УДК 614. 4.616,9
DOI https://doi.org/10.32782/pub.health.2026.1.26

Шевчук Тетяна Ігорівна,
кандидат медичних наук, доцент,
доцент кафедри медичної біології
Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2725-4716

Хлєстова Світлана Святославівна,
кандидат педагогічних наук, доцент,
в.о. завідувача кафедри медичної біології
Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7888-2427

Чорна Валентина Володимирівна,
доктор медичних наук, професор,
директор Навчально-наукового інституту медсестринства
Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9525-0613

Горбатюк Світлана Михайлівна,
кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри медичної біології
Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8685-938X

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗБУДНИКА КРИПТОСПОРИДІОЗУ ТА ЙОГО МЕДИКО-СОЦІАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ

Актуальність. *Криптоспоридіоз є актуальною і невирішеною проблемою громадського здоров'я, оскільки захворювання легко передається через забруднену воду, їжу або контакт із зараженими людьми та тваринами. Особливу небезпеку хвороба становить для дітей і людей з ослабленим імунітетом. Невирішеним питанням залишається профілактика криптоспоридіозу, лікування і розробка вакцини.*

Мета роботи *– систематизація сучасних наукових даних щодо біологічних, медичних та епідеміологічних особливостей збудника криптоспоридіозу.*

Матеріали та методи. *Застосовано метод систематичного пошуку для відбору релевантних статей у базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, а також методи аналізу, систематизації, порівняння, узагальнення і логічно-структурного аналізу. Матеріалами виступили дані наукових досліджень з приводу цієї проблеми та звіти Центру громадського здоров'я МОЗ України щодо інфекційної захворюваності населення України по Формі 1 за 2017–2024 роки.*

Результати дослідження*. Встановлено морфофункціональні особливості збудника криптоспоридіозу: виражений генотиповий поліморфізм, внутрішньоклітинне і позацитоплазматичне розташування в ентероцитах, маленькі розміри ооцист – 5 мкм, розвиток всіх стадій життєвого циклу в межах одного хазяїна; епідеміологічні особливості: значне поширення серед домашніх і диких тварин, широке коло хазяїв; виражена стійкість ооцист до факторів навколишнього середовища; досить висока стійкість до відомих антикокцидіальних препаратів, хлорвмісних та інших дезінфікуючих засобів. Аналіз звітності Центру громадського здоров'я МОЗ України щодо захворюваності на криптоспоридіоз показав найбільшу кількість випадків у 2019 (45 випадків) та 2024 (34 випадки) роках.*

Висновки. *Встановлені характеристики дозволяють адаптуватися паразиту до мінливих умов середовища, що сприяє поширенню захворювання та утрудненню профілактики. Існує потреба у розробці надійних тестів для виявлення та ідентифікації збудника, а також у створенні вакцин, лікарських і дезінфекційних засобів боротьби з паразитом.*

Ключові слова: *криптоспоридіоз, криптоспоридії, генотип, морфологія, життєвий цикл, епідеміологія, захворюваність, Україна.*

Shevchuk T. I., Khliestova S. S., Chorna V. V., Horbatiuk S. M. Biological make-up of the cryptosporidiosis pathogen and its sociomedical implications

Topicality. *Cryptosporidiosis remains pressing, still unresolved public health problem as the disease is easily communicated through contaminated water, foods, or contacts with infected people and animals. The disease is particularly*

dangerous for minor children and people with compromised immune system. Prevention, treatment of cryptosporidiosis, and designing a vaccine are still pending.

***Objective of the study** is a systematization of the present knowledge of the biological, medical and epidemiological specifics of the cryptosporidiosis pathogenesis.*

***Materials and methods.** To screen relevant articles in PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases, we used a systemic search pattern, as well as analytics, arrangement, comparison, generalization and logical-structural methods. The subject materials used for the study were output of scientific research related to the issue and Form 1 reporting of the Center for Public Health of the Ministry of Health of Ukraine on the infectious morbidity of the population of Ukraine in 2017–2024.*

***Results of the study**. We have established the morphofunctional features of the cryptosporidiosis pathogen, such as extensive genotypic polymorphism, intracellular and extracytoplasmic enterocyte positioning, tiny 5 μm oocysts, one-host parasite development at all stages of the life cycle; and epidemiological specifics of the disease, such as significant proliferation among domestic and wild animals, a wide range of hosts; extremely high environmental stability of oocysts; fairly high resistance to known anticoccidial agents, chlorine-containing and other disinfectants. According to the analysis of the Center for Public Health of the Ministry of Health of Ukraine on the incidence of cryptosporidiosis, the largest numbers of cases were registered in 2019 (45 cases) and 2024 (34 cases).*

***Conclusions.** The identified specifics allow the parasite to adapt to changing environmental conditions, contributing to high disease communication and complicating the prevention measures. Therefore, we have a strong need for reliable tests for detection and identification of the pathogen, and for vaccines, medicines and disinfectants to combat the parasite.*

***Key words:** cryptosporidiosis, cryptosporidia, genotype, morphology, life cycle, epidemiology, incidence, Ukraine.*

Вступ. Криптоспоридіоз – це зоонозне захворювання, яке спричиняється найпростішим паразитом роду *Cryptosporidium,* класу *Cryptogregaria*, типу *Apicomplexa* з переважним ураженням шлунково-кишкового тракту. Захворювання має повсюдне поширення, паразит у якості хазяїна використовує багато видів хребетних, в тому числі і людину, викликаючи гострий гастроентерит, що проявляється діарейним синдромом, нудотою, блюванням, нездужанням та болями в животі.

У імунокомпетентних осіб хвороба обмежується гострим гастроентеритом, не тривалим по часу і з легким перебігом, а у людей з імунодефіцитними станами – це серйозне захворювання з важким перебігом, виснажливою і тривалою діареєю, синдромом мальабсорбції, дегідратацією, ураженням всього шлунково-кишкового тракту і дихальної системи, що загрожує життю людини. З цієї причини криптоспоридіоз вважається однією з найбільш ризикованих опортуністичних інфекцій для пацієнтів із синдромом набутого імунодефіциту [1; 2]. Групами ризику також є діти до 5 років, онкологічні хворі, пацієнти, що приймають імуносупресивні препарати або цитостатики, хворі на туберкульоз, люди похилого віку з хронічними захворюваннями, а також працівники тваринницьких ферм, особи, які відвідують країни з високим рівнем ендемічної захворюваності на криптоспоридіоз [3, с. 73].

