

6. Herasimov, A.M., Tomsiva, L.V., & Hrishakova, M.A. (2004). Molekulu srednei masu u bolnuh narugnum genitalnum endometritom [Molecules of medium mass in patients with external genital endometritis]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika – Clinical laboratory diagnostics*, 6, 19-20 [in Russian].
7. Karyakina, E.V., & Belova, S.V. (2004). Molekulu srednei masu kak integralnoi pokazatel metabolicheskikh narushenii (obzor literaturu) [Molecules of medium mass as an integral measure of metabolic disorders (literature review)]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika – Clinical laboratory diagnostics*, 3, 4-8 [in Russian].
8. Habriolan, N.I., & Lipatova, V.I. (1984). Opredelenie soderzania srednemolekularnuch peptidov pri ostrich formach ishemicheskoi bolezni serca [Determination of the content of medium-molecular blood peptides in acute forms of coronary heart disease]. *Laboratornoe delo – Laboratory work*, 3, 138-140 [in Russian].
9. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., & Ratych, I.B. (2012). *Laboratorni metodu doslidjen u biologii, tvarunuctvi ta veterinarii [Laboratory methods of research in biology, livestock and veterinary medicine]*. Lviv: SPOLOM [in Ukrainian].
10. Zvereva, H.V., Chomin, S.P. & Oleskiv, V.N. (1989) *Metodika akucherskoi i ginekologicheskoi dispanserizacii korov i tiolok [Methods of obstetrical and gynecological examination of cows and heifers]*. Lviv: Lvovskii zoovet inst [in Ukrainian].
11. Lakin, H. F. (1990). *Biometria [Biometrics]*. Moscow: Vuszai chkola [in Russian].

УДК 636.09:616.995.1:57.065

КОВАЛЕНКО Г.А.¹, канд. вет. наук, e-mail: anna31kovalenko@gmail.com,
ГАЛАТ М.В.², канд. вет. наук, доц., e-mail: maryna.galat@gmail.com,
ШЕРСТЮК А.Д.^{*1}, e-mail: andriy.sherstyuk.zoolux@gmail.com,
ГАЛКА І.В.¹, канд. вет. наук, ст.наук.сп., e-mail: ptica2005@ukr.net,
НИЧИК С.А.¹, д-р вет. наук, проф., член-кор. НААН, e-mail: ivm_naan@ukr.net,
НІКІТОВА А.П.¹, канд. вет. наук, e-mail: nikitovaalin@gmail.com
ШЕВЧЕНКО Т.В.³, канд. с.-г. наук, e-mail: toma.agrovet@gmail.com

¹ Інститут ветеринарної медицини НААН

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

³ Національна академія аграрних наук України

ЕХІНОКОКОЗ: СУЧАСНА СИТУАЦІЯ ТА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЗБУДНИКА ЗА ГЕНОТИПАМИ (оглядова стаття)

У статті наведено результати систематичного огляду географічного розподілу шістьох видів *Echinococcus*, поширених у Північній півкулі з трьома додатковими видами, що зареєстровані в Африці та Південній Америці. Висвітлено та проаналізовано всі підтверджені на сьогодні внутрішньовидові варіації *E. granulosus* s. l. та *E. multilocularis* за генотипами. Молекулярна ідентифікація збудників ехінококозів є суттєвою для встановлення розподілу та відмінностей між видами у глобальному масштабі. Проведено оцінку значення різноманітності дефінітивних і проміжних хазяїнів у життєвому циклі паразита в різних частинах світу.

Ключові слова: *Echinococcus*, систематичний огляд, географічний розподіл, генотипи

* Аспірант, науковий керівник – д-р вет. наук, проф., член-кор. НААН **Ничик С.А.**

Вступ. Ехінококоз – паразитарне захворювання, збудник якого належить до роду *Echinococcus*, родини *Taeniidae*, класу стьожкових гельмінтів – *Cestoda* [1, 2]. Передача інвазії відбувається між м'ясоїдними (дефінітивними) та травоїдними / всеїдними (проміжними) тваринами через взаємодію хижак-здобич. Домашні собаки і дикі м'ясоїдні, такі як лисиця, койоти, вовки та ін., відіграють роль дефінітивних хазяїв. У деяких випадках в останніх можуть розвиватися цистні ураження [1, 2]. Люди (проміжні хазяїни) заражаються при прямому контакті з інвазованими дефінітивними хазяїнами або при споживанні фруктів, овочів чи питної води забруднених яйцями ехінококу. В організмі людини гельмінти існують тільки у формі личинки, що представляє собою однокамерний міхур (цистний ехінококоз викликаний *E. granulosus*), або багатокамерний міхур (альвеолярний ехінококоз – *E. multilocularis*). Захворювання становить значну загрозу громадському здоров'ю в багатьох країнах світу [2–8].

Залежно від інвазуючого виду або генотипу циркуляція паразита відбувається переважно в районах, де має місце скотарство, або там, де діяльність людини перетинається з дикою фауною. Заходи щодо контролю даної інвазії повинні враховувати життєвий цикл паразита в даній місцевості, включаючи визначення його виду та генотипу. Є кілька монографій, узагальнюючих відомості про ехінококози у всьому світі [2–19].

Мета роботи. Провести систематичний огляд географічного розподілу *Echinococcus spp.* серед дефінітивних і проміжних хазяїнів у світі. Оцінити значення відмінностей видів за генотипом або штамом паразита, а також наявні прогалини в наших знаннях щодо диференційної діагностики.

Матеріали і методи досліджень. Систематичний огляд включав методичний аналіз та обробку наступних електронних науково-метричних баз даних: PubMed, Science Direct, Scopus і Google Scholar для забезпечення повного звіту щодо всіх наявних досліджень з даної теми. Із загальної кількості 1031 проаналізованих наукових робіт, для систематичного перегляду було використано 93 публікації, опублікованих у період з 1940 по 2017 роки.

Результати досліджень та їх обговорення. До недавнього часу було прийнято існування п'яти дійсних видів роду *Echinococcus*. Проте наразі, спираючись на біологічні, епідеміологічні та, особливо, молекулярно-генетичні дослідження, рекомендовано залучення щонайменше дев'яти видів, з яких шість поширені у Північній півкулі, а саме *E. granulosus s. s.*, *E. canadensis*, *E. ortleppi*, *E. equinus*, *E. shiquicus*, *E. multilocularis*, та три додаткових види, які виявлені в Африці (*E. felidis*) та Південній Америці (*E. vogeli* та *E. oligarthra*) [20–23].

E. granulosus s. s., *E. felidis*, *E. canadensis*, *E. ortleppi* та *E. equinus* мають загальну назву *E. granulosus sensu lato (s. l.)*, що означає «в широкому сенсі». Тоді як генотипи G1-G3, які тісно пов'язані між собою, загалом відносять до виду *E. granulosus sensu strictu (s. s.)*, що означає «в вузькому сенсі». *E. granulosus s. s. (G1)* відповідає за основні випадки захворювання серед людей [9, 16, 18, 19, 24]. *E. canadensis*, також викликає захворювання у людей і має

розподіл на декілька генотипів (G6-G10). Ці два види поширені у всіх регіонах світу [9, 16, 18, 25, 26]. На рисунку 1 представлено філогенетичне дерево щодо *Echinococcus spp.* побудоване за методом максимальної правдоподібності з використанням ДНК послідовностей всіх білоккодуєчих генів мітохондріального геному.

