

Чорногор Л. Л.,  
здобувач вищої освіти освітнього ступеня «магістр»  
спеціальності 101 «Екологія»  
Наукові керівники: Некос А. Н.,  
д-р геогр. наук, проф., зав. кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти,  
Тітенко Г. В.,  
канд. геогр. наук, доц., директор Навчально-наукового інституту екології  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразін,  
Навчально-науковий інститут екології  
l.l.chornohor@gmail.com

## СТАН ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ ВОСЕНИ 2024 р.

Стан екосистем України восени 2024 р. суттєво відрізнялися від стану в минулі роки. Це було викликано декількома причинами. По-перше, продовжувалися військові дії, які особливо активізувалися на сході України. Вони супроводжувалися інтенсивними лісовими пожежами на площі більше 1000 га та горінням великих (десятки тисяч гектарів) масивів трави. За супутниковими даними, що представлені в ресурсі FIRMS, горів фактично весь схід України (рисунок). По-друге, інтенсивним пожежам сприяли найбільш спекотне за всю історію метеорологічних спостережень літо та початок осені. По-третє, в кінці літа – на початку осені практично були відсутні опади. В-четвертих, свою роль зіграло глобальне потепління. В-п'ятих, на стан екосистем вплинуло явище Ель-Ніньйо. В-шостих, екологічна ситуація в Україні в кінці вересня – на початку жовтня 2024 р. ускладнилася через інтенсивну пилову бурю, що накрила нашу країну. Підйому пилу на висоти порядку 0,1 км і вище сприяла конвекція, викликана інтенсивними пожежами.

Метою роботи є – обчислення основних параметрів пожеж і пилової бурі в екосистемах України, що мали місце влітку-восени 2024 р., та оцінка їхніх екологічних наслідків. З використанням розробленої авторами методології обчислено головні акустичні параметри лісових і трав'яних пожеж в Україні восени 2024 р. Розраховано маси інжектіваних в атмосферу продуктів горіння, низки хімічних елементів і маси пилу в атмосфері, принесеного з Казахстану та Середньої Азії. Детально проаналізовано головні екологічні наслідки пожеж і пилової бурі.



Рисунок. Ілюстрація розподілу пожеж в Україні восени 2024 р. (за даними ресурсу IRMS).

Головні результати досліджень полягають у наступному.

*Викиди продуктів горіння.* Викиди диму перевищили фонові значення майже вшестеро, викиди сажі – більш ніж вчетверо, викиди оксидів азоту – майже в 1,5 рази, випромінювання акустичної енергії – майже в 1,4 рази. Відносно збільшення викидів чадного газу, вуглеводів, оксидів, сульфату складало десятки відсотків. Найбільшим було зростання маси мікрочастинок PM 2,5 (приблизно у 14 разів) і особливо маси поліароматичних вуглеводнів (ПАВ) (у 570 разів). Дуже незначними були додаткові викиди вуглекислого газу (близько 0,03%).

З екологічної та медичної точок зору найбільш небезпечними були викиди диму та сажі, що містили мікрочастинки PM2,5, та викиди ПАВ. Важливо, що мікрочастинки, що утворилися під час пожеж, піднімаються з потоками нагрітого повітря вгору на сотні метрів, переміщується вітром на відстані від сотень до тисяч кілометрів і існують в атмосфері впродовж декількох місяців. Зменшення концентрації мікрочастинок відбувається за рахунок опадів, яких так не вистачало в Україні в серпні – вересні 2024 р.

Як відомо, мікрочастинки диму та сажі з розміром менше 2,5 мікрона здатні приводити до низки захворювань дихальної системи та серця. За даними ВООЗ щороку через підвищеної концентрації таких частинок у світі додатково помирає більше 0,1 млн людей.

Як уже вказувалося, на межі серпня-вересня 2024 р., горів фактично весь схід України. При цьому маса мікрочастинок склала не менше 2 кт. За площі  $4 \cdot 10^4$  км<sup>2</sup> та товщини атмосферного шару з мікрочастинками 100 м без врахування дії вітру середня концентрація цих частинок сягала б 50 мг/м<sup>3</sup>. Це в 5 тис. разів перевищувало б гранично допустиму концентрацію ((ГДК) 0.01 мг/м<sup>3</sup>). Насправді, за рахунок вітру площа запилення збільшилася до  $2 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>, а концентрація частинок зменшилася до 1 мг/м<sup>3</sup>. Проаналізуємо екологічні наслідки інжекції ПАВ. До ПАВ належать сполуки, що містять два або більше конденсованих бензолних кільця в молекулі з молекулярною масою 128-276. Інжекція канцерогенних ПАВ, бензола, формальдегіда, фенола та важких металів призводить до онкологічних захворювань, мутагенної та теригенної дії на біологічні об'єкти та людини, зокрема. За даними ВООЗ, інжекція ПАВ призводить до збільшення на ~10% онкологічних захворювань і пухлини мозку в людини. Нагадаємо, що викиди ПАВ під час пожеж в Україні у 570 разів перевищили фонові значення.