Криптоспоридії викликають до 20% усіх випадків діарей у дітей в країнах, що розвиваються, відповідають за понад 8 млн. випадків харчових отруєнь у всьому світі щорічно. До прикладу, у 2010 році серед 600 млн. випадків харчових кишкових захворювань 104 млн. випадків діареї були спричинені паразитами. Серед них 77,5 млн. становили найпростіші, решту – гельмінти. Криптоспоридіоз був причиною 8,6 млн. випадків харчової діареї та 3759 випадків смертей [4; 5].

Тривалий час криптоспоридії вважались непатогенними організмами, але з 1982 року цей збудник був визнаний причиною діарейного синдрому для загальної популяції людей і небезпечним захворюванням для осіб з імунодефіцитом [6, с. 120].

Ооцисти паразита можуть виживати поза організмом хазяїна кілька місяців і зберігати свою інвазивність, вони проявляють виражену стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища і дезінфікуючих засобів, в тому числі і хлорвмісних.

На сьогоднішній день не існує ефективних хіміопрепаратів для лікування криптоспоридіозу. Схваленими препаратами для лікування людини і тварин є нітазоксанід і галофугінон, але вони не гарантують ефективності. Тому профілактичні заходи повинні базуватися на зниженні поширеності інвазії, перериванні шляхів передачі між тваринами і людиною, підтримці належного санітарно-гігієнічного середовища проживання тварин і людей. Для цього необхідно детально вивчити морфофункціональні особливості збудника, його життєвий цикл та епідеміологічну ситуацію [7].

Розробка методів молекулярно-генетичних досліджень дозволила ідентифікувати багато видів і генотипів збудника, що має значення для розуміння механізмів зоонозної передачі та розробки методів профілактики, зокрема вакцинації [8]. На даний момент існує понад 40 морфологічних та молекулярно-генетичних видів *Cryptosporidium*

та більше ніж 60 генотипів, які здатні інфікувати ссавців, земноводних, птахів, рептилій і риб. Серед них у людей було виявлено 21 вид, але *C. hominis і C. parvum* є відповідальними за 90% випадків криптоспоридіозу у людей [9].

Мета та завдання. ***Метою дослідження*** є систематизація сучасних наукових даних щодо біологічних, медичних та епідеміологічних особливостей збудника криптоспоридіозу.

Завдання дослідження: проаналізувати і узагальнити наукові джерела по даній проблемі для визначення основних особливостей збудника криптоспоридіозу; охарактеризувати молекулярно-генетичні та морфологічні аспекти *Cryptosporidium spp.* та їх значення для ідентифікації збудника; розглянути і скласти схему життєвого циклу паразита; дослідити епідеміологічні особливості криптоспоридіозу, уточнити механізми передачі, шляхи зараження, джерела інвазії та фактори передачі; проаналізувати медико-соціальні аспекти захворювання, зокрема поширеність та захворюваність в Україні, вплив на громадське здоров'я та профілактику криптоспоридіозу.

Методи дослідження. Було проведено систематичний пошук для відбору релевантних статей у базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, ResearchGate, CrossRef з використанням таких ключових слів: криптоспоридії, криптоспоридіоз, захворюваність, морфологія і життєвий цикл криптоспоридій, епідеміологія, клініка, діагностика і профілактика криптоспоридіозу. Проаналізовані анотації та повні тексти кожного джерела пошуку для визначення відповідності інформації нашим критеріям пошуку. Проведено систематизацію та узагальнення даних з використанням методу логічно-структурного аналізу. Проаналізовано звітність Центру громадського здоров'я МОЗ України щодо інфекційної захворюваності населення України згідно даних звіту по Формі 1 за 2017–2024 роки.

Результати дослідження.

Особливості геному збудника криптоспоридіозу. Вперше геноми *C. hominis* і *C. parvum* були секвеновані у 2004 році методом Сенгера. Встановлено, що вони складаються з восьми хромосом і кодують 3952–3994 гени [10]. Геноми *C. hominis*, який має вузьке коло господарів, і *C. parvum*, який має широкий діапазон господарів, схожі майже на 97%. Геномні відмінності між двома видами в основному зосереджені в субтеломерних областях, зокрема в родинах багатокопійних генів, включаючи сімейство білків MEDLE, інсуліназоподібні протеази (INS) і глікопротеїни муцинового типу. *C. parvum* має шість копій білка MEDLE, тоді як *C. hominis* має лише один екземпляр. Порівняльні геномні дослідження показали, що поліморфізм послідовності білків NFDQ може призвести до фенотипічних відмінностей між видами *Cryptosporidium*, включаючи варіації у швидкості росту патогенів, тривалості інфекції та її інтенсивності. Науковці встановили, що NFDQ1експресується як на безстатевій, так і на статевій стадіях *C. parvum* і локалізується в цитоплазмі паразита. Втрата NFDQ1 порушила ріст і розвиток паразитів in vitro, що надає нове уявлення про розробку ефективної терапії проти інвазії [11].

Для *Cryptosporidium parvum* характерний генотиповий поліморфізм, який є основою адаптації до хазяїна. Секвеновано геноми *C. parvum*, його підтипи IIa (зустрічається переважно у великої рогатої худоби), IIc (переважно у людей), IId (переважно у овець та кіз), хоча всі три родини є патогенними для людини. В результаті секвенування виявлено відмінності між різними підтипами у кількох субтеломерних сімейств генів, а також у послідовностях секреторних глікопротеїнів [12].

