

УДК 631.4

Вплив продуктів розкладання тіла людини на ґрунт**А. В. Ревтьє-Уварова***^a

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 30.05.2024 Отримано після доопрацювання 13.07.2024 Затверджено до видання 30.07.2024 Доступно онлайн 31.07.2024	Оглядову статтю присвячено питанню впливу на ґрунт продуктів розкладання тіла людини, яке залишається непохованим. Актуальність теми зумовлена обставинами, що виникли через воєнну агресію РФ проти України. Задля визначення змін стану ґрунту, що відбуваються у безпосередній зоні знаходження тіла, узагальнено науково-публіцистичні матеріали та наукову літературу, переважно стосовно досліджень наукових установ, які називають «Фермами тіл» (Body farm). Наведено етапи розкладання тіла людини та чинники, що впливають на швидкість перебігу цього процесу. Констатовано, що безпосередній вплив мають специфічні рідини розкладання, які просочуються у ґрунт, утворюючи острови трупного розкладання (гарячі точки родючості). Рідини поширюються обмежено у верхньому горизонті ґрунту та латерально до 1 м по периметру тіла. В цій зоні у ґрунті суттєво збільшується вміст органічного вуглецю, сполук азоту та фосфору. Висока концентрація цих речовин призводить до «випалювання» всієї рослинності. Відбуваються також зміни хімічного складу ґрунту, pH, підвищується електропровідність, простежуються функціональні та структурні зміни мікробних угруповань ґрунту та підвищення активності мезофауни. Зміни параметрів ґрунтових властивостей, що зумовлені надходженням продуктів розкладання тіла людини, мають тимчасовий характер, тривалість якого залежить як від генетичних особливостей ґрунту, так і морфологічних параметрів самого тіла та кількості тіл. В цілому, мінімальний негативний вплив на довкілля має розкладання тіла людини без певних інфекційних захворювань або стійких до антибіотиків бактерій. Натомість потенційні санітарно-епідеміологічні ризики становить тіло людини, яка мала такі захворювання як ВІЛ, гепатит, COVID-19 й подібні. Поряд з наведеним, на сьогодні виключно першочерговим є евакуація та ідентифікація тіл полеглих захисників та цивільних для належного поховання та вшанування.

*Ключові слова:*воєнні дії;
острови трупного
розкладання;
тіло людини;
хімічний стан ґрунту;
«ферма тіл»

* E-mail: alina_rev@meta.ua

^a ORCID: 0000-0002-6838-5440Форма цитування: Ревтьє-Уварова А. В. Вплив продуктів розкладання тіла людини на ґрунт. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Мінськ. темат. наук. зб. / ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". Харків: 2024. Вип. 96. С. 41–51. <https://doi.org/10.31073/acss96-05>**1. Вступ**

На тлі масштабного руйнівного впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив країни, що проявляється в різних типах деградації: механічна, фізична, хімічна, фізико-хімічна, біологічна, радіаційна [1], фактично поза наукової уваги знаходяться локалізовані едафічно-рослинні зміни в місцях знаходження трупів людей, хоча ця проблема частково висвітлюється в пресі [2–5], переважно, з санітарно-екологічної позиції.

Превентивним заходом уряду, в тому числі щодо недопущення погіршення санітарно-епідемічної ситуації та виникнення небезпечних інфекційних захворювань на території України через непоховані тіла, є створення спеціальних груп гуманітарної місії з вилучення тіл (останків) осіб, померлих (загиблих) через воєнну агресію проти України, що регулюється відповідною постановою КМУ [6]. Проте, зважаючи на значущу кількість знищених окупантів та, на превеликий жаль, полеглих захисників і цивільних, тіла яких з різних причин залишаються непохованими, очевидним є перебіг процесів їх розкладання під дією зовнішніх природних чинників та умов. Відповідно постає питання щодо впливу продуктів цього процесу на стан і якість ґрунту та рослинний покрив, а також пролонгованість цієї дії.

Дефіцит такої інформації пояснюється, по-перше, морально-етичною складовою питання, по-друге — методологічною складністю проведення подібних досліджень, по-третє — зосередженістю на інших масштабних руйнівних чинниках, викликаних війною. Хоча й остання позиція, за узагальненнями А. В. Кучера [7] у проіндексованих у Scopus публікаціях, також недостатньо висвітлена у міжнародній науковій літературі.

2. Наукові установи, які досліджують процес розкладання тіла людини

З огляду на специфічність об'єкту досліджень — мертве людське тіло, в світовій науковій практиці функціонує невелика кількість дослідницьких установ, які називають «фермами тіл» (Body farm), де просто неба вивчаються на прикладі донорських тіл процеси їх розкладання за різних умов (Табл. 1).

Таблиця 1

Перелік наукових установ з дослідження розкладання тіла людини («Body farm»)

Назва установи		Рік заснування, місце знаходження	Напрямок досліджень
англійською	українською		
Anthropology Research Facility at the University of Tennessee	Центр судової антропології Університету Теннессі	1981, США, Knoxville, Tennessee	Антропологія
Forensic Osteology Research Station at Western Carolina University	Науково-дослідна станція судово-остеологічної експертизи Університету Західної Кароліни	2007, США, Callowhee, North Carolina	Антропологія
Forensic Anthropology Research Facility at Texas State University	Науково-дослідний центр судової антропології Університету штату Техас	2008, США, San Marcos, Texas	Антропологія
Southeast Texas Applied Forensic Science Facility at Sam Houston State University	Центр прикладної криміналістики Південно-східного Техасу Державного університету Сема Х'юстона	2008, США, Huntsville, Texas	Криміналістика
Complex for Forensic Anthropology Research at Southern Illinois University	Комплекс судово-антропологічних досліджень Університету Південного Іллінойсу	2010, США, Carbondale, Illinois	Антропологія
Forensic Investigation Research Station at Colorado Mesa University	Науково-дослідна станція судово-медичної експертизи в Університеті Колорадо Меса	2012, США, Whitewater, Colorado	Криміналістика
Forensic Research Outdoor Station at Northern Michigan University	Зовнішня станція криміналістичних досліджень Університету Північного Мічигану	2017, США, Marquette, Michigan	Антропологія
Buckingham Environmental Forensics Facility at Florida Gulf Coast University	Букінгемський об'єкт екологічної криміналістики Університету узбережжя Мексиканської затоки у Флориді	2018, США, Fort Myers, Florida	Антропологія
Florida's Forensic Institute for Research, Security, and Tactics at Pasco Sheriff's Office and Florida Gulf Coast University	Криміналістичний інститут досліджень, безпеки і тактики Флориди Офісу шерифа Паско та Університету узбережжя Мексиканської затоки Флориди	2020, США, Land O'Lakes, Florida	Криміналістика
Australian Facility for Taphonomic Experimental Research at University of Technology Sydney	Австралійський центр тафonomічних (від грец. τάφος – могила, поховання, νόμος – закон) експериментальних досліджень Сіднейського технологічного університету	2016, Австралія, Sydney	Судова експертиза
Amsterdam Research Initiative for Sub-surface Taphonomy and Anthropology at Amsterdam Medical Center	Амстердамська дослідницька ініціатива з підповерхневої тафonomії та антропології Амстердамського медичного центру	2018, Нідерланди, Amsterdam	Медицина
Recherche en Sciences Thanatologiques [Expérimentales et Sociales] at Université du Québec à Trois-Rivières	Дослідницька лабораторія з експериментальної та соціальної танатології (від др.-грец. θάνατος – смерть, λόγος – вчення) Університету Квебеку в Труа-Рів'єрі	2020, Канада, Trois-Rivières, Quebec	Судово-медична тафonomія

