонного) зразка деревини, г;

$m_{i,a}$ – маса змоченого досліджуваною речовиною прийнятого (еталонного) зразка деревини, г;

$m_{w,b}$ – маса незмоченого прийнятого (еталонного) зразка деревини, г;

$m_{w,a}$ – маса змоченого водою прийнятого (еталонного) зразка деревини, кг

Результати проведених досліджень з визначення відносної величини здатності до прилипання для гелю на полімерній основі у водному розчині залежно від процентного вмісту гелеутворювача надані у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати визначення здатності до прилипання у разі зміни концентрації гелеутворювальної речовини в розчині

Концентрація гелю у розчині, %	1	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05
№ дощечки	1	2	3	4	5	6
Вага чистої дощечки, г	12,44	13,41	13,23	13,62	16,44	15,92
Вага дощечки після суспендування протягом 600 с	13,35	14,09	13,76	14,01	16,70	16,15
Вага гелю на дощечці, г	2,24	0,69	0,53	0,39	0,26	0,23
Вага гелю на см ²	0,0224	0,0160	0,126	0,0090	0,0054	0,0034
Товщина утвореної гелевої плівки, мм	0,021	0,015	0,012	0,0085	0,0049	0,0032

З огляду на аналіз отриманих результатів варто зазначити, що висока відносна здатність до прилипання вогнегасної речовини на основі гідрогелю значно збільшує величину адгезійного та охолоджувального шару поверхні порівняно з водою. Захисний шар гідрогелю містить велику кількість води, що прилипає до стінок, що може надійно захистити поверхні від нагрівання. Зростання здатності до налипання зменшується у разі досягання концентрації гелеутворювальної речовини у розчині в межах 0,3%. Надалі під час проведення випробувань автори використовували розчин з 0,3% полімеру.

Досліджено можливість використання вологого утримувального полімеру Ecofloc A-07 як розчину водорозчинних прозорих гранул, які підвищують його адгезію та здатні до плівкоутворення для виготовлення гелеутворювальної вогнезахисної речовини. За основу для проведення експериментальних досліджень у контексті методики здійснення випробувань

використано Програму та методику випробувань з визначення ефективності застосування загороджувальної смуги, створеної з використанням 10%-го модифікованого водного розчину P-PRO з вогнезахисними властивостями, для локалізації низових пожеж у природних екосистемах, яка затверджена та використовується в ІДУ НД ЦЗ. Суть методу експериментальних досліджень полягає у визначенні можливості поширення полум'я на вогнезахисну смугу, створену за допомогою водних вогнезахисних речовин. З метою визначення часу ефективного використання вогнезахисної смуги експериментальні дослідження повторно проводились з інтервалом у 6 год з моменту нанесення полімерних гелевих розчинів.

Для створення загороджувальної смуги використовували суміш наземних горючих матеріалів (дрібних гілочок, кори, шишок тощо) хвойних порід дерев (далі – суміш, які за шкалою оцінки пожежної небезпеки земель, належать до

найбільш пожежонебезпечних насаджень. Перед проведенням експериментальних досліджень суміш піддано кондиціонуванню протягом 24 год за температури $(45 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Суміш масою (1000 ± 10) г рівномірно викладено в металеве деко, довжина сторін якого становить (900 ± 5) мм, а висота борту – (55 ± 5) мм. За допомогою пристрою розпилення здійснено оброблення ділянки шириною (500 ± 1) мм симетрично центральній вісі дека. Для розпалення горючих матеріалів

використовували бензин марки А 92 у кількості (25 ± 2) мл, який наносили на горючі матеріали за допомогою ручного пристрою для розбризкування. Ширина смужки розбризкування бензину становила (50 ± 10) мм. Схематичне розташування у деку смужки загороджувальної смуги, смужки розбризкування бензину та точки вимірювання швидкості повітря наведено на рис. 2.

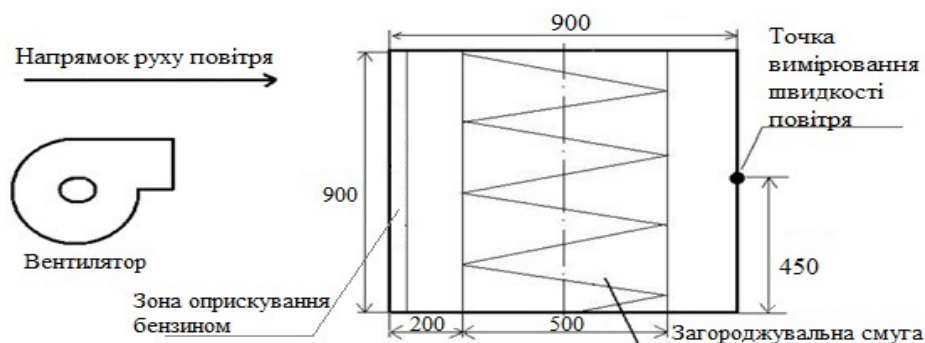


Рисунок 2 – Схематичне розташування у деку смужки загороджувальної смуги, смужки розбризкування бензину та точки вимірювання швидкості повітря