Морфологія та життєвий цикл паразита. Криптоспоридії мають деякі ознаки, які відрізняють їх від інших представників кокцидій: вони мають внутрішньоклітинну і позацитоплазматичну локалізацію, здатні формувати спеціальний «живильний» орган, утворюють два морфологічні типи ооцист (тонко– і товстостінну) і два функціональні типи (ауто– і реінвазія), відсутність таких морфологічних форм як спороциста і мікропіли, відсутність класичних мітохондрій і апікопласту, наявність електронно-щільної смуги, різноманітні генетичні і фенотипові варіації, що забезпечують високу стійкість до всіх відомих антикокцидіальних препаратів та дезінфекційних засобів [13].

Життєвий цикл криптоспоридій складний, з чергуванням нестатевої фази (шизогонія, мерогонія) і статевої (гаметогонія) (Рис. 1). Інвазивна стадія – ооциста (Рис. 2, А). При проникненні в організм хазяїна з факторами передачі у кишечнику з ооцисти вивільняються спорозоїти (Рис. 2, В), які розмножуються шизогонією у паразитофорній вакуолі з утворенням 8 мерозоїтів. Паразит прикріплюється до поверхні клітини, стимулює охоплення його мембраною клітини хазяїна, формуючи паразитофорну вакуолю у щітковій облямівці ентероцита.

Таким чином, паразит розташовується внутрішньоклітинно, але екстрацитоплазматично. Крім того в місці контакту спорозоїта з мембра-

ною клітини утворюється живильна органела, яка забезпечує паразита поживними речовинами і формує канал у цитоплазму клітини хазяїна. Всередині паразитофорної вакуолі спорозоїт ділиться з утворенням сферичного трофозоїта розміром близько 4х4 мкм з ексцентрично розміщеним ядром. Після трьох нестатевих циклів (мерогонія / шизогонія) трофозоїт ділиться з утворенням великого меронту типу I розміром 5х5 мкм, який містить вісім мерозоїтів [15].

Після виходу з паразитофорної вакуолі мерозоїти діляться нестатево в ентероцитах знову з утворенням меронтів I типу, а потім трофозоїтів. Трофозоїти шляхом нестатевого розмноження утворюють два типи меронтів (I і II тип), які в свою чергу продукують мерозоїти типу I і типу II. Частина мерозоїтів типу II проникають в нові ентероцити і починають статевий процес: спочатку утворюються мікро- і макрогамети (гаметогонія), які в подальшому зливаються з формуванням зиготи. Незрілі мікрогамонти сферичної форми, у діаметрі 5х4,5 мкм, містять до 16 компактних клітинних ядер, розташованих периферично, і є попередниками мікрогамет. Зрілі мікрогамети залишають клітину-хазяїна і запліднюють макрогамети.

Рис. 1. Схема життєвого циклу криптоспоридія

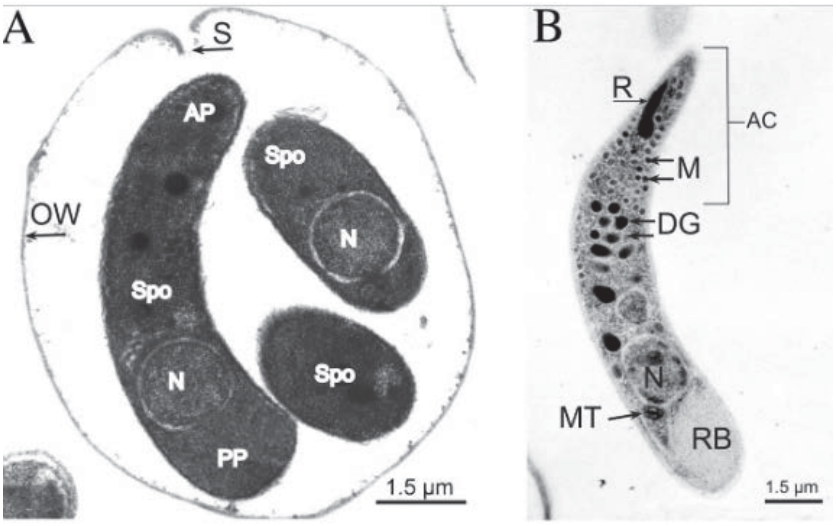

Рис. 2. А – ооциста *C. parvum* (всередині видно три спорозоїти), В – ексцистований спорозоїт. OW – стінка ооцисти, AP – передній полюс, Spo – спорозоїт, N – ядро, PP – задній полюс, R – роптрія, AC – апікальний комплекс, M – мікронеми, DG – щільні гранули, MT – мітохондрія, RB – заломлююче тільце [14]

Зигота, яка утворилась внаслідок злиття мікро- і макрогамет, покривається оболонкою, в ній утворюється шляхом спорогонії 4 спорозоїти і вона називається ооцистою. Ооцисти бувають двох типів: тонкостінні (близько 20%) – вивільняють спорозоїти у просвіті кишки хазяїна та викликають ендогенну аутоінвазію шляхом повторення циклів шизогонії і гаметогонії; товстостінні ооцисти (близько 80%) – виділяються у навколишнє середовище з фекаліями, являють собою екзогенну стадію паразита, яка стійка до несприятливих факторів і може зберігати життєздатність і інвазивність досить тривалий час. Ооцисти розміром близько 4х6 мкм, сферичної або овальної форми, покриті зовнішньою та внутрішньою оболонками, мають залишкове тіло і чотири спорозоїти у формі банана або коми. При проникненні товстостінних ооцист в організм сприйнятливого хазяїна життєвий цикл паразита повторюється [16].

Епідеміологічні особливості збудника. Основний механізм передачі збудника – фекально-оральний, хоча може бути повітряно-крапельний і контактно-побутовий (Рис. 3).

В організмі хазяїна основним місцем локалізації є тонка кишка, але збудник уражає клітини миготливого епітелію, тому може також локалізуватись в дихальних шляхах, жовчному міхурі, протоці підшлункової залози, товстій кишці, прямій кишці. Факторами передачі слугують продукти харчування, вода, молоко, які забруднені ооцистами з криптоспоридіями, а також безпосередній контакт з хворими тваринами або людиною, анальний статевий контакт.