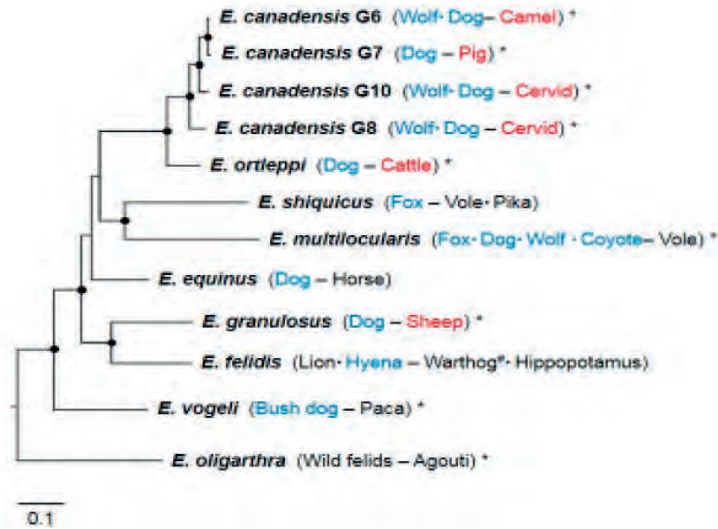


Рис. 1. Філогенія *Echinococcus spp.* [27]: дефінітивний – проміжний хазяїни.

Примітка: * – види, що викликають ехінококоз серед людей.

У межах *E. granulosus s. l.* поширені генетичні неоднорідності, що призводить до ряду внутрішньовидових варіантів – генотипів або «штамів». Нині, за допомогою молекулярно-генетичних досліджень, підтверджено концепцію різноманітності штамів *E. granulosus s. l.* та встановлено 10 різних генотипів (G1-G10) в межах виду [28–30]. Також, встановлено внутрішньовидові варіації серед виду *E. multilocularis*, за якими його поділяють на європейський, азійський, монгольський та північноамериканський генотипи. В таблиці 1 представлено всі, нині підтвержені, внутрішньовидові варіації *E. granulosus s. l.* та *E. multilocularis* за генотипом та визначено види дефінітивних і проміжних хазяїнів у життєвому циклі паразита.

Увагу слід приділяти діагнозу *E. granulosus*, особливо в тих випадках, коли *Taenia hydatigena* також, є проблемою. Свині, велика рогата худоба, вівці та кози можуть бути інвазовані личинками *T. hydatigena*, і іноді важко диференціювати цих паразитів один від одного, якщо вони локалізуються у печінці. Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) є єдиним методом, що дозволяє визначити вид паразита та підтвердити діагноз. Виявлення личинок *E. multilocularis* у гризунів та інших проміжних хазяїв можливе за допомогою макроскопічного чи мікроскопічного дослідження, але з обов'язковим підтвердженням діагнозу методом ПЛР. Важливо пам'ятати, що яйця ехінококу морфологічно ідентичні з яйцями інших цестод роду *Taenia*. Тому неможливо встановити кінцевий діагноз лише за мікроскопією проб фекалій.

Таблиця 1

Класифікація *E. granulosus s. l.* та *E. multilocularis* за генотипом / штамом

Генотип (G) / штам	Проміжні і аберрантні хазяїни	Дефінітивні хазяїни	Ймовірний географічний розподіл
<i>Echinococcus granulosus s. l.</i>			
G1 / «овечий» штам*	вівці, ВРХ, свині, верблюди, кози, кенгурові, людина	собака, лисиця, динго, шакал, гієна	Австралійський материк, Європа, США, Нова Зеландія, Африка, Китай, Близький Схід, Південна Америка, Росія
G2 / «Тасманійський овечий» штам*	вівці, ВРХ, людина	собака, лисиця	Тасманія, Аргентина
G3 / штам «Буффало»*	буйвол, ВРХ [?] , людина [?]	собака, лисиця [?]	Азія
G4 / «кінський» штам***	коні та інші з родини конячих	собака	Європа, Близький Схід, Південна Африка, Нова Зеландія, США
G5 / «коров'ячий» штам****	ВРХ, людина	собака	Європа, Південна Африка, Індія, Шрі-Ланка, Росія
G6 / «верблюжий» штам**	верблюди, кози, ВРХ [?] , людина [?]	собака	Близький Схід, Африка, Китай, Аргентина
G7 / «свинячий» штам**	свині, людина [?]	собака	Європа, Росія, Південна Америка
G8 / «оленевий» штам**	оленеві, людина	вовк, собака	Північна Америка, Євразія
G9 / «людський» штам	людина	собака	Польща
G10 / «Фенноскандінавській оленевий» штам**	оленеві, людина	вовк, собака	Фінляндія, Швеція
<i>Echinococcus multilocularis</i>			
Європейський генотип	гризуни, домашні та дикі свині, собака, мавпа, людина	лисиця, собака, кішка, вовк	Європа, Китай
Азіатський генотип	гризуни, свині, мавпа, коні, людина	лисиця, собака, кішка, єнотова собака	Азія, Китай, Японія, Росія
Монгольський генотип	гризуни, людина	лисиця, собака, кішка, єнотова собака	Монголія, Китай, Росія
Північноамериканський генотип	гризуни, людина	лисиця, собака, кішка, койоти	США, Канада

Примітки: [?]невизначений статус; *загально відносяться до виду *E. granulosus s. s.*; **загально відносяться до виду *E. canadensis*; ***наразі окремий вид *E. equinus*; ****наразі окремий вид *E. ortleppi*.

Для диференціації видів *Echinococcus* застосовується чотири різні молекулярно-генетичні методи дослідження. Перший метод – це аналіз окремих генів з використанням мітохондріальної ДНК [31–35]. Другий – аналіз

мікросателітних маркерів, які визначають поліморфні локуси ДНК, що містять повторювані нуклеотидні послідовності [36–38]. Третій – аналіз повного геному [39]. Останній підхід – це порівняння мітохондріальної (гаплоїдної) та ядерної (диплоїдної) ДНК дискордантності для гібридизації видів, що застосовується для визначення генотипів *E. canadensis* G6/7, G8 і G10 [26] та *E. granulosus s. s.* G1, G2 і G3 [40]. На рисунку 2 представлено розподіл 6 видів *Echinococcus*, виявлених у Північній півкулі, а також трьох додаткових видів, зареєстрованих в Африці та Південній Америці.

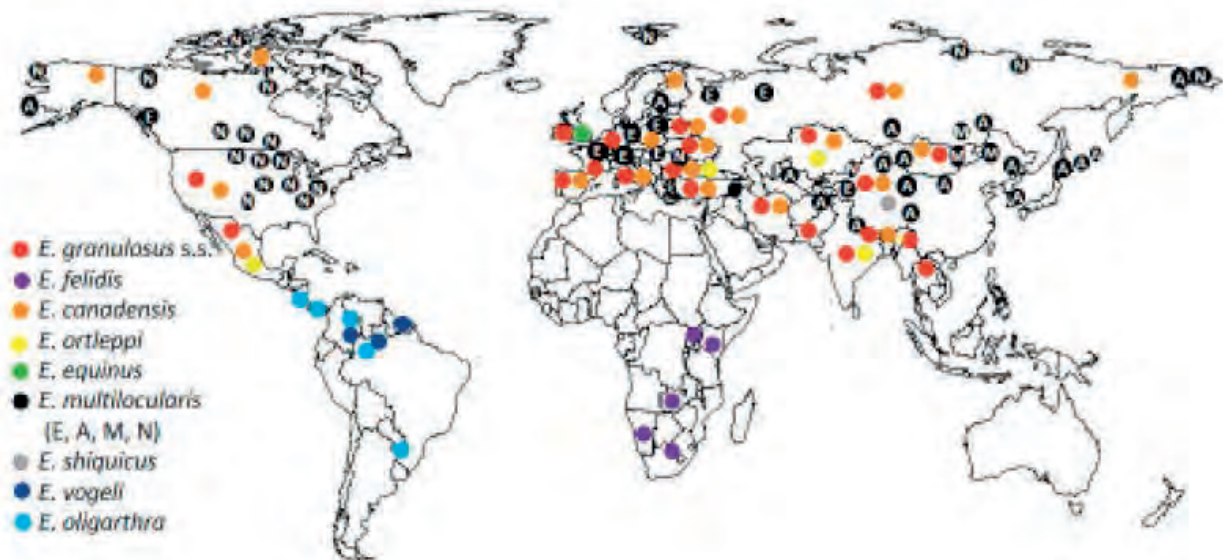


Рис. 2. Карта розподілу *Echinococcus spp* [27]: *E. multilocularis* азіатський (А), європейський (Е), монгольський (М) та північноамериканський (N) генотипи.