Перший такий дослідницький центр заснований американським судовим антропологом Вільямом М. Бассом III в Університеті Теннессі в Ноксвіллі у 1981 р. Станом

на 2020 рік перелік подібних функціонуючих «ферм тіл» є досить обмеженим, хоча й охоплює широкий спектр питань. Відомими є дванадцять «ферм тіл», дев'ять з яких на території США та по одній в Австралії, Нідерландах та Канаді [8–11].

Зазначимо, що відкриттю цих наукових установ, кожна з яких представлена мультидисциплінарною командою, передувало вирішення/врахування безлічі культурних, соціальних, фінансових, політичних, етичних, законодавчих та екологічних питань. Одним з таких, наприклад, є отримання дозволу державного регулювального органу з питань довкілля (Міністерство навколишнього середовища) щодо мінімально можливого негативного ризику для довкілля, включаючи фауну і флору, через потрапляння у ґрунт та підґрунтові води або інші водні об'єкти потенційних біологічних забрудників від тіл, що розкладаються [12].

Зазвичай, «ферми тіл» представлені високо захищеними майданчиками (полігонами) просто неба, призначеними в основному для фізичного, хімічного та біологічного вивчення процесів розкладання тіла людини під впливом різних природних умов та антропогенно створених/змодельованих чинників.

Основною метою проведення фактично усіх подібних досліджень є пошук інформації про те, що відбувається з тілом людини після смерті та в місці (поруч з місцем), де лежить труп. Нажаль для нашої країни, це питання становить не науковий інтерес, а відображає трагічність подій сьогодення, коли, через велику чисельність жертв війни, багато тіл людей залишається належно не похованими, особливо на лініях бойового зіткнення наших захисників з окупантами. Цей факт диктує екологізований запит про те, які зміни стану ґрунтів і рослинності відбуваються у безпосередній зоні знаходження тіла, які це має санітарно-екологічні ризики та тривалість дії.

3. Етапи процесу розкладання тіла людини та чинники, що впливають на їх перебіг

Усереднено організм людини складається на 64 % з води, на 20 % з білків, на 10 % з жирів, на 1 % з вуглеводів та на 5 % з мінеральних речовин [13]. Найпоширенішими елементами в організмі людини є кисень, вуглець, водень, азот, кальцій, фосфор, калій, сірка, натрій, хлор (мінеральний іон хлору) і магній, які в сумі становлять понад 99 % загальної маси тіла [14]. Окрім елементів, що містяться в легких органічних сполуках і газах, переважно це — певна частка кисню, вуглецю, водню й азоту, всі інші елементи (теоретично) можуть надходити до ґрунту без втрат в атмосферу [15].

Розкладання тіла, що починається одразу після смерті людини, представляє собою складний майже одночасний перебіг біохімічних і патологічних процесів, які призводять до значних змін структури і складу організму людини, а також спричиняють певні зміни у довкіллі. Ці процеси умовно виокремлені в декілька етапів [16, 17]:

- свіжий труп: розкладання починається одразу після припинення серцебиття, коли температура тіла знижується, зупиняється кровообіг, кров починає накопичуватися у певних органах (триває орієнтовно 1–2 доби);
- роздування: бактерії починають перероблювати м'які тканини, стають помітними зміни кольору шкіри, утворюються трупні гази, м'які тканини лопаються (орієнтовно 2–6 діб);
- активне розкладання: відбувається основна втрата маси тіла — більшу частину м'яких тканин з'їдають черв'яки або ж вони переходять у рідкий стан, просочуються у ґрунт та поглинаються рослинами (орієнтовно 5–11 діб);
- завершення розкладання: до цього моменту від м'яких тканин майже нічого не лишається, активність і чисельність бактерій, черв'яків і комах знижується (орієнтовно 10–24 доби);
- сухі останки: тіло починає нагадувати скелет — це починається з обличчя, рук і ніг; якщо у цьому місці висока вологість, тіло може муміфікуватися (більше 24 діб).

Узагальнюючи вище наведенні етапи, інтенсивність процесу розкладання посилюється після того, як відбувається самоперетравлення і бактерії виходять з шлунково-кишкового тракту. Починається гниття, що пов'язане з переходом від аеробних до анаеробних видів бактерій, які живляться тканинами організму, зброджуючи в них цукри та утворюючи газоподібні побічні продукти, такі як метан, сірководень і аміак, що накопичуються в організмі, роздуваючи живіт, а іноді й інші частини тіла. По факту відбувається молекулярна смерть — розкладання м'яких тканин до газів, рідин та солей [18].

Потім шкіра розтріскується і накопичені сполуки вивільняються. В місцях знаходження трупів після вилугування/інфільтрації рідких продуктів розкладання — води, органічних речовин, жирів, мікробних виділень та виділень личинок [19], утворюються острови трупного розкладання, які характеризуються високим вмістом вуглецю, азоту та фосфору. В таких, як їх іще називають, гарячих точках родючості (Fertility hot-spot),

«випалюється» вся наявна рослинність високою концентрацією органічних сполук. При цьому вплив продуктів розкладання, що латерально переміщуються на 20–100 см по периметру тіла, обмежується верхнім горизонтом ґрунту [15, 19, 20].

З часом, в силу зниження концентрації, першочергово амонійного азоту, та мінералізації органічних сполук, які надійшли у ґрунт, навколо тіла починається інтенсивний ріст рослин [17, 18, 21].

Швидкість перебігу процесу розкладання тіла людини має орієнтовні умовні часові проміжки, оскільки на нього впливають ряд чинників, пов'язаних як з природою самого тіла, так і з зовнішніми умовами (Табл. 2) [22].