Проведені дослідження дозволили встановити деякі закономірності поширення криптоспоридійної інвазії: вищі показники захворюваності спостерігаються серед сільських жителів, ніж серед мешканців міст, що може бути пов'язане з недостатньо ефективним очищенням води, більша щільність тварин, які можуть бути джерелом інвазії; криптоспоридіоз частіше зустрічається в теплу пору року, ніж у прохолодну; захворюваність у дітей 1–2 років в рази перевищує цей показник у дітей 5–9 років; криптоспоридіоз є частою причиною діареї мандрівників [17].

Джерелом інвазії можуть бути люди, велика рогата худоба, кози, коні, вівці, олені, верблюди, свині, кури, індики, страуси, папуги, кролі, собаки, лисиці, норки, койоти, кенгуру, ящірки, змії, риба та багато інших ссавців, птахів, рептилій [18, с. 70–71].

Інвазивні ооцисти паразита стійкі до несприятливих факторів навколишнього середовища, можуть зберігати життєздатність і інвазивність тривалий час на вологих і захищених поверхнях фруктів та овочів. Достатній інкубаційний період сприяє подовженню часу між забрудненням факторів передачі і виникненням спалаху хвороби, що спричиняє певні труднощі щодо відстеження джерела інвазії.

Товстостінні ооцисти, що виділяються з фекаліями або бронхіальним секретом, одразу є інвазивними, тому заражений організм є епіде-

Рис. 3. Епідеміологічні особливості збудника криптоспоридіозу

міологічно небезпечним для оточуючих. Один інвазований хазяїн здатен виділяти до 10^{10} ооцист, що призводить до значного інфекційного навантаження на навколишнє середовище. Завдяки стійкості ооцист до факторів зовнішнього середовища та багатьох хімічних агентів (хлорвмісних речовин), повністю очистити воду від збудника майже не можливо.

Передача криптоспоридій може відбуватися через прямий контакт з інвазованою людиною або твариною, вживання зараженої питної води або їжі, вдихання зараженого ооцистами повітря аерозольним шляхом. Поширенню інвазії і виникненню спалахів сприяють кілька факторів: синантропні мухи як механічні переносники, забруднення питної води та погано очищена вода в басейнах, масове удобрення сільськогосподарської продукції забрудненими стоками, колективні контакти з хворими (садочки, школи, лікарні), контакт з хворими тваринами (особливо телятами) [19].

Водний шлях передачі захворювання вважається основним (Рис. 4), оскільки часто виявляється у відкритих водоймах, водогінних мережах, стічних водах, басейнах, аквапарках [20].

Велике дослідження, проведене у 15 країнах світу, охопило період з 2000 до 2014 року і стосувалося виявлення факторів забруднення питної води та патогенних організмів, які стали причиною спалахів захворювань. Було встановлено, що основними факторами, які сприяють забрудненню води, є фекальне забруднення стічних вод внаслідок сильних дощів, паводків, скидання стічних відходів у джерела води, несправність дезінфекційного обладнання, порушення водорозподільної мережі. Серед патогенів, які спричинили найбільшу кількість постраждалих осіб, на першому місці знаходяться криптоспоридії, а потім норовіруси, лямблії, кампілобактери і ротавіруси [21]. Широке коло хазяїв і значне забруднення ооцистами криптоспоридія навколишнього середовища призвело до його повсюдного поширення і виявлення паразита у всьому світі у річках, озерах, невеликих водоймах, підземних водах і зразках питної води [22].

Не зважаючи на те, що криптоспоридіоз є переважно водним захворюванням, зараження ооцистами харчових продуктів може відбутися під час їх заготовки (овочі, фрукти, морепродукти, м'ясо та ін.) [23]. Крім того миття свіжих фруктів і овочів може бути недостатнім для усунення ооцист, оскільки вони можуть прилипати до поверхонь і проникати в листові овочі через пори. Серед продуктів харчування найчастіше фактором передачі збудника може бути непастеризоване молоко, непастеризований яблучний сік, салати [24].

В науковій літературі часто повідомляється про воду як ймовірне джерело інвазії (48 % випадків), на другому місці – це контакт з худобою (21%), потім контакт з людиною (15%), передача через харчові продукти (8%) та контакт з домашніми тваринами (8%) [25].

Тобто, можна виокремити наступні епідеміологічно значущі фактори, які сприяють поши-

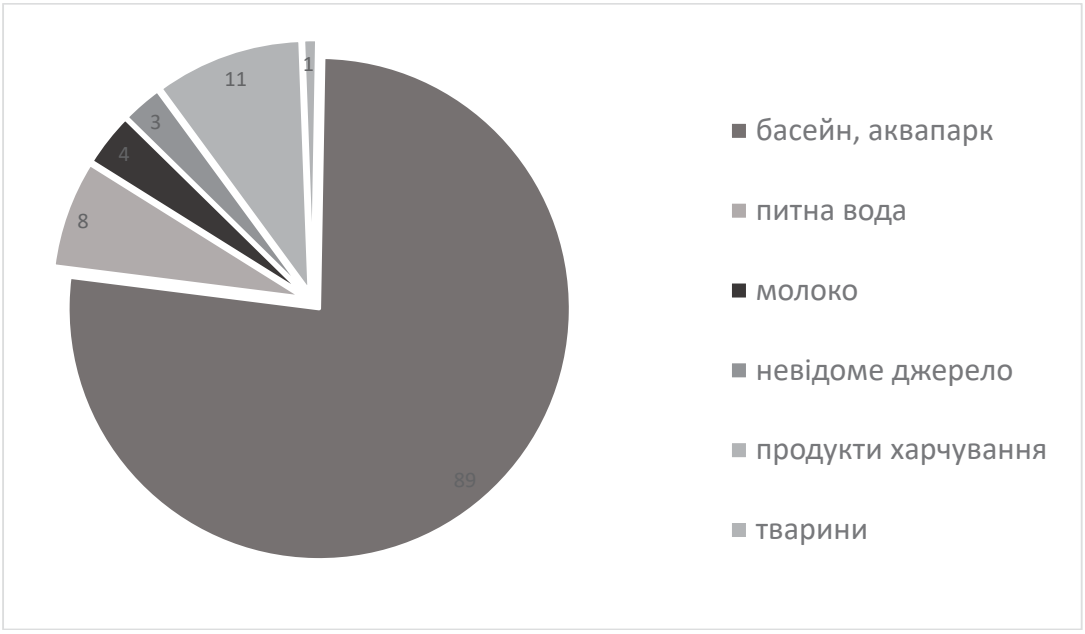

Рис. 4. Кількість спалахів криптоспоридіозу залежно від джерела інвазії (2010–2017 рр.)