Цистний ехінококоз (ЦЕ). Збудник *E. granulosus s. l.*, є ендемічним в скотарських регіонах по всьому світу [5, 7–9, 16, 18, 19, 41–46], де життєвий цикл паразита часто підтримується пастухами, що згодовують собакам субпродукти від інфікованих дрібних жуйних тварин. Для порівняння, вид *E. ortleppi*, який відносять до G5 генотипу або «коров'ячий» штам, найчастіше циркулює між собаками та великою рогатою худобою в Азії та інших географічних регіонах (рис. 1, табл. 1) [18, 47, 48]. У Африці, *E. felidis* («лев'ячий» штам) [18, 49] циркулює між левами (*Panthera leo*) та/або гієнами (*Hyenaidae*) (кінцеві хазяїни) та бородавочниками (*Phacochoerus africanus*) [50], бегемотами (*Hippopotamus amphibius*) [51], і, можливо, іншими видами тварин, які можуть виступати в ролі проміжних хазяїв (рис. 1, табл. 1) [19, 52]. Макферсон [53] стверджував, що люди можуть діяти як проміжні хазяїни для деяких видів ехінококозу в Африці. Проте, це ще не доведено молекулярним аналізом. Нещодавно з'явився новий гаплотип *E. granulosus s. s.* (G1), який було виявлено в Ефіопії. У людей з ЦЕ викликаним цим гаплотипом розвивалися підшкірні ураження, на відміну від традиційної локалізації інвазії в печінці або легенях [16, 54].

Органотропність та генотипи. Хоча ЦЕ найчастіше асоціюється з ураженням печінки, деякі види *Echinococcus*, можуть потрапляти і в інші органи. Наприклад, в дослідженні Sadjjadi та ін. повідомлялося про випадок ЦЕ мозку в Ірані, який був викликаний *E. canadensis* [55]. Також було повідомлення про 6 випадків ЦЕ головного мозку серед дітей в Улан-Баторі (Монголія), збудником якого був вид *E. canadensis*. Як, і у випадках в Ірані, у цих дітей не було зареєстровано печінкових або легневих уражень. Це може свідчити про те, що певні різновиди (генотипи) *E. canadensis* переважно інвазують головний мозок або печінку [16, 56]. І, як правило, інвазують дітей [44], оскільки більшість випадків печінкового ЦЕ серед дітей в Монголії були викликані *E. canadensis* [57]. Проте, необхідні додаткові дослідження випадків ЦЕ головного мозку серед людей різного віку для подальшого розуміння органотропності даного виду. Ці дослідження вказують, що молекулярна ідентифікація виду паразита є важливою. Молекулярно-генетична ідентифікація виду та дослідження еволюційних взаємин на внутрішньовидовому рівні, за використанням двох підходів філогенетичного аналізу для узагальнення генетичних даних (філогенетичні дерева та мережі гаплотипів), також є важливими для подальшого вивчення цієї теорії.

Альвеолярний ехінококоз (АЕ). Збудник *E. multilocularis*, в основному пов'язаний з лісовим (природним) або сільватичним циклом паразита. Остаточний хазяїн – переважно дикі тварини з родини *Canidae*, до проміжних – відносяться різні види дрібних ссавців [9, 18]. Захворювання серед населення найчастіше пов'язані з посяганням людей на території диких м'ясоїдних або навпаки [58]. Наприклад, червоні лисиці (*Vulpes vulpes*), які потрапляють до європейських міст, таких як Цюріх, Швейцарія або ті, що живуть на японському острові Хоккайдо призводять до збільшення ризику захворювання на АЕ серед людей [9, 12, 18, 58–62]. Через ризик зараження АЕ та іншими зоонозними інвазіями, що переносяться дикими м'ясоїдними [63, 64], важливе значення має просвітницька робота із населенням щодо шляхів безпечного проживання поряд із дикою природою.

E. multilocularis традиційно диференційовано на три географічні генотипи (північноамериканський, азіатський та європейський) [65], з додатковим нещодавно описаним монгольським генотипом [15, 33, 34, 66]. Новий монгольський генотип спочатку вважався незалежним видом та позначався як *E. sibiricensis* [67, 68]. Даний генотип було виявлено та ідентифіковано у дрібних ссавців та диких м'ясоїдних в Китаї, Монголії та Росії. Також, було підтверджено, що монгольський генотип є причиною частини випадків захворювання на АЕ серед людей в Монголії [69].

Північна тундрова зона Аляски та Канади вважається ензоотичною територією для *E. multilocularis* [9, 70–75], за винятком історичного спалаху, який стався в індіанських селах на острові Сент-Лоренс (штат Аляска). Починаючи з 1940-х років, в даному регіоні захворювання АЕ серед людей є рідкісним випадком [76]. Вважається, що спалах на острові Сент-Лоренс відбувся через інвазування азіатським генотипом, хоча, як відомо, генотипи

Азії та Північної Америки циркулюють локально [9, 33, 75, 77]. Молекулярно-генетичні дослідження є визначальним у ідентифікації генотипу даного паразита. Хоча *E. multilocularis* було виявлено серед диких м'ясоїдних по всій центральній частині Північної Америки [78–80], серед людей північноамериканський генотип було підтверджено лише у двох випадках [19, 34, 76, 81–83]. Припускається, що північноамериканський генотип менш патогенний для людини у порівнянні з азійським або європейським [76, 83]. Проте, необхідні додаткові дослідження щоб підтвердити це припущення.

До недавнього часу вважалося, що тільки північноамериканський та азійський генотипи *E. multilocularis* циркулюють в Північній Америці. Однак, європейський генотип було виявлено у собак, червоних лисиць та вовків в Канаді [34, 62, 70, 77, 84–87]. Ризик полягає в тому, що незабаром в Північній Америці почнуть виявляти АЕ європейського генотипу, також, і серед людей. Філогенетичний аналіз та встановлення гаплотипів збудника необхідні для того, щоб визначити походження європейського генотипу, який зараз реєструється в Північній Америці. Для того, щоб підтвердити генотип збудника від інфікованого дефінітивного хазяїна, рекомендується одночасно проводити пряме секвенування одного яйця ехінокока разом із дослідженням дорослих стадій паразита у кишечнику [32, 33, 88, 89].

В Україні ехінококоз частіше виявляється в південних областях – Одеській, Херсонській, Миколаївській, Донецькій, Запорізькій, в інших – спорадичні випадки. На території України реєструється 2 типу вогнищ: у степовій південній зоні циркулює «овечий» штам *E. granulosus s. l.*, в поліській та лісостеповій – переважно «свинячий» [90, 91]. Також, було описано поширення *E. multilocularis* серед червоних лисиць (*Vulpes vulpes*) у Львівській та Волинській областях (Західна Україна) [92, 93]. Наразі, не має даних, щодо молекулярно-генетичної диференціації видів та генотипів *Echinococcus*, що циркулюють на території України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В країнах, де кілька видів *Echinococcus* симпатрично поширені, молекулярна ідентифікація є ефективним інструментом для визначення розподілу та генетичної різноманітності паразита. Ехінококоз є одним з найважливіших зоонозних паразитарних захворювань у світі зі значними соціально-економічними наслідками. Мікроскопія проб фекалій від підозрілих тварин, для встановлення діагнозу, не є ефективним методом. Диференційна діагностика обов'язково повинна включати молекулярні методи дослідження – ПЛР для підтвердження виду паразита.

Необхідно проводити диференціацію інвазуючих видів та генотипів *Echinococcus* з метою кращого розуміння життєвого циклу паразита для планування та реалізації програм контролю інвазії.