Таблиця 2

Чинники, які впливають на швидкість розкладання тіла людини

Чинники, пов'язані з природою тіла	Зовнішні чинники
Вік на час смерті	Закопування або залишення на поверхні землі
Статура тіла (худа або товста)	Наявність або відсутність одягу
Наявність ран, травмування	Температура
Причина смерті	Вологість
Основні захворювання та інфекції	Тип ґрунту
Вживання певних медикаментів	Глибина поховання
	Тип матеріалу труни (або в чому поховане тіло)
	Вітер (може знижувати температуру і випаровувати воду)
	Занурення у воду

Загалом, поховане тіло розкладається повільніше, ніж те, що знаходиться на поверхні ґрунту, проте високі кислотність та вологість ґрунту можуть пришвидшувати розкладання похованих тіл. Холодна погода уповільнює темпи розкладання, спекотна — прискорює. Прямі сонячні промені і підвищена вологість також прискорюють цей процес [23]. Окрім того, останні дослідження науковців REST[ES] [24] свідчать, що навіть під метровим шаром снігу тіла, розміщені на землі та заморожені низькими зимовими температурами, продовжують розкладатися, тобто цей процес не зупиняється.

В цілому, опускаючи морально-етичну складову та використовуючи суто науковий підхід, результатом розкладання тіла людини як органічної речовини є розщеплення великих біологічних макромолекул (вуглеводи, білки, нуклеїнові кислоти та ліпіди) до окремих компонентів будівельного блоку (С, Н, О, N, Р та S). Утворені амінокислоти, органічні кислоти, леткі жирні кислоти, спирти, альдегіди, кетони, складні ефіри й ефіри, сірководень, метан, аміак, вуглекислий газ та інші сполуки азоту, фосфору і сірки [25], надходять у довкілля — газоподібні сполуки (наприклад, такі токсичні як нейрин, путресцин [5], кадаверин, тирамін) вивітрюються в атмосферу, розчинні — просочуються у ґрунт та підґрунтові води [13, 26].

4. Зміни, що відбуваються у ґрунті під впливом продуктів розкладання тіла людини

Після надходження у ґрунт продуктів розкладання відбуваються значні зміни його хімічного складу у місці під тілом [15, 18, 27–29], створюючи як нетривалі локальні гарячі точки кругообігу поживних речовин [15], так і локації зі стійкими змінами, що зберігаються роками [18].

Першочергово у ґрунті під тілами спостерігається суттєве накопичення органічного вуглецю та сполук азоту (більшу частину яких становить аміак) [27, 30] та фосфору, латеральне поширення яких обмежене дистанцією переважно 30 см, з тривалістю фіксації змін їх вмісту від 700 [28] до 1752 днів після смерті [30]. Для прикладу, американські дослідники встановили, що за розкладання тіла середньої конституції в ґрунт просочується біля 2,6 кг азоту, переважно в амонійній формі. Враховуючи, що острів трупного розкладання в середньому становить 3 м², то кількість надходження азоту в верхній шар ґрунту приблизно в 50 разів перевищує рекомендовану норму азотних добрив для чагарникових та деревних культур в США [31].

Теоретично, органічні сполуки азоту і фосфору, що надійшли у ґрунт таким специфічним чином, мінералізуються до «звичайних» мінеральних форм, подальші трансформації яких у ґрунті залежать від перебігу процесів нітрифікації, денітрифікації, випаровування чи вилуговування, асиміляції рослинами чи іммобілізації мікроорганізмами

для азотовмісних сполук [32] та зв'язування з полівалентними катіонами ґрунту, асиміляції рослинами чи іммобілізації мікроорганізмами для фосфоровмісних сполук.

Дослідженнями колективу вчених [15] виділено три групи елементів під тілами, що розкладаються, на основі їх часових змін (Рис. 1).

Елементи групи I містяться у великих кількостях в організмі людини (P, K, Na, S). Їх концентрації в ґрунті підвищуються з початком активного розкладання, що зумовлює трупне походження, і тісно пов'язано зі зростанням електропровідності та, меншою мірою, зі зниженням pH. Їх стійкість/зв'язування ґрунтом варіюють залежно від комплексоутворювальної здатності ґрунту для фосфору, динаміки ґрунтового вбирного комплексу для калію і натрію та швидкості мінералізації, пов'язаної з мікробною деградацією для сірки.

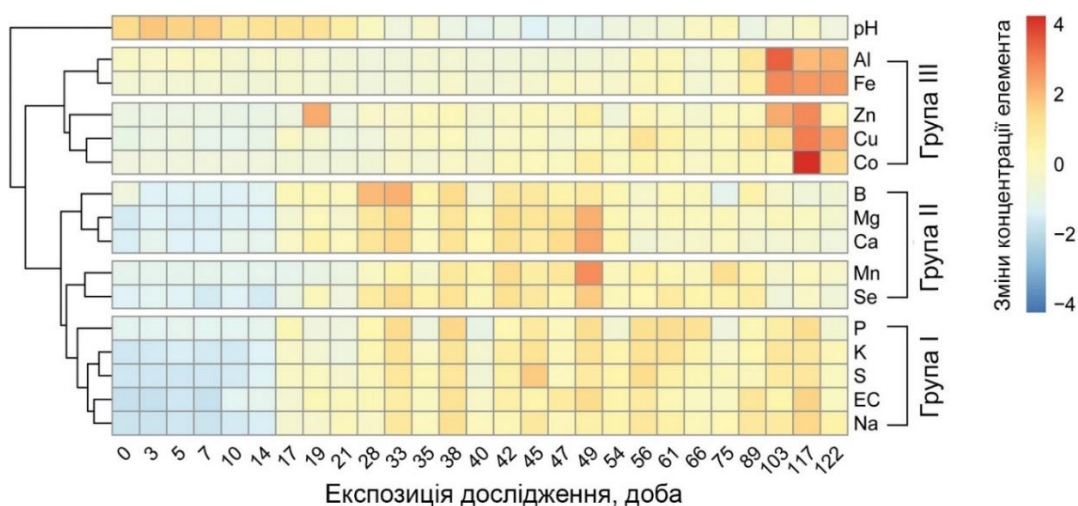


Рис. 1. Масштабовані зміни концентрацій елементів у розрізі експозиції дослідження [15]

Група II містить елементи Ca, Mg, Mn, Se і B, концентрації яких у ґрунті зростають одночасно з елементами групи I, але зменшуються швидше — на більш пізніх етапах процесу розкладання. Збільшення вмісту цих елементів зумовлено частково надходженням зі сполуками розкладення (Se), частково — мають ґрунтове походження через обмінну здатність ґрунту (Ca, Mg) або зростання розчинності через підкислення ґрунту (Mn).