Експериментальні дослідження проводились у вогневому випробувальному боксі. Перед підпалюванням бензину за допомогою вентилятора створили потік повітря, який становив $(1,0 \pm 0,1)$ м/с. Підпалювання горючого матеріалу здійснювалось з навітряного боку вздовж паралельної до загороджувальної смуги сторони дека. Після здійснення підпалювання горючого

матеріалу проводили візуальне спостереження за проходженням полум'я через загороджувальну смугу. Загороджувальна смуга вважалась ефективною, якщо максимальна глибина проникнення полум'я в неї у двох дослідах не перевищує 1/2 від її ширини. Результати проведення експериментальних досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати визначення здатності до прилипання у разі зміни концентрації гелеутворювальної речовини в розчині

Час проведення досліджень, год	Результати	
	Дослід 1	Дослід 2
6	Прогорання немає	Прогорання немає
12	Прогорання немає	Прогорання немає
18	Прогорання немає	Прогорання немає
24	Прогорання немає	Прогорання немає
30	Є прогорання глибиною 45 мм	Є прогорання глибиною 52 мм
36	Є максимальне прогорання глибиною 350 мм	Є максимальне прогорання глибиною 330 мм

Робочі моменти проведення експериментальних досліджень наведено на рис. 3.



Рисунок 3 – Робочі моменти проведення експериментальних досліджень

Висновки та напрями подальших досліджень. Аналізуючи отримані результати, можна зазначити, що розчини гелеутворювального водопоглинального полімеру типу Есофлос А-07 можна використовувати під час гасіння пожеж в екосистемах як вогнезахисну речовину для створення загороджувальних смуг.

Надалі доцільно провести розвідку щодо випаровуваності досліджуваних рідин у статичному стані для гідрогелю на полімерній основі Есофлос А – 07 у разі типового значення процентного вмісту полімерного гелеутворювача 0,3 % для уточнення можливості та умов використання як матеріалу загороджувальних смуг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Провести дослідження ефективності загороджувальних смуг для локалізації пожеж природних екосистем із застосуванням речовин з вогнезахисними властивостями : звіт про науково-дослідну роботу (заключний) / О. В. Корнієнко, М. І. Копильний, С. В. Жартовський, Р. В. Ліхнівський та ін. Київ : УкрНДІЦЗ ДСНС України - 2017. 216 с. (Доступ 30.09.2024).
2. Статистичні дані лісових пожеж в Україні, 2023. URL : <https://skilky-skilky.info/u-2023-rotsi-lisovi-pozhezhi-okhopyly-v-3-razy-bilshu-terytoriiu/> (Доступ 30.09.2024).
3. Аналіз пожеж, що сталися в Україні за 12 місяців 2023р. / ІДУ НД ЦЗ, 2023. URL:<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/1/8/2/6/2/analytychna-dovidka-pro-pojeji-122023.pdf>. (Доступ 30.09.2024).
4. Аналіз пожеж, що сталися в Україні за 12 місяців 2022р. / ІДУ НД ЦЗ, 2023. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/6/0/8/6/7/7/analytychna-dovidka-pro-pojeji-122022.pdf>. (Доступ 30.09.2024).
5. Аналіз пожеж, що сталися в Україні за 12 місяців 2021р. / ІДУ НД ЦЗ, 2023. URL:<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/5/3/8/5/7/5/2021-ctatuctuka-analytychna-dovidka-pro-pojeji-122021.pdf>. (Доступ 30.09.2024).
6. Кодрик А.І., Тітенко О.М., Борисов А.В., Мороз О.І., Стилик І.Г., Тимошенко О.М. Можливості використання полімерних гелевих розчинів для гасіння сміттєзвалищ і полігонів твердих побутових відходів. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. К.: № 2 (14) 2022 С. 122-133. (Доступ 30.09.2024).

7. Звіт про науково-дослідну роботу (заключний) «Наукове обґрунтування підвищення ефективності гасіння пожеж за рахунок модифікації складів водних вогнегасних речовин та способів їх подавання» / Кодрик А.І., Тітенко О.М., Борисов А.В., Мороз А.І. - К.: ІДУ НДЦЗ ДСНС України - 2021. 239 с. (Доступ 30.09.2024).

