

Потенціал застосування безпілотних літальних апаратів під час воєнних конфліктів як один із головних пріоритетів під час медичної евакуації

УДК 614.2:629.7:355

***V. V. Chorna, K. S. Dehtiarenko, A. S. Demianiuk,
N. I. Gumeniuk, V. Yu. Anghelska***

Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова, Вінниця,
Україна

Резюме. Тактична медична допомога на полі бою (Tactical Combat Casualty Care, TCCC) спрямована на максимізацію виживання поранених у бойових умовах шляхом своєчасного надання невідкладної допомоги безпосередньо на місці події та ефективної організації евакуації до наступних рівнів медичного забезпечення. Повномасштабна війна в Україні актуалізувала необхідність упровадити інноваційні технології, зокрема використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), для забезпечення швидкої, безпечної та автономної евакуації поранених із зон підвищеного ризику. *Мета.* Узагальнити сучасні наукові дані щодо використання БПЛА в тактичній домедичній евакуації в умовах бойових дій, оцінити їх ефективність та сформулювати принципи триажу для інтеграції дронів у систему ТССС. *Методи й матеріали дослідження.* Пошук наукових джерел здійснювався в базах даних PubMed, Scopus, Google Scholar та вітчизняних ресурсах із використанням ключових слів MEDEVAC, drone, TCCC, military medicine. До аналізу включено 23 публікації за період 2011–2025 рр. *Результати дослідження.* Свідчать, що впровадження БПЛА в систему тактичної медицини має значний потенціал щодо оптимізації евакуаційних процесів, зниження ризику для медичного персоналу та підвищення загальної ефективності тактичної догоспітальної допомоги. *Висновки.* Водночас технічні виклики, пов'язані з обмеженою вантажопідйомністю, автономністю енергозабезпечення та вразливістю до засобів радіоелектронної боротьби, потребують подальших інженерних удосконалень і розробки захищених систем управління.

Ключові слова: безпілотних літальних апаратів, технічні властивості, ТССС, медична евакуація, етапи триажу, Role 1/2.

The potential use of unmanned aerial vehicles during military conflicts as one of the main priorities in medical evacuation

***V. V. Chorna, K. S. Dehtiarenko, A. S. Demianiuk, N. I. Gumeniuk,
V. Yu. Anghelska***

Vinnitsa National Medical University named after M. I. Pirogov, Vinnytsia, Ukraine

Abstract. Tactical Combat Casualty Care (TCCC) aims to maximize the survival of wounded soldiers in combat conditions by providing timely emergency care directly at the scene and organizing effective evacuation to the next levels of medical care. The full-scale war in Ukraine has highlighted the need to introduce innovative technologies, in particular the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), to ensure the rapid, safe, and autonomous evacuation of the wounded from high-risk areas. The *aim* of this

study is to summarize current scientific data on the use of UAVs in tactical prehospital evacuation under combat conditions, assess their effectiveness, and develop triage principles for integrating drones into the TCCC system. *Research methods and materials.* Scientific sources were searched in the PubMed, Scopus, Google Scholar databases and domestic resources using the keywords MEDEVAC, drone, TCCC, military medicine. The analysis includes 23 publications for the period 2011–2025. *Research results.* They show that the introduction of UAVs into the tactical medicine system has significant potential for optimizing evacuation processes, reducing risks for medical personnel, and increasing the overall effectiveness of tactical prehospital care. *Conclusions.* At the same time, technical challenges related to limited payload capacity, energy autonomy, and vulnerability to electronic warfare require further engineering improvements and the development of secure control systems.

Keywords: unmanned aerial vehicles, technical characteristics, TSSS, medical evacuation, triage stages, Role 1/2.

Постановка проблеми. Тактична медична допомога на полі бою (Tactical Combat Casualty Care – TCCC) має на меті максимізувати виживання поранених у бойових умовах шляхом своєчасного надання невідкладної допомоги безпосередньо на місці події та організації подальшої евакуації до наступних рівнів медичної підтримки. Програми ТССС орієнтовані на впровадження стандартизованих клінічних алгоритмів і процедур, що зменшують часові затримки в наданні допомоги, оптимізують використання обмежених ресурсів та підвищують імовірність сприятливого відновлення в умовах тактичного ризику.