В подальших дослідженнях планується провести молекулярно-генетичні дослідження щодо диференціації видів та генотипів *Echinococcus*, які циркулюють на території України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ito A. Basic and applied problems in developmental biology and immunobiology of cestode infections: Hymenolepis, Taenia and Echinococcus / A. Ito // Parasite Immunol. – 2015. – Vol. 37. – P. 53–69.
2. Cystic echinococcosis in the Xinjiang/Uyghur Autonomous Region, People's Republic of China. I. Demographic and epidemiologic data. / P. Chi, W. Zhang, Z. Zhang, [et al.] // Tropical Medicine and Parasitology. – 1990. – Vol. 41. – P. 157–162.
3. Budke C.M. Global socioeconomic impact of cystic echinococcosis / C.M. Budke, P. Deplazes, P.R. Torgerson // Emerg. Infect. Dis. – 2006. – Vol. 12. – P. 296–303.
4. Budke C.M. Zoonotic larval cestode infections: neglected tropical diseases? / C.M. Budke, A.C.Jr. White, H.H. Garcia // PLoS Negl. Trop. Dis. – 2009. – Vol. 3. – P. 319.
5. Craig P.S. Echinococcosis: transmission biology and epidemiology / P.S. Craig, D.P. McManus // Parasitology. – 2003. – Vol. 127. – P. 172 P.
6. Craig P.S. Detection, screening and community epidemiology of taeniid cestode zoonoses: cystic echinococcosis, alveolar echinococcosis and neurocysticercosis / P.S. Craig, M.T. Rogan, J.C. Allan // Adv. Parasitol. – 1996. – Vol. 38. – P. 169–250.
7. Human echinococcosis: a neglected disease? / P.S. Craig, C.M. Budke, P.M. Schantz, [et al.] // Trop. Med. Health. – 2007. – Vol. 35. – P. 283–292.
8. Echinococcosis: Control and prevention / P.S. Craig, D. Hegglin, M.W. Lightowers, [et al.] // Adv. Parasitol. – 2017. – Vol. 96. – P. 55–158.
9. Global distribution of alveolar and cystic echinococcosis / P. Deplazes, L. Rinaldi, C.A. Alvarez Rojas, [et al.] // Adv. Parasitol. – 2017. – Vol. 95. – P. 315–493.
10. Eckert J. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonoses of increasing concern / J. Eckert, P. Deplazes // Clin. Microbiol. Rev. – 2004. – Vol. 17. – P. 107–135.
11. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals: a Public Health Problem of Global Concern [Electronic resource] / J. Eckert, M.A. Gemmell, F.-X. Meslin, Z.S. Pawlowski // Paris, France: World Organisation for Animal Health. – 2001. – Mode of access: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42427>.
12. Ito A. Perspective on control options for *Echinococcus multilocularis* with particular reference to Japan / A. Ito, T. Romig, K. Takahashi // Parasitology. – 2003a. – Vol. 127. – P. 159–172.
13. Ito A. Human Taeniasis and Cysticercosis in Asia / A. Ito, M. Nakao, T. Wandra // Lancet. – 2003. – Vol. 362(9399). – P. 1918–1920.
14. Ito A. Taeniasis/cysticercosis and echinococcosis with focus on Asia and the Pacific / A. Ito, P.S. Craig, P.M. Schantz // Parasitol. Int. – 2006. – Vol. 55. – P. 312 p.
15. Control of cestode zoonoses in Asia: role of basic and applied science / A. Ito, X.N. Zhou, P.S. Craig, P. Giraudoux, // Parasitology. – 2013a. – Vol. 140. – P. 1547–1700.
16. Cystic echinococcosis: Future perspectives of molecular epidemiology / A. Ito, M. Nakao, A. Lavikainen, E. Hoberg, // Acta Trop. – 2017. – Vol. 165. – P. 3–9.
17. Romig T. Taxonomy and molecular epidemiology of *Echinococcus granulosus sensu lato* / T. Romig, D. Ebi, M. Wassermann // Vet. Parasitol. – 2015. – Vol. 213. – P. 76–84.
18. Ecology and life cycle patterns of *Echinococcus* species / T. Romig, P. Deplazes, D. Jenkins, et al. // Adv. Parasitol. – 2017. – Vol. 95. – P. 213–314.
19. Epidemiology and control of hydatid disease / P.M. Schantz, J. Chai, P.S. Craig, [et al.] // Echinococcus and Hydatid Disease / R.C.A. Thompson, A.J. Lymbery (Eds.). – CAB International, Oxon. – 1995. – P. 233–331.
20. Thompson R.C.A. Towards a taxonomic revision of the genus *Echinococcus* / R.C.A. Thompson, D.P. McManus // Trends Parasitol. – 2002. – Vol. 18. – P. 452–457.
21. Molecular and morphological characterization of *Echinococcus* in *Cervids* from North America / R.C.A. Thompson, B.J. Boxelli, C.C. Raslston, [et al.] // Parasitology. – 2006. – Vol. 132. – P. 439–447.

22. A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes / M. Nakao, D.P. McManus, P.M. Schantz, [et al.] // *Parasitology*. – 2007. – Vol. 134. – P. 713–722.
23. Molecular characterization of *Echinococcus* isolates of *Cervid* origin from Finland and Sweden / A. Lavikainen, M.J. Lehtinen, S. Laaksonen, [et al.] // *Parasitology*. – 2006. – Vol. 133. – P. 565.
24. Alvarez Rojas C.A. *Echinococcus granulosus sensu lato* genotypes infecting humans – a reviewed current knowledge / C.A. Alvarez Rojas, T. Romig, M.W. Lightowers // *Int. J. Parasitol.* – 2014. – Vol. 44. – P. 9–18.
25. Cystic echinococcosis in South America: systematic review of species and genotypes of *Echinococcus granulosus sensu lato* in humans and natural domestic hosts / M.A. Cucher, N. Macchiaroli, G. Baldi, [et al.] // *Trop. Med. Int. Health*. – 2016. – Vol. 21. – P. 166–175.
26. The first report of human-derived G10 genotype of *Echinococcus canadensis* in China and possible sources and routes of transmission / D. Yang, T. Zhang, Z. Zeng, [et al.] // *Parasitol. Int.* – 2015. – Vol. 64. – P. 330–333.
27. Ito A. The echinococcosis in Asia: The present situation / A. Ito, C.M. Budke // *Acta Tropica*. – 2017. – Vol. 176. – P. 11–21.
28. Thompson R.C.A. The taxonomy, phylogeny and transmission of *Echinococcus* / R.C.A. Thompson // *Exp. Parasitol.* – 2008. – Vol. 119. – P. 439–446.
29. Molecular genetic analysis of human cystic hydatid cases from Poland: identification of a new genotypic group (G9) of *Echinococcus granulosus* / J.C. Scott, J. Stafaniak, Z.S. Pawowski, D.P. McManus // *Parasitology*. – 1997. – Vol. 114. – P. 37–43.
30. Molecular genetic characterization of the Fennoscandian cervid strain, a new genotypic group (G10) of *Echinococcus granulosus* / A. Lavikainen, M.J. Lehtinen, T. Meri, [et al.] // *Parasitology*. – 2003. – Vol. 127. – P. 207–215.
31. Molecular identification of *Echinococcus* isolates from Peru / P.L. Moro, M. Nakao, A. Ito, [et al.] // *Parasitol. Int.* – 2009. – Vol. 58. – P. 184–186.
32. A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes / M. Nakao, D.P. McManus, P.M. Schantz, [et al.] // *Parasitology*. – 2007. – Vol. 134. – P. 713–722.
33. Geographic pattern of genetic variation in the fox tapeworm *Echinococcus multilocularis* / M. Nakao, N. Xiao, M. Okamoto, [et al.] // *Parasitol. Int.* – 2009. – Vol. 58. – P. 384–389.
34. Nakao M. Phylogenetic systematics of the genus *Echinococcus* (*Cestoda: Taeniidae*) / M. Nakao, A. Lavikainen, T. Yanagida, A. Ito // *Int. J. Parasitol.* – 2013a. – Vol. 43. – P. 1017–1029.
35. Genetic polymorphisms of *Echinococcus granulosus sensu stricto* in the Middle East / T. Yanagida, T. Mohammadzadeh, S. Kamhawi, [et al.] // *Parasitol. Int.* – 2012. – Vol. 61. – P. 599–603.
36. EmsB, a tandem repeated multi-loci microsatellite, new tool to investigate the genetic diversity of *Echinococcus multilocularis* / J.M. Bart, J. Knapp, B. Gottstein, [et al.] // *Infect. Genet. Evol.* – 2006a. – Vol. 6. – P. 390–400.
37. *Echinococcus multilocularis* in Svalbard, Norway: microsatellite genotyping to investigate the origin of a highly focal contamination / J. Knapp, S. Staebler, J.M. Bart, [et al.] // *Infect. Genet. Evol.* – 2012. – Vol. 12. – P. 1270–1274.
38. Genomic characterization of EmsB microsatellite loci in *Echinococcus multilocularis* / B. Valot, J. Knapp, G. Umhang, [et al.] // *Infect. Genet. Evol.* – 2015. – Vol. 32. – P. 338–341.
39. The genome of the hydatid tapeworm *Echinococcus granulosus* / H. Zheng, W. Zhang, L. Zhang, [et al.] // *Nat. Genet.* – 2013. – Vol. 45. – P. 1168–1175.
40. New mitogenome and nuclear evidence on the phylogeny and taxonomy of the highly zoonotic tapeworm *Echinococcus granulosus sensu stricto* / L. Kinkar, T. Laurimäe, M. Sharbatkhori, [et al.] // *Infect. Genet. Evol.* – 2017. – Vol. 52. – P. 52–58.