Шкідлива дія сполук  $\text{SO}_x$  і  $\text{NO}_x$  загалом відома. Під час пожеж їхня концентрація суттєво збільшувалася. Тим паче це відноситься до викидів С та СО.

*Екологічні наслідки горіння лісів.* Горіння великих лісових масивів призводить до порушення лісових і прилеглих до лісів екосистем. При цьому суттєво скорочується біорізноманіття, зменшується чисельність представників флори та фауни, в тому числі, що належать до Червоної книги. Загибель лісів призводить до зникнення малих річок і озер, до обміління більших річок і озер, до порушення водного балансу в цілому. Деякі населені пункти можуть залишитися без води, яку вони споживають з колодязів. Водойми забруднюються попелом і сажою.

*Екологічні наслідки горіння трав'яних масивів.* На перший погляд інтенсивність горіння трави значно менше інтенсивності горіння лісів. Тому і екологічні наслідки повинні бути значно меншими. Але це не зовсім так. Під час горіння трав'яних масивів гинуть багато комах, їхні личинки, куколки, божі корівки, жужелиці, дощові черв'яки та ін. Важливо, що перераховані біоорганізми приймають участь в утворенні ґрунтів. Під час пожеж спалюється солі важких елементів, що осіли на листях, гумусний шар ґрунту. Плодючість землі зменшуються на термін більше семи років. Після пожеж збіднюється видовий склад лугової рослинності та тваринного світу. Територія, що звільнилася від пожежі, захоплюється бур'янами. Крім корисної мікрофлори, комах і інших дрібних біооб'єктів, гинуть їжаки, птахи, жаби, плазуни, дрібні ссавці. Під час пожеж згорає органіка, що забезпечує пухкість ґрунту, його вологоємність, здатність утримувати елементи мінерального живлення, випаровуються азотисті речовини. Після трав'яних пожеж знижується родючість ґрунту, підсилюється його ерозія.

Від згорання трави страждають кущі та дерева. Важливо, що разом з травою може згорати токсичне побутове сміття, залишки добрив і ядохімікатів. При цьому утворюються легкі токсичні органічні та неорганічні сполуки. Екологічна ситуація різко погіршувалася через військові дії, наявність великої кількості продуктів вибухів. Саме ці вибухи, що методично повторювалися, й викликали масштабні трав'яні пожежі.

*Екологічні наслідки пилової бурі.* З 29 вересня 2024 р. на декілька днів екологічна ситуація різко погіршилася внаслідок пилової бурі, що прийшла в Україну з Казахстану та Узбекистану. При цьому в східній частині України концентрація пилу в атмосфері збільшилася від  $0,01 \text{ мг/м}^3$  до  $5 \text{ мг/м}^3$ . Прозорість атмосфери при цьому за питомого коефіцієнта екстинкції  $3 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{кг}$ , товщини атмосферного шару 1 км зменшилася в 5–5,5 разів. Продукти горіння разом з пилом призвели до вкрай небезпечної ситуації для екосистем і людини зокрема.

За нашими оцінками, під час пилової бурі в атмосферу над Україною поступило від 10 до 100 кт пилу, із них до 10% мікрочастинок  $\text{PM}_{2,5}$ . Зі зменшенням швидкості вітру до 1 – 3 м/с ці мікрочастинки існували в атмосфері над Україною ще декілька діб, посилюючи і без того складну екологічну обстановку в країні. Від пилової бурі найбільше постраждали Харківська, Луганська, Донецька, Дніпропетровська та Запорізька, дещо менше – Сумська, Полтавська та Миколаївська області.

*Висновки.* Розрахунки та математичне моделювання показали, що катастрофічні пожежі лісових і трав'яних масивів в Україні в 2024 р. були катастрофічними. Наприкінці серпня – на початку вересня горів фактично весь схід України. Всього в Україні полум'ям було охоплено близько 43 тис. га. Згоріло близько 500 кт деревини та 350 кт трави. В атмосферу було інжектовано 34 кт диму, біля 900 кт  $\text{CO}_2$ , 85 кт СО, 2,5 кт С, 34 кт вуглеводнів, 0,85 кт  $\text{SO}_x$ , 2,5 кт  $\text{NO}_x$ , 8,5 кт мікрочастинок  $\text{PM}_{2,5}$ , 17 т ПАВ та близько 50 ТДж акустичного випромінювання потужністю, що сягала близько 12 ГВт. Викиди диму, сажі, оксидів азоту в рази перевищували фонові значення мас цих речовин. Інжекція ПАВ перевищувала фонові значення у 570, мікрочастинок  $\text{PM}_{2,5}$  – у 14 разів, потужність акустичного випромінювання – у 30 разів. Викиди СО,  $\text{SO}_x$  не перевищували декількох десятків відсотків. Порівняно незначними були викиди інших хімічних елементів і сполук.

Обґрунтовано, що більшість пожеж були викликані військовими діями на території України. Поширенню пожеж у екосистемах, крім військових дій, сприяла висока температура повітря, відсутність дощів та досить сильний вітер.

Встановлено, що короточасні та тривалі екологічні наслідки були дуже значними. Масштабні пожежі та їхні наслідки, викликані військовими діями на території України, кваліфікуються як екоцид.