Група III включає елементи, що містяться як в організмі людини, так і в ґрунті (Fe, Cu, Zn, Co і Al). На відміну від груп I і II, підвищення їх концентрації фіксується на пізніх стадіях процесу розкладання, після втрати більшої частини тканинної маси. Враховуючи незначну кількість цих елементів в організмі людини, цілком імовірно, що збільшення їх кількості у ґрунті зумовлено переважно поступовим вивільненням з мінералів через підкислення ґрунту.

Продукти розкладання можуть корегувати кислотність ґрунту, проте ці зміни залежать як від генетичних особливостей ґрунту, зокрема «вихідних» значень pH, так і морфологічних особливостей тіла людини. Наприклад [21], рівень pH кислого ґрунту через сім діб може піднятися більш ніж на три одиниці, тоді як у лужному ґрунті — лише незначно підвищуватися, що пояснюється надходженням іонів амонію, які підвищують pH у кислому ґрунті, але суттєво не впливають на ґрунт, який має лужну реакцію. В дослідженнях [27, 28] pH ґрунту під тілами суттєво не відрізнявся від контрольних показників, тоді як в інших дослідженнях [15] значення pH достовірно відрізнялися від контрольних значень. По мірі того, як продукти розкладання просочувалися у ґрунт, параметри pH знижувалися, а електропровідність збільшувалася, суттєво відрізняючись від контролю фактично до кінця проведення дослідження (Рис. 2).

Однією з причин відмінностей у змінах pH ґрунту може бути різне співвідношення жирів і продуктів розпаду м'язів, що пов'язано з різним індексом маси тіла. Так, жирова тканина містить від 60 до 85 % ліпідів, які гідролізуються в стеаринову, олеїнову і пальмітинову кислоти, тоді як під час розкладання м'язової тканини вивільняються іони амонію. Відповідно, більша частка кислих продуктів очікується від розкладання тіл з більшою масою жирової тканини, що призводить до зниження pH ґрунту. В тілах з меншою кількістю жирової тканини та більшою кількістю м'язів більшою є відносна частка NH_4^+ , що очікувано призведе до підвищення pH. Це підтверджується підвищенням pH ґрунту під

тілами з недостатньою масою та зниженням під тілами донорів при нормальній, надмірній масі та ожирінні [33].

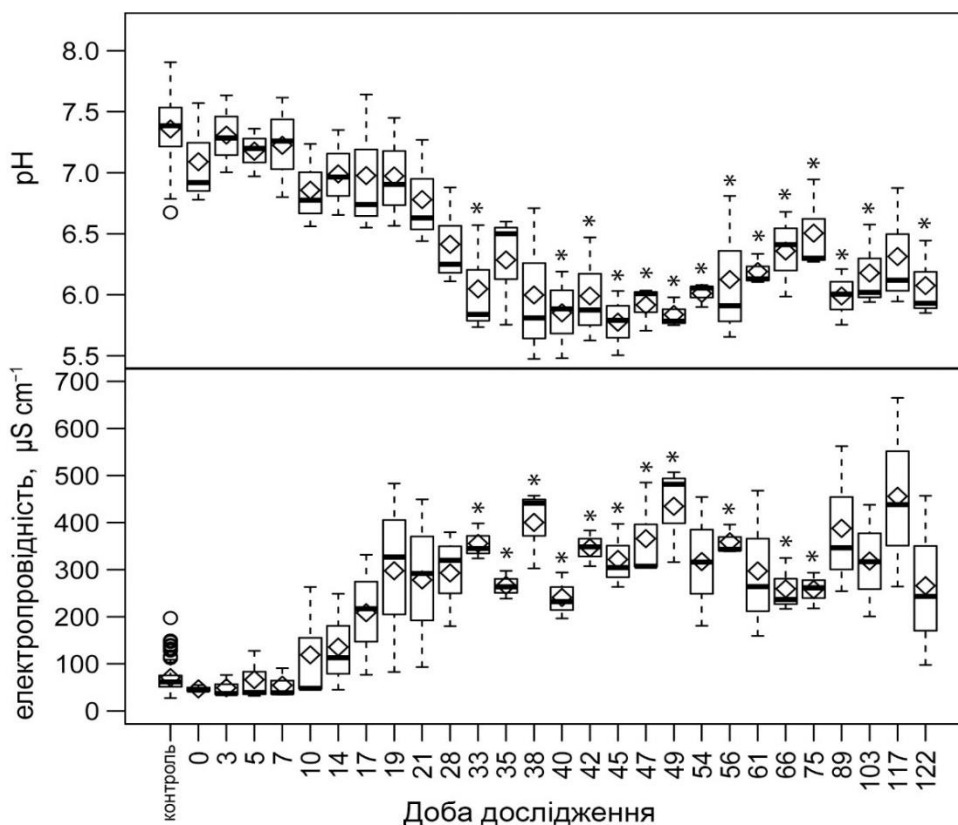


Рис. 2. Вплив продуктів розкладання тіла людини на рН і електропровідність ґрунту [15]

Функціональних і структурних змін зазнають ґрунтові мікробні угруповання, що пов'язані зі змінами в метаболічних стратегіях та/або їх складі, які умовно поділяють на два періоди. Перший період — під час активного розкладання за надходження рідини (період найбільш швидкої втрати маси), коли суттєво зростає загальна чисельність мікроорганізмів, в структурі яких переважають більш умовно-патогенні анаеробні деструктори та підвищується процес мінералізації сполук азоту. Також зростає активність грибної мікрофлори [33] та мезофауни [18]. Другий період — коли швидкість розкладання сповільнюється, анаеробні таксони проліферуються, знижується ефективність росту мікроорганізмів та уповільнюється мінералізація сполук азоту [27].

Також з рідиною розкладання у ґрунт надходять специфічні для людини мікроорганізми. В дослідженнях [33] мікробні угруповання, виділені з рідини розкладання, склалися з двох-п'яти різних типів бактерій, представлених переважно типами *Firmicutes* і *Proteobacteria* із переважанням на рівні класів *Clostridium* (39 %), *Gammaproteobacteria* (29 %) та *Bacillus* (28 %). З грибних угруповань в рідині розкладання домінував тип грибів *Ascomycota* класу *Saccharomycetes*. Також, у ґрунті під тілами виявлено копії генів *Bacteroides*, найпоширеніших кишкових бактерій, асоційованих з людиною, зниження вмісту яких фіксується на 126 день і не виявлено через 204 дні після просочування [27]. До того ж, за попередніми результатами, потенційний інгібуючий ефект на мікробних деструкторів мають сполуки розкладання тіла людей після променевої терапії [32].