41. A systematic review of the literature on cystic echinococcosis frequency worldwide and its associated clinical manifestations / C.M. Budke, H. Carabin, P.C. Ndimubanzi, [et al.] // *Am. J. Trop. Med. Hyg.* – 2013. – Vol. 88. – P. 1011–1027.
42. A large focus of alveolar echinococcosis in central China / P.S. Craig, L. Deshan, C.N. MacPherson, [et al.] // *Lancet.* – 1992. – Vol. 340. – P. 826–831.
43. Echinococcoses and Tibetan communities / P.S. Craig, T. Li, J. Qiu, [et al.] // *Emerg. Infect. Dis.* – 2008. – Vol. 14. – P. 1674–1675.
44. Finlay J.C. Sylvatic hydatid disease in children: case reports and review of endemic *Echinococcus granulosus* infection in Canada and Alaska / J.C. Finlay, D.P. Speert // *Pediatr. Infect. Dis. J.* – 1992. – Vol. 11. – P. 322–326.
45. Sweatman G.K. Comparative studies on the biology and morphology of *Echinococcus granulosus* from domestic livestock, moose and reindeer / G.K. Sweatman, R.J. Williams // *Parasitology.* – 1963. – Vol. 53. – P. 339–390.
46. Wilson J.F. Cystic hydatid disease in Alaska: a review of 101 autochthonous cases of *Echinococcus granulosus* infection / J.F. Wilson, A.C. Diddams, R.L. Rausch // *Ann. Rev. Respir. Dis.* – 1968. – Vol. 98. – P. 1–15.
47. Genetic polymorphism and population structure of *Echinococcus ortleppi* / F. Addy, M. Wassermann, F. Banda, [et al.] // *Parasitology.* – 2017. – Vol. 144. – P. 450–458.
48. Bowles J. Cattle strain of *Echinococcus granulosus* and human infection / J. Bowles, F. Knappen, D.P. McManus // *Lancet.* – 1992. – Vol. 339. – P. 1358.
49. Genetic characterization and phylogenetic position of *Echinococcus felidis* Ortlepp, 1937 (*Cestoda: Taeniidae*) from the African lion / M. Hüttner, M. Nakao, T. Wassermann, [et al.] // *Int. J. Parasitol.* – 2008. – Vol. 38. – P. 861–868.
50. Hüttner M. A survey of *Echinococcus* species in wild carnivores and livestock in East Africa / M. Hüttner, L. Siefert, U. Mackenstedt, T. Romig // *Int. J. Parasitol.* – 2009. – Vol. 39. – P. 1269–1276.
51. *Echinococcus felidis* in hippopotamus, South Africa / A. Halanjan, W.J. Luus-Powell, F. Roux, [et al.] // *Vet. Parasitol.* – 2017. – Vol. 243. – P. 24–28.
52. Thompson R.C.A. Biology and systematics of *Echinococcus* / R.C.A. Thompson // *Adv. Parasitol.* – 2017. – Vol. 95. – P. 65–109.
53. Macpherson C.N. An active intermediate host role for man in the life cycle of *Echinococcus granulosus* in Turkana, Kenya / C.N. Macpherson // *Am. J. Trop. Med. Hyg.* – 1983. – Vol. 32. – P. 397–404.
54. A novel zoonotic genotype related to *Echinococcus granulosus sensu stricto* from southern Ethiopia / M. Wassermann, D. Woldeyes, B.M. Gerbi, [et al.] // *Int. J. Parasitol.* – 2016. – Vol. 46. – P. 663–668.
55. Evidence that the *Echinococcus granulosus* G6 genotype has an affinity for the brain in humans / S.M. Sadjjadi, F. Mikaeili, M. Karamian, [et al.] // *Int. J. Parasitol.* – 2013. – Vol. 43. – P. 875–877.
56. An autochthonous case of cystic echinococcosis in Finland, 2015 [Electronic resource] / S. Hämäläinen, A. Kantele, M. Arvonen, [et al.] // *Euro Surveill.* – 2015. – Vol. 20(42). – Mode of access: <http://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2015.20.42.30043>.
57. Cystic echinococcoses in Mongolia: molecular identification, serology and risk factors / A. Ito, T. Dorjsuren, A. Davaasuren, [et al.] // *PLoS Negl. Trop. Dis.* – 2014. – Vol. 8(6). – P. 2937.
58. Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis* / P. Deplazes, D. Hegglin, S. Gloor, T. Romig // *Trends Parasitol.* – 2004. – Vol. 20. – P. 77–84.
59. Hegglin D. Human-wildlife interactions and zoonotic transmission of *Echinococcus multilocularis* / D. Hegglin, F. Bontadina, P. Deplazes // *Trends Parasitol.* – 2015. – Vol. 31. – P. 167–173.
60. Ito A. Introduction of ongoing research projects on echinococcosis at Asahikawa Medical College and some comments on the surveillance, prevention and control of alveolar echinococcosis in Japan / A. Ito // *Hokkaido Igaku Zasshi.* – 2001a. – Vol. 76. – P. 3–8.