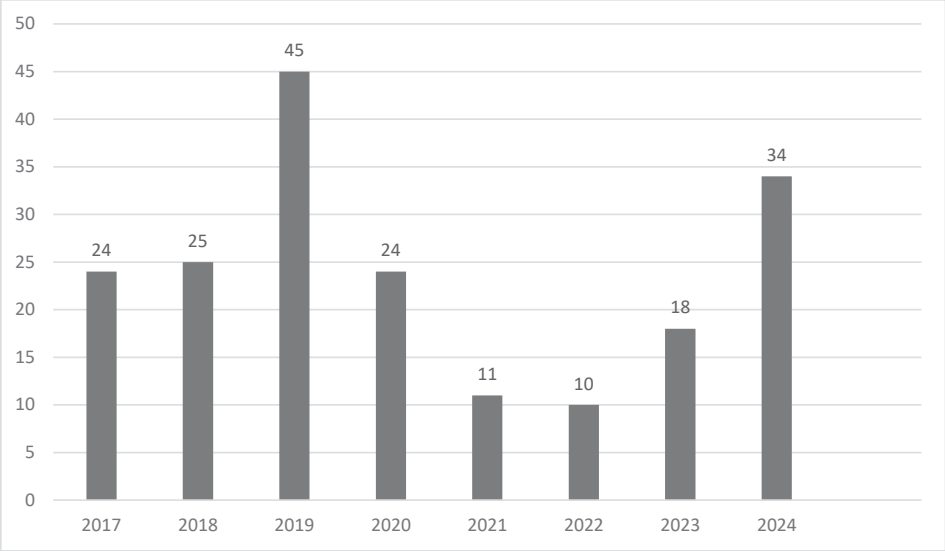

Рис. 5. Динаміка захворюваності на криптоспоридіоз в Україні за 2017–2024 роки. (Подана абсолютна кількість хворих)

ренню криптоспоридій: значне поширення серед домашніх і диких тварин, широке коло хазяїв; виражена стійкість ооцист до факторів навколишнього середовища; досить висока стійкість до хлорвмісних та інших дезинфікуючих засобів; невисока інфекційна доза для людини (до 10 ооцист) і значна кількість збудника у фекаліях хворого організму; розвиток в межах одного організму в ентероцитах; розмір ооцист становить 5 мкм, що дозволяє їм легко проникати через водоочисні фільтри, проникати у продукти харчування, пори рослин, тому їх важко усунути лише промиванням під проточною водою.

В Україні є поодинокі дослідження рівня захворюваності на криптоспоридіоз серед населення. Так, за даними цільового обстеження дітей Донецької області віком до 17 років із симптомами гострої кишкової інфекції встановлено, що частота виділення ооцист з фекаліями становила 4,2% [26]. Інші результати дослідження, проведеного у 2001–2007 роках, показало інвазованість криптоспоридіями населення у деяких областях України: у Хмельницькій області – 26,9%, у Житомирській області – 23,3%, у Миколаївській області – 20,8%, в Одеській області – 6,9%, в Луганській області – 4,4% [27]. Дослідження динаміки інвазованості населення України криптоспоридіями у 2009–2018 рр. показали невисоку частоту виявлення даного паразита – 0,1–0,2 випадки на 100 тис. населення [28].

Враховуючи обмаль інформації щодо поширеності криптоспоридіозу серед населення України, було поставлено завдання проаналізувати захворюваність на дану інвазію за даними Центру громадського здоров'я України (Рис. 5).

Найбільша кількість випадків зареєстрована у 2019 (45 випадків, інтенсивний показник на 100 тис. населення – 0,11) і у 2024 (34 випадки, інтенсивний показник на 100 тис. населення – 0,08) роках. Ці показники разюче відрізняються від рівня захворюваності в інших країнах. До прикладу, дослідження, проведене у Франції, встановило, що за 2017–2019 роки виявлено 750 випадків криптоспоридіозу [29]. Такі відмінності можна пояснити недостатньою системою епідеміологічного нагляду та діагностики в Україні. У країнах з високим розвитком економіки є можливість проведення молекулярної ідентифікації збудника, активного систематичного моніторингу захворювання, відповідно і виявляється більша кількість хворих, а в Україні багато випадків хвороби є непідтвердженими методами діагностики, тому і не відображають реального рівня захворюваності.

Висновки.

1. *Cryptosporidium* є одним із патогенних організмів, який може передаватися різними механізмами передачі (фекально-оральним, контактно-побутовим, повітряно-крапельним), що має важливе медико-біологічне і соціально-економічне значення для людства у всьому світі. Дана інвазія характеризується значним поширенням, високим рівнем захворюваності і вираженою контагіозністю. Групою ризику для криптоспоридіозу є діти до 5 років та особи з імунодефіцитами.

2. Встановлені морфологічні, генетичні та епідеміологічні характеристики дозволяють адапту-

ватися паразиту до мінливих умов середовища, що сприяє поширенню захворювання та зниженню ефективності профілактичних заходів.

3. Реальна захворюваність на криптоспоридіоз не дооцінюється через обмеження діагностичних методик, що призводить до неефективного клінічного і громадського лікування. Тому існує критична потреба у розробці швидких, надійних і економічно ефективних діагностичних тестів для покращення виявлення, звітування та інтерпретації результатів.