За результатами дослідження Kotwal R.S. (2011), проведеного серед підрозділів, які брали участь у бойових діях в Іраку (протягом 7 років) та Афганістані (протягом 8,5 року), загальна летальність становила 10,7 % під час безпосереднього бою та 1,7 % – унаслідок отриманих поранень, несумісних із життям. Ці дані підтверджують ефективність упровадження протоколів ТССС у зниженні рівня втрат серед особового складу.

Ключовим елементом сучасної доктрини тактичної догоспітальної допомоги є концепція «золотої години» (Golden Hour), яка підкреслює критичну важливість мінімізації часу від моменту поранення до надання допомоги на рівні Role 1/2. У бойових умовах дотримання цього принципу ускладнюється низкою факторів: високим рівнем бойової загрози для евакуаційних підрозділів, складною або недоступною місцевістю, а також обмеженнями, пов'язаними з веденням вогню під час евакуації, як зараз це відбувається в Україні на лінії зіткнення [15].

У дослідженні Eastridge B.J. (2011) проаналізовано бойові втрати серед 558 військовослужбовців, що зазнали поранень під час виконання

бойових завдань. Згідно з отриманими даними, летальні випадки становили 4,56 % загальної кількості бойових травм, які призвели до інвалідизації особового складу.

Серед усіх летальних випадків 48,6 % класифіковані як травми, несумісні з життям, тоді як 51,4 % – як потенційно попереджувані, тобто такі, що могли бути усунуті за умови своєчасного надання тактичної домедичної допомоги.

Основними причинами травм, несумісних із життям, визначено: важку черепно-мозкову травму – у 83,0 % випадків; масивну кровотечу – у 80,0 % випадків. Джерела критичних кровотеч найчастіше локалізувалися в таких анатомічних зонах: ділянка тулуба – 48,0 %; кінцівки – 31,0 %; пахвинно-суглобова зона – 21,0 %.

Більше половини постраждалих (51,0 %) доставлено до медичного пункту Role 1 у стані клінічної смерті, із проведенням серцево-легеневої реанімації під час транспортування.

Результати дослідження Eastridge B.J. підтверджують критичну роль своєчасного надання допомоги на етапі тактичної медицини та необхідність удосконалення системи евакуації поранених, особливо в умовах інтенсивних бойових дій [6; 7; 11].

Згідно з результатами дослідження Butler F.K. (2012), упровадження протоколів тактичної медичної допомоги на полі бою (Tactical Combat Casualty Care – TCCC) сприяло істотному зниженню рівня летальності серед поранених у бойових умовах. Автор зазначає, що після систематичного застосування принципів ТССС частка попереджуваних бойових втрат зменшилася з 24,0 % до менше ніж 10,0 %, а загальна летальність серед поранених знизилася більш ніж на 15,0 %.

Досвід, узагальнений Butler F.K., підтверджує, що дотримання протоколів ТССС є одним

із ключових чинників підвищення виживаності на полі бою та зниження частки запобіжних летальних випадків [1].

Найбільш виражене покращення зафіксовано в зменшенні смертності, спричиненої масивними кровотечами з кінцівок – з 23,0 % до менше ніж 7,0 %. Такий результат безпосередньо пов'язаний із широким упровадженням турнікетів (накладених високо та щільно) і своєчасною зупинкою кровотечі на догоспітальному етапі, відповідно до стандартів ТССС [8; 9].

Безпілотні літальні апарати (далі – БпЛА) володіють низкою операційних переваг, що робить їх ефективними засобами для виконання розвідувальних та тактичних завдань: збір тактичної розвідінформації, корекція вогню, цілевизначення, а також ураження ворожих сил і нівелювання об'єктів противника [13].

Завдяки високій мобільності, відносно низькій помітності та здатності діяти в умовах високого ризику для людини, БпЛА забезпечують оперативне отримання даних у режимі реального часу, скорочують час ухвалення рішень і дають змогу оптимізувати використання обмежених ресурсів у бойовій обстановці [2].

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) дедалі активніше інтегруються в систему військово-медичної тактичної догоспітальної допомоги, створюючи нові можливості для оперативного постачання крові, медикаментів та медичних матеріалів у зони активних бойових дій, а також виявлення та локалізації поранених за допомогою відео- й тепловізійних сенсорів для прискореного пошуку людей у важкодоступній місцевості [12].