61. Ito A. Echinococcosis: Present epidemic state in the world and in Japan: diagnosis, treatment and prevention / A. Ito // Hokkaido Primary Care. – 2001b. – Vol. 19. – P. 31–41.
62. Wildlife parasites in a One Health world / E.J. Jenkins, A. Simon, N. Bachand, C. Stephen // Trends Parasitol. – 2015. – Vol. 31. – P. 174–180.
63. Spatial heterogeneity and temporal variations in *Echinococcus multilocularis* infections in wild hosts in a North American urban setting / S. Liccioli, S.J. Kutz, K.E. Ruckstuhl, A. Massolo // Int. J. Parasitol. – 2014. – Vol. 44. – P. 457–465.
64. Wildeerness in the ‘city’ revisited: different urbes shape transmission of *Echinococcus multilocularis* by altering predator and prey communities / S. Liccioli, P. Giraudoux, P. Deplazes, A. Massolo // Trends Parasitol. – 2015. – Vol. 31. – P. 297–305.
65. *Echinococcus multilocularis*: microsatellite polymorphism in U1 snRNA genes / S. Bretagne, B. Assouline, D. Vidaud, [et al.] // Exp. Parasitol. – 1996. – Vol. 82. – P. 324–328.
66. Genetic polymorphisms of *Echinococcus* tapeworms in China as determined by mitochondrial and nuclear DNA sequences / M. Nakao, T. Li, X. Han, [et al.] // Int. J. Parasitol. – 2010a. – Vol. 40. – P. 379–385.
67. Alveolar *Echinococcus* species from *Vulpes corsac* in Hulumbeker, Inner Mongolia, China, and differential development of the metacestodes in experimental rodents / C.T. Tang, Y.H. Wang, W.F. Peng, [et al.] // J. Parasitol. – 2006. – Vol. 92. – P. 719–724.
68. Studies on the alveolar *Echinococcus* species in northward Daxingan mountains, Inner Mongolia, China. III. *Echinococcus russicensis* sp. nov. / C.T. Tang, G. Cui, Y. Qian, [et al.] // Chinese J. Zoonoses. – 2007. – Vol. 23. – P. 957–963.
69. Histopathological, serological and molecular confirmation of alveolar echinococcosis cases in Mongolia / A. Ito, G. Agvaandaram, O.E. Bat-Ochir, [et al.] // Am. J. Trop. Med. Hyg. – 2010. – Vol. 82. – P. 266–269.
70. Tradition and transition: parasitic zoonoses of people and animals in Alaska, northern Canada, and Greenland / E.J. Jenkins, L.J. Castrodale, S.J. de Rosemond, [et al.] // Adv. Parasitol. – 2013. – Vol. 82. – P. 33–204.
71. Rausch R.L. Cystic echinococcosis in the Arctic and Sub-Arctic / R.L. Rausch // Parasitology. – 2003. – Vol. 127. – P. 73–85.
72. Rausch R.L. Studies on the helminth fauna of Alaska. XXXIV. The parasite of wolves, *Canis lupus* L. / R.L. Rausch, F.S. Williamson // J. Parasitol. – 1959. – Vol. 45. – P. 395–403.
73. Rausch R.L. The ecology of *Echinococcus multilocularis* (Cestoda: Taeniidae) on St. Lawrence Island, Alaska. II. Helminth populations in the definitive host / R.L. Rausch, F.H. Fay, F.S. Williamson // Ann. Parasitol. Hum. Comp. – 1990a. – Vol. 65. – P. 131–140.
74. Rausch R.L. A programme to reduce the risk of infection by *Echinococcus multilocularis*: the use of praziquantel to control the cestode in a village in the hyperendemic region of Alaska / R.L. Rausch, J.F. Wilson, P.M. Schantz // Ann. Trop. Med. Parasitol. – 1990b. – Vol. 84. – P. 239–250.
75. Risk factors for infection with *Echinococcus multilocularis* in Alaska / J.K. Stehr-Green, P.A. Stehr-Green, P.M. Schantz, [et al.] // Am. J. Trop. Med. Hyg. – 1988. – Vol. 38. – P. 380–385.
76. Failure to identify alveolar echinococcosis in trappers from South Dakota in spite of high prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild canids / M.B. Hildreth, S. Sriram, B. Gottstein, [et al.] // J. Parasitol. – 2000. – Vol. 86. – P. 75–77.
77. Gesy K.M. Introduced and native haplotypes of *Echinococcus multilocularis* in wildlife in Saskatchewan, Canada / K.M. Gesy, E.J. Jenkins // J. Wildl. Dis. – 2015. – Vol. 51. – P. 743–748.
78. *Echinococcus multilocularis* in urban coyotes, Alberta, Canada / S. Catalano, M. Lejeune, S. Liccioli, [et al.] // Emerg. Infect. Dis. – 2012. – Vol. 18. – P. 1625–1628.
79. Low prevalence of *Echinococcus multilocularis* in Michigan, U.S.A.: A survey of coyotes (*Canis latrans*), red foxes (*Vulpes vulpes*), and grey foxes (*Urocyon cinereoargenteus*), 2009–2012 / J.R. Melotti, P.M. Muzzall, D.J. O’Brien, [et al.] // Comp. Parasitol. – 2015. – Vol. 82. – P. 285–290.

80. Public health follow-up of suspected exposure to *Echinococcus multilocularis* in Southwestern Ontario [Electronic resource] / L.A. Trotz-Williams, N.J. Mercer, J.M. Walters, [et al.] // *Zoonoses and Public Health*. – 2016. – Vol. 64(6). – Mode of access: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/zph.12326>.
81. Storandt S.T. *Echinococcus multilocularis* identified in Michigan with additional records from Ohio / S.T. Storandt, K.R. Kazacos // *J. Parasitol.* – 2012. – Vol. 98. – P. 891–893.
82. Klein C. Demonstration that a case of human alveolar echinococcosis in Minnesota in 1977 was caused by the N2 strain / C. Klein, A. Massolo // *Am. J. Trop. Med. Hyg.* – 2015. – Vol. 92. – P. 477–478.
83. Genetic analysis of *Echinococcus multilocularis* originating from a patient with alveolar echinococcosis occurring in Minnesota in 1977 / H. Yamasaki, M. Nakao, K. Nakaya, [et al.] // *Am. J. Trop. Med. Hyg.* – 2008. – Vol. 79. – P. 245–247.
84. Infection of a Goeldi's monkey (*Callimico goeldii*) with a European strain of *Echinococcus multilocularis* in a Canadian institution / E.D. Christiansen, C.G. Himsforth, J.E. Hill, M. Haulena // *J. Zoo Wildlife Med.* – 2015. – Vol. 46. – P. 378–381.
85. Establishment of a European-type strain of *Echinococcus multilocularis* in Canadian wildlife / K. Gesy, J.E. Hill, H. Schwantje, [et al.] // *Parasitology*. – 2013. – Vol. 140. – P. 1133–1137.
86. Detection of European strain of *Echinococcus multilocularis* in North America / E.J. Jenkins, A.S. Peregrine, J.E. Hill, [et al.] // *Emerg. Infect. Dis.* – 2012. – Vol. 18. – P. 1010–1012.
87. Parasite prevalence in fecal samples from shelter dogs and cats across the Canadian provinces / A. Villeneuve, L. Polley, E. Jenkins, [et al.] // *Parasit. Vectors*. – 2015. – Vol. 8. – P. 281.
88. First report of *Echinococcus shiquicus* in dogs from Eastern Qinghai-Tibet plateau region, China / B. Boufana, J. Qiu, X. Chen, [et al.] // *Acta Trop.* – 2013. – Vol. 127. – P. 21–24.
89. Canine echinococcosis due to *Echinococcus multilocularis*: a second notifiable case from mainland Japan / Y. Morishima, Y. Tomaru, S. Fukumoto, [et al.] // *Jpn. J. Infect. Dis.* – 2016. – Vol. 69. – P. 448–449.
90. Литвиненко О.П. Ехінококоз дрібної рогатої худоби / О.П. Литвиненко // *Тваринництво України*. – 2015. – № 7(68). – С. 30–32
91. Литвиненко О.П. Поширення ехінококозу свиней на території України [Електронний ресурс] / О.П. Литвиненко // *Наукові доповіді НУБіП*. – 2012. – № 3(32). – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_3/12lop.pdf.
92. Occurrence of *Echinococcus multilocularis* (Cestoda, Taeniidae) in red foxes (*Vulpes vulpes*) from Western Ukraine / V.A. Kharchenko, V.V. Korniyushin, E.I. Varodi, O.M. Malega // *Acta Parasit.* – 2008. – Vol. 53. – P. 36–40.
93. Korniyushin V.V. The helminths of wild predatory mammals of Ukraine. Cestodes / V.V. Korniyushin, E.I. Malysko, A.M. Malega // *Vestn Zool.* – 2011. – Vol. 45. – P. 483–90.

ЭХИНОКОККОЗ: НЫНЄШНЯЯ СИТУАЦІЯ И ДИФФЕРЕНЦІАЦІЯ ГЕНОТИПОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ (обзорная статья) / Коваленко А.А., Галат М.В., Шерстюк А.Д., Галка И.В., Нычик С.А., Никитова А.П., Шевченко Т.В.

В статье представлены результаты систематического обзора географического распределения шести видов *Echinococcus*, распространенных в Северном полушарии с тремя дополнительными видами, которые зарегистрированы в Африке и Южной Америке. Отражены и проанализированы все, подтвержденные на сегодня внутривидовые вариации *E. granulosus* s. l. и *E. multilocularis* за генотипами. Молекулярная идентификация возбудителя необходима для установления распределения и различий между видами в глобальном масштабе. Проведена оценка значения разнообразия дефинитивных и промежуточных хозяев в жизненном цикле паразита в разных частях мира.