4. Важливим для профілактики є розуміння епідеміологічних і біологічних особливостей збудника, дослідження по створенню вакцин і лікарських препаратів для лікування інвазії, а також розробка методів дезінфекції плавальних басейнів та систем водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Погорельчук Т.Я., Шагінян В.Р., Данько О.П. та ін. Поширення паразитарних інвазій – сьогодення України. *Українські медичні вісті*. 2020. Т. 12, № 1 (84). С. 58–60. https://doi.org/10.32471/umv.2709-6432.84.22 .

2. Андрущак М.О. Характеристика опортуністичних інфекцій, що виникають при III–IV стадії у ВІЛ-інфікованих. *Запорізький медичний журнал.* 2017. Т. 19, № 2(101). С. 217–220. https://doi.org/10.14739/2310-1210.2017.2.95743.

3. Соломаха К.В. Криптоспоридії – небезпечні паразити у воді басейнів та аквапарків. *Молодий вчений.* 2020. № 2 (78). С. 72–75. https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-16.

4. Ryan U., Hijjawi N., Xiao L. Foodborne cryptosporidiosis. *International Journal for Parasitology*. 2018. Vol. 48, Issue 1. P. 1–12. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.09.004.

5. Troeger C., Blacker B.F., Khalil I. A. et al. Estimates of the global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoea in 195 countries: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Infectious Diseases*. 2018. 18(11). 1211–1228. https://doi.org/10.1016/s1473-3099(18)30362-1.

6. Gerace E., Lo Presti V.D.M., Biondo C. Cryptosporidium Infection: Epidemiology, Pathogenesis, and Differential Diagnosis. *Eur J Microbiol Immunol.* 2019. 9(4). 119–123. https://doi.org/10.1556/1886.2019.00019.

7. Helmy Y.A., Hafez H.M. Cryptosporidiosis: From Prevention to Treatment, a Narrative Review. *Microorganisms.* 2022. 10(12). 2456. https://doi.org/10.3390/microorganisms10122456.

8. Ryan U., Zahedi A., Feng Y., Xiao L. An Update on Zoonotic Cryptosporidium Species and Genotypes in Humans. *Animals*. 2021. 11. 3307. https://doi.org/10.3390/ani11113307.

9. Ahmed S.A., Karanis P. Cryptosporidium and Cryptosporidiosis: The Perspective from the Gulf Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2020. 17(18). 6824. https://doi.org/10.3390/ijerph17186824.

10. Ryan U.M., Feng Y., Fayer R., Xiao L. Taxonomy and molecular epidemiology of Cryptosporidium and Giardia – a 50 year perspective (1971–2021). *International journal for parasitology*. 2021. 51(13-14). 1099–1119. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2021.08.007.

11. Ao Y., Gong X., Li J. et al. Characterization of NFDQ1 in *Cryptosporidium parvum*. *Parasites.* 2024. Vectors 17. 439. https://doi.org/10.1186/s13071-024-06532-x.

12. Feng Y., Li N., Roellig D.M., Kelley A. et al. Comparative genomic analysis of the IId subtype family of Cryptosporidium parvum. *International Journal for Parasitology*. 2017. Vol. 47, Issue 5. P. 281–290. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.12.002.

13. Rideout H., Cook A.J.C., Whetton A.D. Understanding the Cryptosporidium species and their challenges to animal health and livestock species for informed development of new, specific treatment strategies. *Front. Parasitol*. 2024. 3. 1448076. https://doi.org/10.3389/fpara.2024.1448076.

14. Snelling W.J., Lin Q., Moore J.E. et al. Proteomics Analysis and Protein Expression during Sporozoite Excystation of Cryptosporidium parvum (Coccidia, Apicomplexa). *Molecular & Cellular Proteomics*. 2007. Vol. 6, Is. 2. P. 346–355. https://doi.org/10.1074/mcp.M600372-MCP200.

15. Reynolds Z., Vinayak S. Insights into the lifecycle of Cryptosporidium and compounds targeting developmental stages. *Current Opinion in Microbiology*. 2026. Vol. 89. 102703. https://doi.org/10.1016/j.mib.2025.102703.

16. Hasan M.M., Mattice E.B., Teixeira J.E. et al. *Cryptosporidium* life cycle small molecule probing implicates translational repression and an Apetala 2 transcription factor in macrogamont differentiation. *PLoS Pathog*. 2024. 20(4): e1011906. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011906.

17. Liu A., Gong B., Liu X. et al. A retrospective epidemiological analysis of human Cryptosporidium infection in China during the past three decades (1987–2018). *PLoS Negl Trop Dis*. 2020. 14(3). e0008146. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008146.

18. Holubová N., Zikmundová V., Limpouchová Z. et al. Cryptosporidium proventriculi sp. n. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in Psittaciformes birds. *European Journal of Protistology*. 2019. Vol. 69. P. 70–87. https://doi.org/10.1016/j.ejop.2019.03.001.

19. Zhao X., Li M., Yang Y. et al. Multiplex one-step RT-qPCR assays for simultaneous detection of BRV, BCoV, *Escherichia coli* K99^{+} and *Cryptosporidium parvum*. *Frontiers in veterinary science*. 2025. 12. 1561533. https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1561533.

20. Gharpure R., Perez A., Miller A.D. et al. Cryptosporidiosis outbreaks – United States, 2009–2017. *Am. J. Transplant*. 2019. 19, 2650–2654. https://doi.org/10.1111/ajt.15557.

21. Moreira N.A., Bondelind M. Safe drinking water and waterborne outbreaks. *Journal of water and health*. 2017. 15(1). 83–96. https://doi.org/10.2166/wh.2016.103.

22. Ali M., Ji Y., Xu C. et al. Food and Waterborne Cryptosporidiosis from a One Health Perspective: A Comprehensive Review. *Animals*. 2024. 14(22). 3287. https://doi.org/10.3390/ani14223287.