У ситуаціях, коли традиційна евакуація є ускладненою або небезпечною, використання БпЛА дає змогу суттєво скоротити час реагування та мінімізувати ризики для медичного персоналу.

Актуальність використання безпілотних літальних апаратів під час повномасштабної війни в Україні підтвердила нагальну потребу у швидкій та безпечній евакуації поранених. Особливої важливості це набуває як безпосередньо на полі бою, так і під час транспортування постраждалих до медичних пунктів рівня Role 1, так на Role 2.

Мета статті – узагальнити сучасні наукові дані щодо використання БпЛА в тактичній домедичній евакуації в умовах бойових дій, оцінка їх ефективності та формування принципів тریажу для інтеграції дронів у систему ТССС.

Методи та матеріали: робота виконана шляхом метааналізу зарубіжних наукових досліджень, а також контент-аналізу публікацій у наукових базах SCOPUS, PubMed, поряд із матеріалами фахових видань. Літературний пошук здійснювався за допомогою ключових слів та словосполучень, що відображають тематику дослідження: MEDEVAC, drone, TCCC, military medicine. До цього огляду ввійшло 23 статті. Глибина пошуку становить 2011–2025 рр.

Результати дослідження. Bongartz L. G. (2025), Benhassine M. (2024), Baker J. B. (2024), Kazmirchuk A. (2022) аналізують процес оновлення доктринальних підходів НАТО (North Atlantic Treaty Organization), акцентуючи на врахуванні досвіду застосування безпілотних літальних апаратів у російсько-українській війні. Незважаючи на численні виклики, зумовлені людським фактором, сучасний український досвід демонструє приклади інноваційних рішень тактичних і логістичних проблем. Водночас є ризик втратити ці напрацювання, якщо їх не буде інтегровано до офіційних рецензованих доктринальних документів або поширено через інституційні механізми НАТО.

Попередні підходи НАТО ґрунтувалися на домінуванні в повітрі, що забезпечувало безпечну евакуацію та своєчасне надання медичної допомоги на всіх рівнях системи медичного забезпечення. Натомість український досвід бойових дій виявив, що в конфлікті з противником, який має порівнянні технологічні можливості та цілеспрямовано атакує медичну інфраструктуру й шляхи евакуації, виникають критичні ризики для військової та цивільної систем охорони здоров'я [3–5; 16].

Залежність від наземного транспорту для евакуації поранених змусила українські підрозділи імпровізувати та використовувати широкий спектр нестандартних транспортних засобів, оскільки спеціалізований автопарк швидкої допомоги зазнав значних втрат, а бронетехніка переважно залучалася безпосередньо до бойових операцій. Отже, оновлена доктрина НАТО має приділяти особливу увагу розвитку систем медичної евакуації, стійких до атак мінних й ударних дронів, з провадженням універсальних засобів радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ) як ключового елемента захисту.

Знищення критично важливих медичних об'єктів, високий темп бойових дій та масовий

характер санітарних втрат призвели до відмови від традиційних принципів медичного сортування. У результаті цього значна частина поранених залишається в догоспітальних умовах протягом тривалого часу. За таких обставин пріоритетного значення набуває стабілізація стану безпосередньо на місці ураження. Українські медики впровадили низку мобільних рішень, зокрема застосування безпілотних платформ для доставки медикаментів, турнікетів та засобів першої допомоги безпосередньо в зону бойових дій.

Використання БпЛА для евакуації поранених розглядається як перспективний напрям інноваційного розвитку військової медицини. Такий підхід потенційно скорочує час доставки постраждалих, знижує ризики для медичного персоналу та розширює оперативні можливості підрозділів на полі бою.

У своїх дослідженнях Wen T. (2016) особливу увагу приділив питанням забезпечення належного температурного режиму під час транспортування крові, оптимізації маршрутів доставки у випадках множинних запитів, а також виявленню обмежень вантажопідйомності БпЛА. Ключовим напрямом його роботи стало моделювання температурної стабільності крові під впливом зовнішніх факторів, часу польоту та характеристик охолоджувальних або нагрівальних елементів.