Резюмуючи опрацьовану літературу та власний досвід можна підкреслити, що зміни параметрів ґрунтових показників через надходження продуктів розкладання тіла людини мають тимчасовий характер, тривалість якого залежить як від генетичних особливостей ґрунту, так і морфологічних параметрів самого тіла чи кількості тіл. В будь-якому разі ґрунт, як саморегульована відкрита термодинамічна система, за мінімізації зовнішнього впливу (тут це вилучення або сухі залишки тіла) з часом відновлюється до квазірівноважного «вихідного» стану.

Окремим блоком стоїть питання щодо санітарно-епідеміологічних ризиків, які можуть бути спричинені розкладанням тіла людини. Дослідженнями REST[ES] [24] щодо рівня забруднення ґрунтів встановлено мінімальний негативний вплив на довкілля за умови розкладання тіла людини без певних інфекційних захворювань або стійких до антибіотиків бактерій.

Безпосередню загрозу становить розкладання тіла людини, яка мала інфекційні захворювання (ВІЛ, гепатит, COVID-19, сибірська виразка, бутулізм, черевний тиф, туберкульоз тощо), оскільки збудники цих хвороб можуть надходити з рідиною розкладання у ґрунт.

Патогенні організми значною мірою зберігаються на поверхні ґрунту або в поверхневому шарі, при цьому віруси прикріплюються до часточок ґрунту легше, ніж бактерії, хоча наявність органічних та залізоокисних плівок, які можуть руйнуватися під час гниття людських трупів, збільшує масу бактерій на поверхні піщаних фракцій. Наприклад, більшість вірусів поліомієліту в ґрунті легкого гранулометричного складу акумулюється у верхньому 0–5 см шарі, проте вони можуть мігрувати на значну глибину після випадіння опадів [34]. Ступінь виживання збудників патогенів сальмонельозу (*Salmonella spp.*), кампілобактеріозу (*Campylobacter spp.*) або кишкової палички (*Escherichia coli*) варіює залежно від умов довкілля, але у всіх випадках їх кількість знижується в ґрунтового середовищі, в основному через хижацтво і конкуренцію з боку аборигенного ґрунтового угруповання мікроорганізмів [27].

5. Висновок

З наукової позиції процес розкладання тіла людини є складною комбінацією майже одночасних біохімічних і патологічних процесів, швидкість перебігу яких залежить як від природних чинників, так і морфологічних особливостей та ушкодженості тіла, що супроводжується надходженням у ґрунт специфічної рідини розкладання. У місцях її просочування суттєво збільшується вміст органічного вуглецю, сполук азоту та фосфору, висока концентрація яких (в першу чергу іонів амонію) призводить до «випалювання» всієї рослинності. Відбуваються зміни хімічного складу, змінюється рН та підвищується електропровідність ґрунту, простежуються функціональні та структурні зміни мікробних угруповань ґрунту й посилення активності грибною мікрофлори і мезофауни. Вплив продуктів розкладання обмежується верхнім горизонтом ґрунту та латерально поширюється до 1 м по периметру тіла. Зміни параметрів ґрунтових показників, що зумовлені надходженням продуктів розкладання тіла людини, мають тимчасовий характер. Тривалість змін залежить як від генетичних особливостей і стану ґрунту, так і від морфологічних параметрів самого тіла й від кількості тіл.

Потенційні санітарно-епідеміологічні ризики становить тіло людини, яка мала інфекційні захворювання (ВІЛ, гепатит, COVID-19 тощо), оскільки збудники цих хвороб можуть надходити з рідиною розкладання у ґрунт. Мінімальний негативний вплив на довкілля має розкладання тіла людини без певних інфекційних захворювань або стійких до антибіотиків бактерій.

З морально-етичної сторони нині першочерговим та гострим питанням є евакуація та ідентифікація тіл полеглих захисників та цивільних [35–37] для належного поховання та вшанування. Наразі в Україні діють пошукові групи гуманітарної місії «На Щиті», «Чорний тюльпан» та «Плацидарм», функціонування яких можна підтримати посильними донатами та волонтерством.

Перелік використаних джерел

1. Ревтьє-Уварова А. В., Захарова М. А. Види деградації. *Концептуальні підходи до відновлення ґрунтів, що постраждали від збройної агресії*: монографія / за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера, І. В. Пліско. Київ: Аграрна наука, 2024. С. 21–27. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-604-4>.
2. Кравченко О. Трупи окупантів – величезна проблема для довкілля, і коли розкладаються, і коли горять: інтерв'ю. УНІАН: Інформаційне агентство. 2022. URL: <https://www.unian.ua/ecology/ekolog-olena-kravchenko-trupi-okupantiv-velichezna-problema-dlya-dovkillya-i-koli-rozkladayutsya-i-koli-goryat-11771923.html>
3. Маріуполю загрожує екологічна катастрофа через трупи та бомбардування – екоактивіст. *Українська правда*. 2022. URL: <https://life.pravda.com.ua/society/2022/05/19/248719/>
4. Уповноважений закликає МКЧХ вплинути на РФ для вивезення з території України тіл загиблих російських військових. Уповноважений Верховної ради України з прав людини. 2022. URL: https://ombudsman.gov.ua/news_details/upovnovazhenij-zaklikaye-mkchh-vplnuti-na-rf-dlya-vivezennya-z-teritoriyi-ukrayini-til-zagiblih-rosijskih-vijskovih
5. Мелимука Р. Трупи російських військових не годяться навіть на добриво. *Еко.Район*. 2023. URL: <https://eco.rayon.in.ua/blogs/573386-chomu-trupi-rosijskikh-vijskovikh-ne-godyatsya-navit-na-dobrivo>
6. Деякі питання забезпечення вилучення, передачі та репатріації тіл (останків) осіб, загиблих (померлих) у зв'язку зі збройною агресією проти України: Постанова Кабінету міністрів України від 17 червня 2022 р. № 698. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/698-2022-%D0%BF#Text>
7. Кучер А. Методика оцінювання збитків, завданих збройною агресією земельному фонду та ґрунтам: проблеми та напрями вдосконалення. *Journal of Innovations and Sustainability*. 2022. № 6(2), 10. <https://doi.org/10.51599/is.2022.06.02.10>