REFERENCES

1. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu (zakliuchnyi) «Provesty doslidzhennia efektyvnosti zahorodzhuvalnykh smuh dlia lokalizatsii pozhezh pryrodnykh ekosystem iz zastosuvanniam rechovin z vohnezakhysnymy vlastyvostiamy» / Korniienko O.V., Kopylnyi M.I., Zhartovskiy S.V., Likhnovskiy R.V. ta in. - K.: UkrNDITsZ DSNS Ukrainy - 2017. 216 s. (Dostup 30.09.2024)
2. Statystychni dani lisovykh pozhezh v Ukraini, 2023. URL:<https://skilky-skilky.info/u-2023-rotsi-lisovi-pozhezh-okhopyly-v-3-razy-bilshu-terytorii/> (Dostup 30.09.2024).
3. Analiz pozhezh, shcho stalysia v Ukraini za 12 misiatsiv 2023r. / IDU ND TsZ, 2023. URL:<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/1/8/2/6/2/analitichna-dovidka-pro-pojeji-122023.pdf>. (Dostup 30.09.2024).
4. Analiz pozhezh, shcho stalysia v Ukraini za 12 misiatsiv 2022r. / IDU ND TsZ, 2023. URL:<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/6/0/8/6/7/7/analitichna-dovidka-pro-pojeji-122022.pdf>. (Dostup 30.09.2024).
5. Analiz pozhezh, shcho stalysia v Ukraini za 12 misiatsiv 2021r. / IDU ND TsZ, 2023. URL:<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/5/3/8/5/7/5/2021-ctatuctuka-analitichna-dovidka-pro-pojeji-122021.pdf>. (Dostup 30.09.2024).
6. Kodryk A.I., Titenko O.M., Borysov A.V., Moroz O.I., Stylyk I.H., Tymoshenko O.M. Mozhlyvosti vykorystannia polimernykh helevykh rozchyniv dlia hasinnia smittiezvalyshch i polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv. Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka. K.: № 2 (14) 2022 S. 122-133. (Dostup 30.09.2024).
7. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu (zakliuchnyi) «Naukove obgruntuvannia pidvyshchennia efektyvnosti hasinnia pozhezh za rakhunok modyfikatsii skladiv vodnykh vohnehasnykh rechovin ta sposobiv yikh podavannia» / Kodryk A.I., Titenko O.M., Borysov A.V., Moroz A.I. - K.: IDU NDTsZ DSNS Ukrainy - 2021. 239 s. (Dostup 30.09.2024).

REGARDING THE POSSIBILITY OF USING ACRYLAMIDE COPOLYMER-BASED SOLUTIONS FOR CREATING FIREBREAKS DURING ECOSYSTEM FIRES

I. Stylyk¹, A. Kodryk¹, A. Borysov¹, O. Titenko¹, M. Kutsenko²

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine*

²*National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine*

KEYWORDS:

fire-resistant substance, fire extinguishing agent, polymer gel-forming compounds, viscosity, adhesion, polymer dispersion, acrylic or acrylamide polymers, ecosystem fires

ANNOTATION

This paper presents an analysis of statistical data regarding forest fires and fires in natural ecosystems. The dangers associated with the prevention and extinguishing of fires in ecosystems are discussed. An analysis of domestic and foreign literature in the field of research has been conducted, revealing that the complexity of extinguishing fires in ecosystems depends on factors such as the large area and inaccessibility of the terrain, weather conditions, type and moisture content of vegetation, and limited resources and equipment. As a new fire-resistant agent, it is proposed to consider an aqueous polymer solution, which is obtained by dispersing finely ground dry polymer that swells in water, in vegetable oil, with the addition of surfactants and stabilizing agents. The proposed polymer dispersions mainly consist of elements that are either food products or approved as direct food additives, which is particularly desirable in terms of health, safety, environmental, and handling aspects. To determine the optimal composition of reagents in aqueous solutions, the adhesive capacity of the fire-resistant substance depending on the concentration of the gel-forming agent in the solution was established. It was determined that the maximum adhesive capacity is achieved at a gel-forming substance concentration in the solution of 0.3%. The potential use of the moisture-retaining polymer Ecofloc A-07, in the form of water-soluble transparent granules that enhance the solution's adhesion and film-forming ability, was studied for the creation of a gel-forming fire-resistant substance. Based on the results of the conducted research, it was established that the proposed substance for the creation of firebreaks is effective for 30 hours. The results obtained during the research indicate the possibility of using solutions based on acrylamide copolymers for creating firebreaks during ecosystem fires. However, further research is needed to determine the evaporation rate of the tested liquids in a static state for the Ecofloc A-07 polymer-based hydrogel at typical polymer gel-former concentrations of 0.3%.