На основі цих параметрів формуються алгоритми оптимізації маршрутів і розподілу ресурсів, які враховують відстань, вагу вантажу, терміновість доставки та наявні технічні ресурси. Сучасні дослідження свідчать, що використання багатоцільових еволюційних алгоритмів та методів локального пошуку при плануванні маршрутів БпЛА забезпечує більш ефективне використання логістичних можливостей і суттєве скорочення часу доставки. Це, своєю чергою, підвищує шанси на виживання поранених у тактичних умовах та підсилює загальну ефективність системи медичної евакуації [23].

У дослідженні Saitoh T. (2021) представлено експериментальну технологію застосування малогабаритних дронів для виявлення дихальних рухів у реальному часі за допомогою відеоаналізу під час посадки апарата на тіло пораненого. Результати дослідження засвідчили, що використання відеокамер високої роздільної здатності в поєднанні з алгоритмами комп'ютерного зору дає змогу надійно

ідентифікувати наявність або відсутність дихання навіть у складних польових умовах.

У межах концепції тактичної допомоги пораненим (Tactical Combat Casualty Care, TCCC) такі технології мають значний потенціал для дистанційного первинного оцінювання життєвих функцій на полі бою, особливо в зонах, де безпечний підхід медичного персоналу неможливий через активні бойові дії. Інтеграція систем автоматичного розпізнавання дихання з евакуаційними або розвідувальними БпЛА може суттєво підвищити ефективність медичного сортування, оптимізувати пріоритети евакуації та скоротити час до початку надання невідкладної допомоги [20].

Дослідження Roberts N. B. (2023), Claesson A. (2016) засвідчило, що застосування БпЛА може суттєво скоротити час доставки життєво важливих матеріалів, зокрема компонентів крові та автоматичних зовнішніх дефібриляторів (AED), у надзвичайних ситуаціях [18]. Окрім транспортування критичних медичних ресурсів, використання дронів має потенціал для оптимізації логістичних процесів забезпечення базовими засобами життєдіяльності особового складу, як-от питна вода, продовольство, медикаменти загального призначення та витратні матеріали.

У контексті тактичної допомоги пораненим (Tactical Combat Casualty Care, TCCC) це створює нові можливості для підвищення ефективності надання допомоги безпосередньо на полі бою. Зокрема, дрон може доставити кров або гемостатичні засоби максимально близько до місця ураження ще до завершення евакуації, що істотно підвищує шанси на виживання поранених та зменшує часові втрати на етапі догоспітальної допомоги [10].

У відповідь на цілеспрямовані атаки на медичні заклади українські підрозділи впровадили розподілені, замасковані «мікролікарні» та високomobilні хірургічні бригади з метою зниження ризику виявлення й ураження. Набутий досвід виявив фундаментальні вразливості традиційних централізованих ланцюгів постачання та обґрунтував потребу в децентралізованих, запиторієнтованих моделях надання медичної допомоги на полі бою. З технічного боку це посилює роль безпілотних літальних апаратів як платформи для оперативного постачання медичних матеріалів, розгортання локальних модулів надання допомоги та

забезпечення зв'язку між розпорощеними підрозділами. БпЛА можуть здійснювати швидку та порівняно безпечну логістику до тимчасових пунктів медичної допомоги, зменшуючи потребу в переміщенні великих конвоїв і, відповідно, експозицію медичного персоналу. Одночасно високий рівень цивільно-військової координації є критично важливим для інтеграції таких технологій у наявні процедури Tactical Combat Casualty Care (TCCC) та оперативні протоколи евакуації.

Різні дослідники відзначають інтенсивну фазу розроблення, випробувань та часткового впровадження медичних БпЛА в низці країн світу, особливо в Україні. Ідеться про широкий спектр рішень – від експериментальних мереж доставки медичних вантажів і транспортування біологічних зразків до масштабних демонстраційних проєктів і прототипів літальних апаратів вертикального зльоту та посадки (eVTOL), призначених для медичних перевезень й евакуації постраждалих.

Зокрема, у дослідженні Hu L. (2024) основну увагу зосереджено на апаратах вертикального зльоту та посадки, здатних забезпечити оперативне транспортування пацієнтів у складних умовах обмеженого доступу. У контексті цих технологічних тенденцій транспортування постраждалих за допомогою БпЛА – від легких платформ для доставки медичного обладнання до перспективних *man-rated* eVTOL-концепцій – має потенціал перейти від експериментальних демонстрацій до повноцінного операційного застосування у відносно короткі терміни [14].