8. Ebersole R. Down on the Body Farm: Unlocking the Forensic Secrets of Decaying Corpses. *Undark Magazine*. 2019. URL: <https://undark.org/2019/11/11/how-microbes-could-aid-forensic-detectives/>
9. Killgrove K. These 6 'Body Farms' Help Forensic Anthropologists Learn To Solve Crimes. *Forbes Innovation Science*. 2015. URL: <https://www.forbes.com/sites/kristinakillgrove/2015/06/10/these-six-body-farms-help-forensic-anthropologists-learn-to-solve-crimes/?sh=38b92899489f>
10. Pecs E. L., Bronchti G., Crispino F., Forbes S. L. Perspectives on the establishment of a canadian human taphonomic facility: The experience of REST[ES]. *Forensic Science International: Synergy*. 2020. № 2. P. 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.fsisy.2020.09.001>
11. Recherche en Sciences Thanatologiques [Expérimentales et Sociales]. URL: https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/gscw031?owa_no_site=816
12. Wozniak Je. R., Thies M. L., Bytheway J. A., Lutterschmidt W. I. A Hydrologic Retention System and Water Quality Monitoring Program for a Human Decomposition Research Facility: Concept and Design. *Journal of Forensic Sciences*. 2015. Vol. 60, Is. 1. P. 54–60. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12537>
13. Asadu C. L. A. The role of soil in saving human race from COVID-19 pandemic. *Agro-Science*. 2021. № 20 (4, Special Issue). P. 59–64. <https://dx.doi.org/10.4314/as.v20i4.8>
14. Chemical and elemental analysis of humans in vivo using improved body composition models / S. B. Heymsfield, M. Waki, J. Kehayias [et al.]. *Am J Physiol*. 1991. № 261(2). P. 190–198. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1991.261.2.E190>
15. Soil elemental changes during human decomposition / L. S. Taylor, A. Gonzalez, M. E. Essington [et al.]. *PLoS ONE*. 2023. № 18(6). e0287094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287094>
16. Сепрано К. Що таке ферма трупів і навіщо вона потрібна науці. *BBC News Україна*. 2019. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-48818144>
17. Decomposition Stages of Human Body. *Forensics Digest*. URL: <https://forensicsdigest.com/decomposition-stages-of-human-body/>
18. Costandi M. Life after death : the science of human decomposition. *The Guardian: Neurophilosophy. Forensic science*. 2015. URL: <https://www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2015/may/05/life-after-death>
19. Maisonneuve Ju.-E., Pecs E., Ribéreau-Gayon A. REST[ES] – Site de Recherche en Sciences thanatologiques [Expérimentales et Sociales]: presentation. URL: https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/FWG/GSC/Publication/816/27/12254/1/554312/5/O0003750371_Pre_s entation_RESTES_29_06_2021_2.pdf
20. Pecs E. Influence of Decomposition on Soil Microbial Metabolic Activity : presentation. 2021. URL: https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/FWG/GSC/Publication/816/27/12254/1/514600/5/O0003468174_Crossi ngBordersPresentation_EmilyPecs_Jan2021.pdf
21. Forbes S., Voss S., Blau S. Deadly secrets – the science of decomposition. *Australian Academy of Science*. URL: <https://www.science.org.au/curious/decomposition>
22. Wilson M. Not a Pretty Picture – Our Appearance After Death. In: *Life After Death: What Happens to Your Body After You Die?*. Springer, Cham. 2022. P. 91–116. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83036-6_4
23. Dent B., Forbes Sh. L., Stuart B. Review of Human Decomposition Processes in Soil. *Environmental Earth Sciences*. 2004. № 45(4). P. 576–585. <https://doi.org/10.1007/s00254-003-0913-z>
24. Trahan B. Laboratoire extérieur de l'UQTR: les corps se décomposeraient même en hiver [VIDÉO + ARTICLE AUDIO]. *Le Nouvelliste*. 2021. URL: <https://www.lenouveliste.ca/2021/05/17/laboratoire-exterieur-de-luqtr-les-corps-se-decomposeraient-meme-en-hiver-video-article-audio-70141b8e0e9945071b6f8a6821ddc5e7/>
25. Statheropoulos M., Spiliopoulou C., Agapiou A. A study of volatile organic compounds evolved from the decaying human body. *Forensic Science International*. 2005. Vol. 153, Is. 2–3. P. 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.08.015>
26. Вплив бойових дій на земельні ресурси України. Наслідки для довкілля війни росії проти України : Електронне науково-популярне видання / О. Ангурець, П. Хазан, К. Колесникова [та ін.]. 2022. С. 27–34. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>
27. Cobaugh K. L., Schaeffer S. M., DeBruyn. Je. M. Functional and Structural Succession of Soil Microbial Communities below Decomposing Human Cadavers. *PLoS ONE*. 2015. № 10(6). e0130201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130201>
28. Soil chemical markers distinguishing human and pig decomposition islands: a preliminary study / P. S. Barton, A. Reboldi, B. M. Dawson [et al.]. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020. № 16. P. 605–612. <https://doi.org/10.1007/s12024-020-00297-2>
29. Spatial impacts of a multi-individual grave on microbial and microfaunal communities and soil biogeochemistry / S. W. Keenan, A. L. Emmons, L. S. Taylor [et al.]. *PLoS ONE*. 2018. № 13(12). e0208845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208845>
30. An evaluation of soil chemistry in human cadaver decomposition islands: Potential for estimating postmortem interval (PMI) / J. P. Fancher, J. A. Aitkenhead-Peterson, T. Farris [et al.]. *Forensic Science International*. 2017. Vol. 279. P. 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.08.002>
31. Liberator S. Plants could lead officers to dead bodies, according to experts who say high levels of nitrogen in soil and leaf changes are key to locating unmarked graves. *DAILYMAIL.COM*. 2020. URL: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-8694827/PLANTS-lead-dead-bodies-according-experts-say-changes-vegetation-clues.html>
32. Ревтьє-Уварова А. В., Карацуба О. В., Ніконенко В. М., Сліденко О. І. Удосконалена діагностика рівня азотного забезпечення ґрунту методами польового та лабораторного тестування / Харків: ФОП Бровин О. В., 2020. 94 с.
33. Body Mass Index (BMI) Impacts Soil Chemical and Microbial Response to Human Decomposition / A. R. Mason, H. S. McKee-Zech, K. M. Hoeland [et al.]. *ASM Journals*. 2022. Vol. 7, Is. 5. 21 p. <https://doi.org/10.1128/msphere.00325-22>
34. Üçisik A. S., Rushbrook P. The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing. World Health Organization, Denmark, 1998. 11 p. URL: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/108132/EUR_ICP_EHNA_01_04_01%28A%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. Кузьменко В. О. Застосування комплексного підходу щодо ідентифікації трупів невідомих осіб в особливо складних випадках у практиці Луганського обласного бюро судово-медичної експертизи. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2019. Т. 18, № 2 (68). С. 125–128. <https://doi.org/10.24061/1727-4338.XVIII.2.68.2019.23>