Ключевые слова: *Echinococcus*, систематический обзор, географическое распределение, генотипы

THE ECHINOCOCCOSIS: THE PRESENT STATE AND GENOTYPES DIFFERENTIATION (review) / Kovalenko G.A., Galat M.V., Sherstyuk A.D., Halka I.V., Nychyk S.A., Nikitova A.P., Shevchenko T.V.

Introduction. *Echinococcosis is a parasitic disease caused by tapeworms belonging to the genus Echinococcus, family Taeniidae. Depending on the infecting species or genotype, transmission predominantly occurs in stock-farmer areas or in areas where there is an overlap between human habitation/activities and wildlife.*

The goal of the work. *This study aimed to provide a systematic review on the geographical distribution of Echinococcus spp. in definitive and intermediate hosts in the world. The relative importance of the species difference in the genotypes and strains of this parasite was highlighted and gaps in our knowledge regarding these were identified.*

Materials and methods. *The current review systematically searched the following electronic databases: PubMed, Science Direct, Scopus, and Google Scholar on published papers according to the keywords. From a total of 1031 identified scientific papers, 93 publications published from 1940 to 2017 were used for the systematic review.*

Results of research and discussion. *Echinococcosis is important public health threat in many regions of the world. Various Echinococcus species are maintained in domestic and/or wild mammals through predator-prey interactions. The current view, based on biology, epidemiology and especially molecular genetic studies recommends the inclusion of at least nine species in the genus. Advances in the differentiation of Echinococcus species are based on the using high molecular approaches. In this study was presented the current systematic review of the 6 Echinococcus species distribution found in the Northern Hemisphere, along with three additional species located in Africa and South America. All now confirmed intra-species variations of Echinococcus spp. by genotypes were shown and analyzed.*

Conclusions and prospects for further research. *In countries where several Echinococcus species are sympatrically occurred, molecular identification should be performed to better understand the distribution and genetic diversity of the parasite. It is necessary to differentiate invasive Echinococcus species and genotypes, with the goal of better understanding parasite life cycles in order to aid in the planning and implementation of control programs.*

In further researches the molecular genetic studies for differentiation of species and genotypes of Echinococcus circulating in Ukraine will be conducted.

Keywords: *Echinococcus, systematic review, geographical distribution, genotypes*

REFERENCES

1. Ito, A. (2015). Basic and applied problems in developmental biology and immunobiology of cestode infections: Hymenolepis, Taenia and Echinococcus. *Parasite Immunol.*, Vol. 37, 53-69.
2. Chi, P., Zhang, W., Zhang, Z., Hasyet, M., Liu, F., Ding, Z., et al. (1990). Cystic echinococcosis in the Xinjiang/Uygur Autonomous Region, People's Republic of China. I. Demographic and epidemiologic data. *Tropical Medicine and Parasitology*, Vol. 41, 157-162.
3. Budke, C.M., Deplazes, P., & Torgerson, P.R. (2006). Global socioeconomic impact of cystic echinococcosis. *Emerg. Infect. Dis.*, Vol. 12, 296-303.
4. Budke, C.M., White, A.C.Jr., & Garcia, H.H. (2009). Zoonotic larval cestode infections: neglected neglected tropical diseases? *PLoS Negl. Trop. Dis.*, Vol. 3, 319.
5. Craig, P.S., & McManus, D.P. (2003). Echinococcosis: transmission biology and epidemiology. *Parasitology*, Vol. 127, 1-172.
6. Craig, P.S., Rogan, M.T., & Allan, J.C. (1996). Detection, screening and community epidemiology of taeniid cestode zoonoses: cystic echinococcosis, alveolar echinococcosis and neurocysticercosis. *Adv. Parasitol.*, Vol. 38, 169-250.
7. Craig, P.S., Budke, C.M., Schantz, P.M., Li, T., Qiu, J., Yang, Y., et al. (2007). Human echinococcosis: a neglected disease? *Trop. Med. Health.*, Vol. 35, 283-292.
8. Craig, P.S., Hegglin, D., Lightowers, M.W., Torgerson, P.R., & Wang, Q. (2017). Echinococcosis: Control and prevention. *Adv. Parasitol.*, Vol. 96, 55-158.

9. Deplazes, P., Rinaldi, L., Alvarez Rojas, C.A., Torgerson, P.R., Harandi, M.F., Romig, T., et al. (2017). Global distribution of alveolar and cystic echinococcosis. *Adv. Parasitol.*, 95, 315-493.
10. Eckert, J., & Deplazes, P. (2004). Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonoses of increasing concern. *Clin. Microbiol. Rev.*, Vol. 17, 107-135.
11. Eckert, J., Gemmell, M.A., Meslin, F.-X., & Pawlowski, Z.S. (2001). WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals: a Public Health Problem of Global Concern. Paris, France. World Organisation for Animal Health. Retrieved from: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42427>.
12. Ito, A., Romig, T., & Takahashi, K. (2003a). Perspective on control options for *Echinococcus multilocularis* with particular reference to Japan. *Parasitology*, Vol. 127, 159-172.
13. Ito, A., Nakao, M., & Wandra, T. (2003). Human Taeniasis and Cysticercosis in Asia. *Lancet.*, Vol. 362(9399), 1918-1920.
14. Ito, A., Craig, P.S., & Schantz, P.M. (2006). Taeniasis/cysticercosis and echinococcosis with focus on Asia and the Pacific. *Parasitol Int.*, Vol. 55, 1-308.
15. Ito, A., Zhou, X.N., Craig, P.S., & Giraudoux, P. (2013a). Control of cestode zoonoses in Asia: role of basic and applied science. *Parasitology*, Vol. 140, 1547-1700.
16. Ito, A., Nakao, M., Lavikainen, A., & Hoberg, E. (2017). Cystic echinococcosis: Future perspectives of molecular epidemiology. *Acta Trop.*, Vol. 165, 3-9.
17. Romig, T., Ebi, D., & Wassermann, M. (2015). Taxonomy and molecular epidemiology of *Echinococcus granulosus sensu lato*. *Vet. Parasitol.*, Vol. 213, 76-84.
18. Romig, T., Deplazes, P., Jenkins, D., Giraudoux, P., Massolo, A., Craig, P.S., et al. (2017). Ecology and life cycle patterns of *Echinococcus* species. *Adv. Parasitol.*, Vol. 95, 213-314.
19. Schantz, P.M., Chai, J., Craig, P.S., Eckert, J., Jenkins, D.J., Macpherson, C.N.L., et al. (1995). Epidemiology and control of hydatid disease, in: Thompson, R.C.A., Lymbery, A.J. (Eds.), *Echinococcus and Hydatid Disease. CAB International, Oxon*, 233-331.
20. Thompson, R.C.A., & McManus, D.P. (2002). Towards a taxonomic revision of the genus *Echinococcus*. *Trends Parasitol.*, Vol. 18, 452-457.
21. Thompson, R.C.A., Boxelli, B.J., Raslston, C.C., Constantine, C.C., Hobbs, R.P., Shury, T., & Olson, M.E. (2006). Molecular and morphological characterization of *Echinococcus* in Cervids from North America. *Parasitology*, Vol. 132, 439-447.
22. Nakao M., McManus D.P., Schantz P.M., Craig P.S., & Ito A. (2007). A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes. *Parasitology*, Vol. 134, 713-722.
23. Lavikainen A., Lehtinen M.J., Laaksonen S., Agren E., Okasanen A., & Meri S. (2006). Molecular characterization of *Echinococcus* isolates of Cervid origin from Finland and Sweden. *Parasitology*, Vol. 133, 565.
24. Alvarez Rojas, C.A., Romig, T., & Lightowers, M.W. (2014). *Echinococcus granulosus sensu lato* genotypes infecting human – a reviewed current knowledge. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 44, 9-18.
25. Cucher, M.A., Macchiaroli, N., Baldi, G., Camicia, F., Prada, L., Maldonado, L., et al. (2016). Cystic echinococcosis in South America: systematic review of species and genotypes of *Echinococcus granulosus sensu lato* in humans and natural domestic hosts. *Trop. Med. Int. Health*, Vol. 21, 166-175.
26. Yang, D., Zhang, T., Zeng, Z., Zhao, W., Zhang, W., & Liu, A. (2015). The first report of human-derived G10 genotype of *Echinococcus canadensis* in China and possible sources and routes of transmission. *Parasitol. Int.*, Vol. 64, 330-333.
27. Ito et al. (2017). The echinococcosis in Asia: The present situation. *Acta Tropica.*, Vol. 176, 11-21.
28. Thompson, R.C.A. (2008). The taxonomy, phylogeny and transmission of *Echinococcus*. *Exp Parasitol.*, Vol. 119, 439-446.
29. Scott J.C., Stafaniak J., Pawowski Z.S., & McManus D.P. (1997). Molecular genetic analysis of human cystic hydatid cases from Poland: identification of a new genotypic group (G9) of *Echinococcus granulosus*. *Parasitology*, Vol. 114, 37-43.