Головні технічні параметри / властивості, що визначають придатність для TCCC-евакуації:

- вантажопідйомність і сумісність із ношами;
- дальність та час у повітрі (*endurance*);
- швидкість і стабільність за умов вітру / турбулентності;
- система зв'язку та надійність каналу управління в умовах радіопригнічення або GPS-спроб, що описував Surman K (2024) у своєму дослідженні [21];
- автономія та можливість вертикальної посадки / підйому з обмежених майданчиків;
- захищеність від стрільби / протидронних систем (мережі, радіоподавлення) [19; 22].

Тактичні переваги використання БпЛА (TCCC):

1. **Доступ у «сірі зони»:** безпілотники можуть доставляти медичну допомогу або

евакуювати поранених у ділянки, куди небезпечно або неможливо спрямувати наземні машини або вертольоти.

2. **Зменшення часу до евакуації.** Дрони можуть долати перешкоди (міни, заміновані підходи) й доставляти пораненого або критичні медикаменти швидше, ніж наземні евакуаційні підрозділи в певних умовах (підтримка «золотої години») (TCCC-related studies).

3. **Зниження ризику для особового складу.** Використання безпілотників зменшує необхідність висування людей у зону вогню для забиральних дій.

4. **Гнучкість логістики.** Дрони можуть виконувати як доставку життєво необхідних засобів (кровозамінники, гемостатики, адреналін), так й евакуацію ношами за умов, коли наземні шляхи недоступні.

5. **Сумісність із дистанційною медичною підтримкою.** Платформи можуть нести обладнання для телемедицини або бути інтегровані в мережу медичного командування для дистанційного нагляду та консультування (tele-TCCC) [22].

Тактичні недоліки:

1. Найбільший ризик. Насиченість зони бойових дій засобами РЕБ противника може призвести до втрати керування дроном і, відповідно, втрати пораненого. Потреба в стійких до РЕБ системах є критичною.

2. БпЛА, здатні нести дорослу людину (100–150 кг), є великими, повільними й вимагають значних ресурсів (батареї, обслуговування, логістика). Їх радіус дії часто обмежений.

3. Сильний вітер, дощ або низька хмарність можуть унеможливити польоти. Крім того, великий дрон створює багато шуму, що демаскує місце евакуації та може привернути увагу ворога.

4. Статус дрона, який перевозить пораненого, є не до кінця врегульованим. Якщо дрон класифікується як носій «некомбатанта», його знищення може бути військовим злочином, але на практиці це не завжди дотримується (Табл. 1).

Рекомендації для інтеграції технологій використання БпЛА (TCCC):

1. Розробка стандартних операційних процедур (SOP): чіткі критерії для використання дронів у різних тактичних сценаріях (під вогнем, у зоні контролю, у міських умовах).

2. Мультидисциплінарні тренування: симуляції, в яких беруть участь медики TCCC, пілоти / оператори БпЛА, командири та інженери.

ТАБЛИЦЯ 1 – Види та властивості БпЛА

№ з/п	Назва БпЛА	Категорія / основна функція	Максимальна швидкість / запас ходу / вантажопідйомність	Властивості
1	DP-14 Hawk («Яструб»)	БпЛА, евакуація / медична логістика	132 км/год До 200 кг	Значна вантажопідйомність, підходить для евакуації
2	Cormorant (Tactical Robotics)	БпЛА / авіаційна евакуація	160 км/год	Може евакуювати двох поранених
3	Загальні БпЛА для медичного призначення / доставки	Обзорні системи застосування	≈4,5 кг у дослідженні	Дослідження показало доставку 4.5 кг навантаження (турнікет, перев'язки, анальгетики, продукти крові)
4	Наземний роботизований комплекс (НРК) / роботизовані платформи України	Земельні роботизовані системи для евакуації	Наприклад, платформи зі 150–300 кг вантажу	Використовуються як альтернатива дронам у медичній евакуації в Україні

3. Інтеграція телемедицини: встановлення каналів для оперативної клінічної консультації при транспортуванні.

4. Резервні плани: алгоритми дій при втраті зв'язку, ураженні платформи чи зміні тактичної ситуації.

5. Фокус на безпеку пацієнта: стандарти фіксації, моніторингу та можливостей під час проведення невідкладних заходів.