36. Припхан І. І., Бдайцева Х. М. Окремі правові аспекти ідентифікації невпізнаних трупів. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2022. № 3. С. 207–211. <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2021.03.38>

37. Молекулярно-генетична ідентифікація осіб, загиблих під час російської збройної агресії проти України: успіхи та проблеми / І. Ю. Костіков, В. В. Марійко, Ю. В. Щербаківа [та ін.]. *Криміналістичний вісник*. 2023. № 39(1). Р. 10–28. <https://doi.org/10.37025/1992-4437/2023-39-1-10>

UDC 631.4

The impact of the products of human body decomposition on the soil

A. V. Revtie-Uvarova

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky",
Kharkiv, Ukraine

E-mail: alina_rev@meta.ua

The review article is devoted to the issue of the impact on the soil of the products of decomposition of the human body, which remains unburied. The topicality of the topic is determined by the circumstances that arose due to the military aggression of the Russian Federation against Ukraine. In order to determine the changes in the state of the soil that occur in the immediate area where the body is located, scientific and journalistic materials and scientific literature were summarized, mainly related to the research of scientific institutions, which are called "Body farms". The stages of decomposition of the human body and the factors affecting the speed of this process are given. It was established that specific decomposition fluids, which seep into the soil, forming islands of cadaveric decomposition (fertility hot spots), have a direct effect. Liquids spread limitedly in the upper soil horizon and laterally up to 1 m along the perimeter of the body. In this zone, the content of organic carbon, nitrogen and phosphorus compounds in the soil increases significantly. A high concentration of these substances leads to the "burning" of all vegetation. There are also changes in the chemical composition of the soil, pH, electrical conductivity increases, functional and structural changes in soil microbial communities and an increase in the activity of mesofauna are observed. Changes in the parameters of soil properties caused by the arrival of decomposition products of the human body have a temporary nature, the duration of which depends on both the genetic characteristics of the soil and the morphological parameters of the body and the number of bodies. In general, the decomposition of the human body without certain infectious diseases or antibiotic-resistant bacteria has a minimal negative impact on the environment. Instead, potential sanitary and epidemiological risks are the body of a person who has had such diseases as HIV, hepatitis, COVID-19, and the like. In addition to the above, today the evacuation and identification of the bodies of the fallen defenders and civilians for proper burial and commemoration is of utmost priority.

Keywords: military actions; cadaver decomposition islands; human body; soil chemical state; «Body farm».

Citing: Revtie-Uvarova A.V. (2024). The impact of the products of human body decomposition on the soil. *AgroChemistry and Soil Science*, 96, 41–51. <https://doi.org/10.31073/acss96-05> [in Ukrainian]

References

1. Revtie-Uvarova, A. V., & Zakharova, M. A. (2024). Types of degradation. In S. A. Baliuk, A. V. Kucher, & I. V. Plisko (Eds.) *Conceptual approaches to the restoration of soils damaged by the armed aggression: monograph* (21-27). Kyiv: Agrarna nauka. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-604-4> [in Ukrainian].
2. Kravchenko, O. (2022, April 04). The corpses of the occupiers are a huge problem for the environment, both when they decompose and when they burn: an interview. *UNIAN : Information Agency*. Retrieved from <https://www.unian.ua/ecology/ekolog-olena-kravchenko-trupi-okupantiv-velichezna-problema-dlya-dovkillya-i-koli-rozkladayutsya-i-koli-goryat-11771923.html> [in Ukrainian].
3. Mariupol is threatened with ecological disaster due to corpses and bombings – an eco-activist. *Ukrainska Pravda*, 2022, May 19. Retrieved from <https://life.pravda.com.ua/society/2022/05/19/248719/> [in Ukrainian].
4. The Commissioner calls on the ICRC to influence the Russian Federation to remove the bodies of dead Russian soldiers from the territory of Ukraine: The Commissioner for Human Rights of the Verkhovna Rada of Ukraine. 2022, March 24. Retrieved from https://ombudsman.gov.ua/news_details/upovnovazhenij-zaklikaye-mkchh-vplnuti-na-rf-dlya-vivezennya-z-teritoriyi-ukrayini-til-zagiblih-rosijskih-vijskovih [in Ukrainian].
5. Melymuka, R. (2023, February 08). The corpses of Russian soldiers are not even suitable for fertilizer. *Eko.Raion*. Retrieved from <https://eco.rayon.in.ua/blogs/573386-chomu-trupi-rosiyskikh-viyskovikh-ne-godyatsya-navit-na-dobrovo> [in Ukrainian].
6. Some questions of ensuring the removal, transfer and repatriation of bodies (remains) of persons killed (deceased) in connection with armed aggression against Ukraine: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of June 17, 2022 № 698. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/698-2022-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
7. Kucher, A. (2022). Methodology for assessing damages and losses caused by the armed aggression to the land fund and soils: problems and directions of improvement. *Journal of Innovations and Sustainability*, 6(2), 10. <https://doi.org/10.51599/is.2022.06.02.10> [in Ukrainian].
8. Ebersole, R. (2019, November 11). Down on the Body Farm: Unlocking the Forensic Secrets of Decaying Corpses. *Undark Magazine*. Retrieved from <https://undark.org/2019/11/11/how-microbes-could-aid-forensic-detectives/>
9. Killgrove, K. (2015, June 15) These 6 'Body Farms' Help Forensic Anthropologists Learn To Solve Crimes. *Forbes Innovation Science*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/kristinakilgrove/2015/06/10/these-six-body-farms-help-forensic-anthropologists-learn-to-solve-crimes/?sh=38b9289948f9>