23. Li X., Zhang X., Jian Y. et al. Detection of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in vegetables from street markets from the Qinghai Tibetan Plateau Area in China. *Parasitology Research*. 2020. 119(6). 1847–1855. https://doi.org/10.1007/s00436-020-06661-z.

24. Zahedi A., Ryan U. Cryptosporidium – An update with an emphasis on foodborne and waterborne transmission. *Research in Veterinary Science*. 2020. Vol. 132. P. 500–512. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.08.002.

25. Innes E.A., Chalmers R.M., Wells B., Pawlowic M.C.A One Health Approach to Tackle Cryptosporidiosis. *Trends in parasitology*. 2020. 36(3). 290–303. https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.12.016.

26. Яковенко Д.В., Похил С.І., Тимченко О.М. та ін. Поширеність криптоспоридіозу у дітей з діареєю в Донецькій області, Україна. *Актуальна інфектологія*. 2019. Т.7, №4. http://doi.org/10.22141/2312-413x.7.4.2019.178881.

27. Похил С.І., Торяник І.І., Тимченко О.М. та ін. Криптоспоридіоз: нова медико-соціальна проблема. Принципові шляхи розв'язання (стислий аналіз науково-теоретичної та патентної інформації). *Український науково-практичний журнал урологів, андрологів та нефрологів.* 2017. Т. 21, № 4. С. 27–31.

28. Шагінян В.Р., Харченко Н.В., Данко О.П. та ін. Паразитарна інвазія *Blastocystis spp.:* роль у соматичній патології людини. *Сучасна гастроентерологія*. 2020. № 4 (114). С. 73–77. https://doi.org/10.30978/MG-2020-4-73.

29. Costa D., Razakandrainibe R., Valot S. et al. Epidemiology of Cryptosporidiosis in France from 2017 to 2019. *Microorganisms.* 2020. 8(9):1358. https://doi.org/10.3390/microorganisms8091358.

REFERENCES:

1. Pohorelchuk, T.Ya., Shahinian, V.R., Danko, O.P., Bodnia, K.I., Nikolaienko, S.M., Afanasieva, V.V., Melnyk, L.P., Volkozha, T.S., Kimurzhy, N.I., Zhurbenko, T.I., Mashlevska, K.P (2020). Poshyrennia parazytarnykh invazii – sohodennia Ukrainy [The spread of parasitic invasions is the present of Ukraine]. *Ukrainski medychni visti*. T. 12, № 1 (84). S. 58-60. https://doi.org/10.32471/umv.2709-6432.84.22 [in Ukrainian].

2. Andrushchak M.O. (2017). Kharakterystyka oportunistychnykh infektsii, shcho vynykaiut pry III–IV stadii u VIL-infikovanykh [Characteristics of opportunistic infections occurring at stages III–IV in HIV-infected patients]. *Zaporizkyi medychnyi zhurnal*. T. 19, № 2(101). S. 217–220. https://doi.org/10.14739/2310-1210.2017.2.95743 [in Ukrainian].

3. Solomakha K.V. (2020). Kryptosporydii – nebezpechni parazyty u vodi baseiniv ta akvaparkiv [Cryptosporidium is a dangerous parasite found in swimming pool and water park water]. *Molodyi vchenyi*. № 2 (78). S. 72-75. https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-16 [in Ukrainian].

4. Ryan, U., Hijjawi, N., & Xiao, L. (2018). Foodborne cryptosporidiosis. *International Journal for Parasitology*. Volume 48, Issue 1. Pages 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2017.09.004 [in English].

5. Troeger, C., Blacker, B.F., Khalil, I.A., Rao, P.C., Cao, S., Zimsen, S.R., & Reiner, R.C. (2018). Estimates of the global, regional, and national morbidity, mortality, and aetiologies of diarrhoea in 195 countries: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Infectious Diseases*. 18(11), 1211–1228. https://doi.org/10.1016/s1473-3099(18)30362-1 [in English].

6. Gerace, E, Lo, Presti VDM, & Biondo, C. (2019). Cryptosporidium Infection: Epidemiology, Pathogenesis, and Differential Diagnosis. *Eur J Microbiol Immunol* (Bp). Oct 22; 9(4), 119-123. https://doi.org/10.1556/1886.2019.00019 [in English].

7. Helmy, YA, & Hafez, HM. (2022). Cryptosporidiosis: From Prevention to Treatment, a Narrative Review. *Microorganisms*, 10(12), 2456. https://doi.org/10.3390/microorganisms10122456 [in English].

8. Ryan, U., Zahedi, A., Feng, Y., & Xiao, L. (2021). An Update on Zoonotic Cryptosporidium Species and Genotypes in Humans. *Animals*. 11. 3307. https://doi.org/10.3390/ani11113307 [in English].

9. Ahmed, S.A., & Karanis, P. (2020). *Cryptosporidium* and Cryptosporidiosis: The Perspective from the Gulf Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(18), 6824. https://doi.org/10.3390/ijerph17186824 [in English].

10. Ryan, U.M., Feng, Y., Fayer, R., & Xiao, L. (2021). Taxonomy and molecular epidemiology of Cryptosporidium and Giardia – a 50 year perspective (1971–2021). *International journal for parasitology*. 51(13–14), 1099–1119. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2021.08.007 [in English].

11. Ao, Y., Gong, X., Li, J. et al. (2024). Characterization of NFDQ1 in *Cryptosporidium parvum*. *Parasites.* Vectors 17, 439. https://doi.org/10.1186/s13071-024-06532-x [in English].

12. Feng, Y., Li, N., Roellig, D. M., Kelley, A., Liu, G., Amer, S., & Tang, K. (2017). Comparative genomic analysis of the IId subtype family of Cryptosporidium parvum. *International Journal for Parasitology*. Vol. 47, Issue 5. P. 281-290. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.12.002 [in English].

13. Rideout, H., Cook, A.J.C., & Whetton, A.D. (2024). Understanding the *Cryptosporidium* species and their challenges to animal health and livestock species for informed development of new, specific treatment strategies. *Frontiers in parasitology*, *3*, 1448076. https://doi.org/10.3389/fpara.2024.1448076 [in English].