6. Транспортування (наприклад, доступ до об'єму грудної порожнини, можливість декомпресії).

Загальні принципи шаблону протоколу тріажу для використання БпЛА під час медичної евакуації (MEDEVAC-Drone)

1. Пріоритет – збереження життя та мінімізація часу до надання кваліфікованої допомоги.

2. Евакуація БпЛА застосовується лише для пацієнтів, придатних за масо-та фізіологічними критеріями.

3. Рішення про тріаж ухвалює медик підрозділу або офіцер медичної служби.

4. Протокол сумісний із системами START, TCCC (MARCH алгоритм) та військовими стандартами MEDEVAC.

5. Кожен евакуйований пацієнт має позначку (тріаж-тег) із мінімальним набором даних.

Етапи тріажу:

Етап 1. Первинна оцінка стану (Табл. 2)

Етап 2. Оцінка технічної можливості евакуації

1. Вага пацієнта + спорядження ≤ допустимого навантаження БпЛА.

2. Маршрут без активного вогню / РЕБ-загрози.

3. Дальність ≤ 80 % радіуса дії апарата.

4. Погодні умови – швидкість вітру, опади, видимість.

5. Наявність приймальної точки медслужби (GPS-координати узгоджені).

Якщо ≥2 критерії не виконуються → використовувати альтернативну евакуацію.

Етап 3. Підготовка пацієнта до транспортування

1. Зупинити кровотечі (турнікети, гемостатичні засоби).

2. Забезпечити прохідність дихальних шляхів (якщо можливо без апаратної вентиляції).

3. Фіксувати переломи та рани.

4. Закріпити пацієнта у транспортному контейнері або модулі.

5. Закріпити тріаж-тег з мінімальними даними:

- ідентифікатор пораненого;
- дата / час евакуації;
- діагноз / тип поранення;
- надані втручання (турнікет, інфузія, тощо);
- контакт медслужби, яка приймає;
- підпис медика, що ухвалив рішення.

Етап 4. Пріоритет евакуації БпЛА (якщо кілька кандидатів) (Табл. 3)

Етап 5. Документування та комунікація

– Вести журнал евакуацій БпЛА (дата, час, координати, тип вантажу/пацієнта, результат).

– Перед польотом обов'язково підтвердити:

– маршрут та приймальний пункт;

– погодні умови;

– зв'язок з оператором дрона.

– Використовувати шифрований зв'язок для передання даних про пацієнта.

– Після евакуації – медик приймального пункту підтверджує стан пацієнта й час прибуття.

Етап 6. Оцінка ефективності протоколу

Після кожного використання БпЛА-MEDEVAC: – аналізувати час евакуації, якість транспортування, стан пацієнта під час прибуття;

ТАБЛИЦЯ 2 – Критерії, показники, категорії тріажу

№ з/п	Критерій	Показник	Категорія тріажу	Рекомендації щодо БПЛА
1	Свідомий, дихає самостійно, кровотечі контрольовані, стабільні життєві показники	Легка / помірна травма	Зелена (Minor)	Може бути евакуйований БПЛА
2	Свідомий або притомний, стабільний після базової допомоги (турнікет, перев'язка), дихання стабільне	Середній ризик	Жовта (Delayed)	Евакуація БПЛА можлива, якщо обмежена наземна можливість
3	Потребує інтенсивного нагляду, нестабільна гемодинаміка, потребує ШВЛ або ручної підтримки	Тяжкий	Червона (Immediate)	Евакуація тільки наземним або пілотованим транспортом
4	Без ознак життя або несумісні травми	Загиблий	Чорна (Expectant)	Не евакуюється БПЛА

ТАБЛИЦЯ 3 – Пріоритети та критерії стану пацієнтів до медичної евакуації

№ з/п	Пріоритет	Критерії	Мета
1	Високий	Стабільний, але з потенційним погіршенням без швидкої допомоги	Зменшити ризик ускладнень
2	Середній	Помірна травма, не загрожує життю протягом 1–2 годин	Розвантажити медичний пункт
3	Низький	Легкі травми, може пересуватися самостійно	За потреби транспортування до тилу

— оновлювати критерії тріажу за результатами досвіду;

— проводити післядії (After Action Review) в підрозділі медслужби [17].