10. Pecs, E. L., Bronchti, G., Crispino, F., & Forbes, S. L. (2020). Perspectives on the establishment of a canadian human taphonomic facility: The experience of REST[ES]. *Forensic Science International: Synergy*, 2, 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2020.09.001>
11. Recherche en Sciences Thanatologiques [Expérimentales et Sociales]. Retrieved from https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/gscw031?owa_no_site=816
12. Wozniak, Je. R., Thies, M. L., Bytheway, J. A., & Lutterschmidt, W. I. (2015). A Hydrologic Retention System and Water Quality Monitoring Program for a Human Decomposition Research Facility: Concept and Design. *Journal of Forensic Sciences*, 60(1), 54–60. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12537>
13. Asadu, C. L. A. (2021). The role of soil in saving human race from COVID-19 pandemic. *Agro-Science*, 20 (4, Special Issue), 59–64. <https://dx.doi.org/10.4314/as.v20i4.8>
14. Heymsfield, S. B., Waki, M., Kehayias, J., Lichtman, S., Dilmanian, F. A., Kamen, Y., ... Pierson, R. N. (1991). Chemical and elemental analysis of humans in vivo using improved body composition models. *Am J Physiol.*, 261(2), 190–198. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1991.261.2.E190>
15. Taylor, L. S., Gonzalez, A., Essington, M. E., Lenaghan, S. C., Stewart, C. N., Mundorff, A. Z., ... DeBruyn, Je. M. (2023). Soil elemental changes during human decomposition. *PLoS ONE*, 18(6), e0287094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287094>
16. Serrano, K. (2019, June 30). What is a Body farm and why does science need it. *BBC News Ukraine*. Retrieved from <https://www.bbc.com/ukrainian/features-48818144> [in Ukrainian].
17. Decomposition Stages of Human Body. *Forensics Digest*. Retrieved from <https://forensicsdigest.com/decomposition-stages-of-human-body/>
18. Costandi, M. (2015, May 05). Life after death: the science of human decomposition. *The Guardian: Neurophilosophy. Forensic science*. Retrieved from <https://www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2015/may/05/life-after-death>
19. Maisonhaute, Ju.-E., Pecs, E., & Ribéreau-Gayon, A. REST[ES] – Site de Recherche en Sciences thanatologiques [Expérimentales et Sociales]: presentation. Retrieved from https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/FWG/GSC/Publication/816/27/12254/1/554312/5/O0003750371_Pre_s entation_RESTES_29_06_2021_2.pdf
20. Pecs, E. (2021). Influence of Decomposition on Soil Microbial Metabolic Activity : presentation. Retrieved from https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/FWG/GSC/Publication/816/27/12254/1/514600/5/O0003468174_CrossingBordersPresentation_EmilyPecs_Jan2021.pdf
21. Forbes, S., Voss, S., & Blau, S. Deadly secrets – the science of decomposition. *Australian Academy of Science*. Retrieved from <https://www.science.org.au/curious/decomposition>
22. Wilson, M. (2022). Not a Pretty Picture – Our Appearance After Death. In: *Life After Death: What Happens to Your Body After You Die?*. Springer, Cham. 91–116. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83036-6_4
23. Dent, B., Forbes, Sh. L., & Stuart, B. (2004). Review of Human Decomposition Processes in Soil. *Environmental Earth Sciences*, 45(4), 576–585. <https://doi.org/10.1007/s00254-003-0913-z>
24. Trahan, B. (2021). Laboratoire extérieur de l'UQTR: les corps se décomposeraient même en hiver [VIDÉO + ARTICLE AUDIO]. *Le Nouvelliste*. Retrieved from <https://www.lenouveliste.ca/2021/05/17/laboratoire-exterieur-de-luqtr-les-corps-se-decomposeraient-meme-en-hiver-video-article-audio-70141b8e0e9945071b6f8a6821ddc5e7/>
25. Statheropoulos, M., Spiliopoulou, C., & Agapiou, A. (2005). A study of volatile organic compounds evolved from the decaying human body. *Forensic Science International*, 153(2–3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.08.015>
26. Anhurets, O., Khazan, P., Kolesnykova, K., Kushch, M., Chernokhova, M., & Havranek, M. (2022). Impact of hostilities on land resources of Ukraine. *Consequences for the environment of Russia's war against Ukraine*: Electronic popular science publication. 27–34. Retrieved from <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf> [in Ukrainian].
27. Cobaugh, K. L., Schaeffer, S. M., & DeBruyn, Je. M. (2015). Functional and Structural Succession of Soil Microbial Communities below Decomposing Human Cadavers. *PLoS ONE*, 10(6), e0130201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130201>
28. Barton, P. S., Reboldi, A., Dawson, B. M., Ueland, M., Strong, C., & Wallman, Ja. F. (2020). Soil chemical markers distinguishing human and pig decomposition islands: a preliminary study. *Forensic Sci Med Pathol.*, 16, 605–612. <https://doi.org/10.1007/s12024-020-00297-2>
29. Keenan, S. W., Emmons, A. L., Taylor, L. S., Phillips, G., Mason, A. R., Mundorff, A. Z., ... DeBruyn, Je. M. (2018). Spatial impacts of a multi-individual grave on microbial and microfaunal communities and soil biogeochemistry. *PLoS ONE*, 13(12), e0208845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208845>
30. Fancher, J. P., Aitkenhead-Peterson, J. A., Farris, T., Mix, K., Schwab, A. P., Wescott, D. J., & Hamilton M. D. (2017). An evaluation of soil chemistry in human cadaver decomposition islands: Potential for estimating postmortem interval (PMI). *Forensic Science International*, 279, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.08.002>
31. Liberatore, S. (2020, September 03). Plants could lead officers to dead bodies, according to experts who say high levels of nitrogen in soil and leaf changes are key to locating unmarked graves. *DAILYMAIL.COM*. Retrieved from <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-8694827/PLANTS-lead-dead-bodies-according-experts-say-changes-vegetation-clues.html>
32. Revtye-Uvarova, A. V., Karatsiuba, O. V., Nikonenko, V. M., & Slidenko, O. I. (2020). *Improved diagnostics of the level of soil nitrogen supply by field and laboratory testing methods. Kharkiv*. [in Ukrainian].
33. Mason, A. R., McKee-Zech, H. S., Hoeland, K. M., Davis, M. C., Campagna, S. R., Steadman, D. W., & DeBruyn Je. M. (2022). Body Mass Index (BMI) Impacts Soil Chemical and Microbial Response to Human Decomposition. *ASM Journals*, 7(5), 21. <https://doi.org/10.1128/msphere.00325-22>
34. Üçisik, A. S., & Rushbrook, P. (1998). *The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing*. World Health Organization, Denmark. Retrieved from https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/108132/EUR_ICP_EHNA_01_04_01%28A%2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
35. Kuzmenko, V. O. (2019). Application of the complex approach to identification of corpses of unknown individuals in particularly complicated cases in the practice of Luhansk regional bureau of forensic medical examination. *Clinical & experimental pathology*, 18(2), 125–128. <https://doi.org/10.24061/1727-4338.XVIII.2.68.2019.23> [in Ukrainian].

36. Prypkhan, I. I., & Bdaytsieva, H. M. (2022). Some legal aspects of identification of unidentified corpses. *Analytical and Comparative Jurisprudence*, 3, 207–211. <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2021.03.38> [in Ukrainian].
37. Kostikov, I., Mariiko, V., Shcherbakova, Yu., Martynenko, S., Sirivlia, A., Sandalovych, B., & Abbasov, R. (2023). Molecular-genetic identification of persons who died during russian armed aggression against Ukraine: successes and challenges. *Forensis Herald*, 39(1), 10–28. <https://doi.org/10.37025/1992-4437/2023-39-1-10> [in Ukrainian].