14. Snelling, W.J., Lin, Q., Moore, J.E., Millar, B. Ch., Tosini, F., Pozio, E., Dooley, J.S.G., Lowery, C.J. (2007). Proteomics Analysis and Protein Expression during Sporozoite Excystation of Cryptosporidium parvum (Coccidia, Apicomplexa). *Molecular & Cellular Proteomics.* Vol. 6, Issue 2. P. 346-355. https://doi.org/10.1074/mcp.M600372-MCP200 [in English].

15. Reynolds, Z., & Vinayak, S. (2026). Insights into the lifecycle of Cryptosporidium and compounds targeting developmental stages. *Current opinion in microbiology*, 89, 102703. https://doi.org/10.1016/j.mib.2025.102703 [in English].

16. Hasan, M.M., Mattice, E.B., Teixeira, J.E., Jumani, R.S., Stebbins, E.E., Klopfer, C.E., Franco, S.E., Love, M.S., McNamara, C.W., & Huston, C.D. (2024). Cryptosporidium life cycle small molecule probing implicates translational repression and an Apetala 2 transcription factor in macrogamont differentiation. *PLoS pathogens*, 20(4), e1011906. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011906 [in English].

17. Liu, A, Gong, B, Liu, X, Shen, Y, Wu, Y, Zhang, W, et al. (2020) A retrospective epidemiological analysis of human Cryptosporidium infection in China during the past three decades (1987–2018). *PLoS Negl Trop Dis* 14(3), e0008146. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008146 [in English].

18. Holubová N., Zikmundová V., Limpouchová Z., Sak B., Konečný R., Hlásková L., Rajský D., Kopacz Z, McEvoy J., & Kváč M. (2019). Cryptosporidium proventriculi sp. n. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in Psittaciformes birds. *European Journal of Protistology*. Vol. 69. P. 70–87. https://doi.org/10.1016/j.ejop.2019.03.001 [in English].

19. Zhao, X., Li, M., Yang, Y., Wang, Y., Zheng, X., Yin, D., Gao, H., Li, H., Fu, K., & Cao, Z. (2025). Multiplex one-step RT-qPCR assays for simultaneous detection of BRV, BCoV, Escherichia coli K99+ and Cryptosporidium parvum. *Frontiers in veterinary science*, 12, 1561533. https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1561533 [in English].

20. Gharpure, R., Perez, A., Miller, A.D., Wikswo, M.E., Silver, R., & Hlavsa, M.C. (2019). Cryptosporidiosis outbreaks – United States, 2009–2017. *Am. J. Transplant*. 19, 2650–2654. https://doi.org/10.1111/ajt.15557 [in English].

21. Moreira, N.A., & Bondelind, M. (2017). Safe drinking water and waterborne outbreaks. *Journal of water and health*, 15(1), 83–96. https://doi.org/10.2166/wh.2016.103 [in English].

22. Ali, M., Ji, Y., Xu, C., Hina, Q., Javed, U., & Li, K. (2024). Food and Waterborne Cryptosporidiosis from a One Health Perspective: A Comprehensive Review. *Animals*, 14(22), 3287. https://doi.org/10.3390/ani14223287 [in English].

23. Li, X., Zhang, X., Jian, Y., Wang, G., Ma, L., Schou, C., & Karanis, P. (2020). Detection of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in vegetables from street markets from the Qinghai Tibetan Plateau Area in China. *Parasitology Research*, 119(6), 1847–1855. https://doi.org/10.1007/s00436-020-06661-z [in English].

24. Zahedi, A., Ryan, U. (2020). Cryptosporidium – An update with an emphasis on foodborne and waterborne transmission. *Research in Veterinary Science*. Vol. 132, Pages 500–512. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.08.002 [in English].

25. Innes, E.A., Chalmers, R.M., Wells, B., & Pawlowic, M.C. (2020). A One Health Approach to Tackle Cryptosporidiosis. *Trends in parasitology*, 36(3), 290–303. https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.12.016 [in English].

26. Yakovenko, D.V., Pokhyl, S.I., Tymchenko, O.M., Torianyk, I.I., Chyhyrynska, N.A., & Kostyria, I.A. (2019). Poshyrenist kryptosporydiozu u ditei z diareieiu v Donetskii oblasti, Ukraina [Prevalence of cryptosporidiosis in children with diarrhea in Donetsk region, Ukraine]. *Aktualna infektolohiia*. Tom 7. №4. http://doi.org/10.22141/2312-413x.7.4.2019.178881 [in Ukrainian].

27. Pokhyl S.I., Torianyk I.I., Tymchenko O.M. (2017). Kryptosporydioz: nova medyko-sotsialna problema. Pryntsypovi shliakhy rozviazannia (styslyi analiz naukovo-teoretychnoi ta patentnoi informatsii) [Cryptosporidiosis: a new medical and social problem. Principled solutions (a brief analysis of scientific, theoretical and patent information)] *Ukrainskyi naukovo-praktychnyi zhurnal urolohiv, androlohiv ta nefrolohiv*. T. 21, № 4. S. 27–31 [in Ukrainian].

28. Shahinian, V.R., Kharchenko, N.V., Danko, O.P., Kharchenko, V.V., & Sopil, H.V. (2020). Parazytarna invaziia *Blastocystis spp*.: rol u somatychnii patolohii liudyny [Parasitic invasion of *Blastocystis spp.:* role in human somatic pathology]. *Suchasna hastroenterolohiia*. № 4 (114). S. 73-77. https://doi.org/10.30978/MG-2020-4-73 [in Ukrainian].

29. Costa, D, Razakandrainibe, R, Valot, S, Vannier, M, Sautour, M, Basmaciyan, L, Gargala, G, Viller, V, Lemeteil, D, Ballet, JJ, Dalle, F, & Favennec, L. (2020). Epidemiology of Cryptosporidiosis in France from 2017 to 2019. *Microorganisms,* 8(9), 1358. https://doi.org/10.3390/microorganisms8091358 [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 23.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 24.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)