Перспектива подальших досліджень.

Проведений аналіз наукових праць дає змогу продовжувати дослідження в Україні на різних етапах медичної евакуації під час повномасштабної війни.

Висновки. 1. БПЛА демонструють високий потенціал у системі тактичної медицини — зокрема, у скороченні часу евакуації та зниженні ризику для медичного персоналу в зонах бойових дій.

2. Технічні виклики пов'язані з обмеженнями вантажопідйомності, енергетичної автономності

та вразливістю до засобів радіоелектронної боротьби, що потребує інженерних удосконалень і захисту систем управління.

3. Операційна інтеграція БПЛА потребує адаптації до протоколів TCCC/CASEVAC/MEDEVAC, розробки тактичних процедур, підготовки персоналу та віддалених методів тріажу.

4. Регуляторне та етичне забезпечення передбачає врегулювання правового статусу медичних дронів, стандартизацію ідентифікації, безпеки та захисту пацієнтів під час повітряного транспортування.

Плануємо продовжувати дослідження в цьому напрямі.

Література

1. Гуменюк Ні, Ангельська ВЮ, Матвійчук МВ, Поляруш ВВ. Безпілотні літальні апарати: виклики та перспективи сьогодення. Вінниця; 2023. Available from: <https://dspace.vnu.edu.ua/handle/123456789/6524> [Humeniuk NI, Anhelka VYu, Matviichuk MV, Poliarush VV. Bezpilotni litalni aparaty: vyklyky ta perspektyvy sohodennia.]

2. Чорна ВВ, Гринзовський АМ, Калашченко СІ, Нестерова СЮ та ін. Аналіз використання, ефективності, ускладнень засобів тимчасової зупинки кровотечі у воєнних конфліктах світу та досвід Збройних Сил України під час війни. In: Intellectual capital is the foundation of innovative development 2025. Monographic series "Scientific thought development". Karlsruhe; 2025.

3. Чорна ВВ, Коломієць ВВ, Ангельська ВЮ, Поляруш ВВ, Тимчук СВ. Мета – аналіз структури бойової травми, виникнення інфекції ран під час військового конфлікту та соціальний, психологічний захист поранених. *Перспективи та інновації науки*. 2025;1(47):2562-2579. DOI: 10.52058/2786-4952-2025-1(47)-2562-2579.

4. [Chorna VV, Kolomiets VV, Anhelka VYu, Poliarush VV, Tymchuk YeV. Meta – analiz struktury boiovoi travmy, vynyknennia infektsii ran pid chas viiskovoho konfliktu ta sotsialnyi, psykholohichniy zakhyst poranenykh.]

5. Baker JB, Keenan S, Duquette-Frame TA, et al. Analysis of the US military trauma system in accordance with doctrinal levels of warfare. *Mil Med*. 2024;189(5-6):1098-1105. DOI: 10.1093/milmed/usad053.

6. Benhassine M, Quinn J, Stewart D, et al. Advancing military medical planning in large scale combat operations: insights from computer simulation

and experimentation in NATO's Vigorous Warrior Exercise 2024. *Mil Med*. 2024;189(Suppl 3):456-464. DOI: 10.1093/milmed/usae152.

7. Bongartz LG, Quinn VJ, Fransen CM, et al. A call for comprehensive reform of military medical planning of NATO and its allies based on lessons from the Ukraine war—cultural context and the human factor. *Mil Med*. 2025;usaf217. DOI: 10.1093/milmed/usaf217.

8. Book 41, Part 6. p.1-77. DOI: 10.30890/2709-2313.2025-41. [Chorna VV, Hrynzovskyi AM, Kalashchenko SI, Nesterova SYu, ta in. Analiz vykorystannia, efektyvnosti, uskladnen zasobiv tymchasovoi zupynky krovotечи u voiennykh konfliktakh svitu ta dosvid Zbroinykh Syl Ukrainy pid chas viiny.]

9. Borsari F, Davis GB Jr. An urgent matter of drones: lessons for NATO from Ukraine. Washington DC: Center for European Policy Analysis (CEPA); 2023. Available from: <https://cepa.org/comprehensive-reports/an-urgent-matter-of-drones/>

10. Butler FK, Blackburne LH. Battlefield trauma care then and now: a decade of Tactical Combat Casualty Care. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73(6 Suppl 5):S395-402. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182754850.

11. Choma VV, Hrynzovskyi AM, Kalashchenko SI, et al. Assessment of the effectiveness and risks of using tourniquets in the Armed Forces of Ukraine during hostilities in Ukraine. *Травма*. 2025;26(4):249-255. DOI: 10.22141/1608-1706.4.26.2025.1029.

12. Choma VV, Savichan KV, Bozhytska OM, et al. Structuring features and consequences of combat trauma, infectious complications of wounds and

rehabilitation period of servicemen depending on various factors. In: International Science Group. Modern ways of developing medicine, biology and psychology as methods of protecting humans: collective monograph. Boston: Primedia eLaunch; 2025. p.80-106, 200-206. DOI: 10.46299/ISG.2025.MONO.MED.1.5.1.

13. Claesson A, Fredman D, Svensson L, et al. Unmanned aerial vehicles (drones) in out-of-hospital cardiac arrest. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2016;24(1):124. DOI: 10.1186/s13049-016-0313-5.

14. Eastridge BJ, Hardin M, Cantrell J, et al. Died of wounds on the battlefield: causation and implications for improving combat casualty care. *J Trauma.* 2011;71(1 Suppl):S4-8. DOI: 10.1097/TA.0b013e318221147b.

15. Elistair Team. Rethinking recon: how tethered UAV change ISR doctrine. Elistair; 2025. Available from: <https://elistair.com/articles/how-tethered-uav-change-isr-doctrine/>

16. Hu L, Yan X, Yuan Y. Study on the evaluation method of pilot workload in eVTOL aircraft operation. *Heliyon.* 2024;10(18):e37970. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e37970.

17. Kazmirchuk A, Yarmoliuk Y, Lurin I, et al. Ukraine's experience with management of combat casualties using NATO's four-tier "changing as needed" healthcare system. *World J Surg.* 2022;46(12):2858-2862. DOI: 10.1007/s00268-022-06718-3.

18. Kotwal RS, Montgomery HR, Kotwal BM, et al. Eliminating preventable death on the battlefield. *Arch Surg.* 2011;146(12):1350-1358. DOI: 10.1001/archsurg.2011.213.

ORCID 0000-0002-9525-0613, valentina.chorna65@gmail.com

ORCID 0009-0002-4428-1847, frostcoldgo@gmail.com

ORCID 0009-0003-5431-7839, anna100demianuk@gmail.com

ORCID 0000-0002-7071-6464, n.i.gumenyuk.kr@gmail.com

ORCID 0000-0001-6140-0807, kyrya_23@ukr.net

19. Mesar T, Lessig A, King DR. Use of drone technology for delivery of medical supplies during prolonged field care. *J Spec Oper Med.* 2018;18(4):34-35. DOI: 10.55460/M63P-H7DM.

20. Roberts NB, Ager E, Leith T, et al. Current summary of the evidence in drone-based emergency medical services care. *Resusc Plus.* 2023;13:100347. DOI: 10.1016/j.resplu.2022.100347.

21. Rosser JC, Vignesh V, Terwilliger BA, Parker BC. Surgical and medical applications of drones: a comprehensive review. *JSL.S.* 2018;22(3):e2018.00018. DOI: 10.4293/JSL.S.2018.00018.

22. Saitoh T, Takahashi Y, Minami H, et al. Real-time breath recognition by movies from a small drone landing on victim's bodies. *Sci Rep.* 2021;11(1):5042. DOI: 10.1038/s41598-021-84575-1.

23. Siddiqi MA, Iwendi C, Jaroslava K, Anumbe N. Analysis on security-related concerns of unmanned aerial vehicle: attacks, limitations, and recommendations. *Math Biosci Eng.* 2022;19(3):2641-2670. DOI: 10.3934/mbe.2022121.

24. Surman K, Lockey D. Unmanned aerial vehicles and pre-hospital emergency medicine. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2024;32(1):9. DOI: 10.1186/s13049-024-01180-7.

25. Wen T, Zhang Z, Wong KK. Multi-objective algorithm for blood supply via unmanned aerial vehicles to the wounded in an emergency situation. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155176. DOI: 10.1371/journal.pone.0155176.

Дата першого надходження статті до видання: 14.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.04.2026