30. Lavikainen A., Lehtinen M.J., Meri T., Hirvela-Koski V., & Meri S. (2003). Molecular genetic characterization of the Fennoscandian cervid strain, a new genotypic group (G10) of *Echinococcus granulosus*. *Parasitology*, Vol. 127, 207-215.
31. Moro, P.L., Nakao, M., Ito, A., Schantz, P.M., Caverio, C., & Cabrera, L. (2009). Molecular identification of *Echinococcus* isolates from Peru. *Parasitol. Int.*, Vol. 58, 184-186.
32. Nakao, M., McManus, D.P., Schantz, P.M., Craig, P.S., & Ito, A. (2007). A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes. *Parasitology*, Vol. 134, 713-722.
33. Nakao, M., Xiao, N., Okamoto, M., Yanagida, T., Sako, Y., & Ito, A. (2009). Geographic pattern of genetic variation in the fox tapeworm *Echinococcus multilocularis*. *Parasitol. Int.*, Vol. 58, 384-389.
34. Nakao, M., Lavikainen, A., Yanagida, T., & Ito, A. (2013a). Phylogenetic systematics of the genus *Echinococcus* (Cestoda: Taeniidae). *Int. J. Parasitol.*, Vol. 43, 1017-1029.
35. Yanagida, T., Mohammadzadeh, T., Kamhawi, S., Nakao, M., Sadjjadi, S.M., Hijjawi, N., et al. (2012). Genetic polymorphisms of *Echinococcus granulosus sensu stricto* in the Middle East. *Parasitol. Int.*, Vol. 61, 599-603.
36. Bart, J.M., Knapp, J., Gottstein, B., El-Garch, F., Giraudoux, P., Glowatzki, M.L., et al. (2006a). EmsB, a tandem repeated multi-loci microsatellite, new tool to investigate the genetic diversity of *Echinococcus multilocularis*. *Infect. Genet. Evol.*, Vol. 6, 390-400.
37. Knapp, J., Staebler, S., Bart, J.M., Stien, A., Yoccoz, N.G., Drogemuller, C., et al. (2012). *Echinococcus multilocularis* in Svalbard, Norway: microsatellite genotyping to investigate the origin of a highly focal contamination. *Infect. Genet. Evol.*, Vol. 12, 1270-1274.
38. Valot, B., Knapp, J., Umhang, G., Grenouillet, F., & Milon, L. (2015). Genomic characterization of EmsB microsatellite loci in *Echinococcus multilocularis*. *Infect. Genet. Evol.*, Vol. 32, 338-341.
39. Zheng, H., Zhang, W., Zhang, L., Zhang, Z., Li, J., Lu, G., et al. (2013). The genome of the hydatid tapeworm *Echinococcus granulosus*. *Nat. Genet.*, Vol. 45, 1168-1175.
40. Kinkar, L., Laurimäe, T., Sharbatkhori, M., Mirhendi, H., Beigom, K., Ponce-Gordo, F., et al. (2017). New mitogenome and nuclear evidence on the phylogeny and taxonomy of the highly zoonotic tapeworm *Echinococcus granulosus sensu stricto*. *Infect. Genet. Evol.*, Vol. 52, 52-58.
41. Budke, C.M., Carabin, H., Ndimubanzi, P.C., Nguyen, H., Rainwater, E., Dickey, M., et al. (2013). A systematic review of the literature on cystic echinococcosis frequency worldwide and its associated clinical manifestations. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 88, 1011-1027.
42. Craig, P.S., Deshan, L., MacPherson, C.N., Dazhong, S., Reynolds, D., Barnish, G., et al. (1992). A large focus of alveolar echinococcosis in central China. *Lancet*, Vol. 340, 826-831.
43. Craig, P.S., Li, T., Qiu, J., Zhen, R., Wang, Q., Giraudoux, P., et al. (2008). *Echinococcoses* and Tibetan communities. *Emerg. Infect. Dis.*, Vol. 14, 1674-1675.
44. Finlay, J.C., & Speert, D.P. (1992). Sylvatic hydatid disease in children: case reports and review of endemic *Echinococcus granulosus* infection in Canada and Alaska. *Pediatr. Infect. Dis. J.*, Vol. 11, 322-326.
45. Sweatman, G.K., & Williams, R.J. (1963). Comparative studies on the biology and morphology of *Echinococcus granulosus* from domestic livestock, moose and reindeer. *Parasitology*, Vol. 53, 339-390.
46. Wilson, J.F., Diddams, A.C., & Rausch, R.L. (1968). Cystic hydatid disease in Alaska: a review of 101 autochthonous cases of *Echinococcus granulosus* infection. *Ann. Rev. Respir. Dis.*, Vol. 98, 1-15.
47. Addy, F., Wassermann, M., Banda, F., Mbaya, H., Aschenborn, J., Aschenborn, O., et al. (2017). Genetic polymorphism and population structure of *Echinococcus ortleppi*. *Parasitology*, Vol. 144, 450-458.
48. Bowles, J., Knappen, F., & McManus D.P. (1992). Cattle strain of *Echinococcus granulosus* and human infection. *Lancet*, Vol. 339, 1358.

49. Hüttner, M., Nakao, M., Wassermann, T., Siefert, L., Boomker, J.D.F., Dinkel, A., et al. (2008). Genetic characterization and phylogenetic position of *Echinococcus felidis* Ortlepp, 1937 (Cestoda: Taeniidae) from the African lion. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 38, 861-868.
50. Hüttner, M., Siefert, L., Mackenstedt, U., & Romig, T. (2009). A survey of *Echinococcus* species in wild carnivores and livestock in East Africa. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 39, 1269-1276.
51. Halanjian, A., Luus-Powell, W.J., Roux, F., Nakao, M., Sasaki, M., & Lavikainen, A. (2017). *Echinococcus felidis* in hippopotamus, South Africa. *Vet. Parasitol.*, Vol. 243, 24-28.
52. Thompson, R.C.A. (2017). Biology and systematics of *Echinococcus*. *Adv. Parasitol.*, Vol. 95, 65-109.
53. Macpherson, C.N. (1983). An active intermediate host role for man in the life cycle of *Echinococcus granulosus* in Turkana, Kenya. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 32, 397-404.
54. Wassermann, M., Woldeyes, D., Gerbi, B.M., Ebi, D., Zeyhle, E., Mackenstedt, U., et al. (2016). A novel zoonotic genotype related to *Echinococcus granulosus sensu stricto* from southern Ethiopia. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 46, 663-668.
55. Sadjjadi, S.M., Mikaeili, F., Karamian, M., Maraghi, S., Sadjjadi, F.S., Shariat-Torbaghan, S., et al. (2013). Evidence that the *Echinococcus granulosus* G6 genotype has an affinity for the brain in humans. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 43, 875-877.
56. Hämäläinen, S., Kantele, A., Arvonen, M., Hakala, T., Karhukorpi, J., Heikkinen, J., et al. (2015). An autochthonous case of cystic echinococcosis in Finland, 2015. *Euro Surveill.*, Vol. 20(42). Retrieved from: <http://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/15607917.ES.2015.20.42.30043>.
57. Ito, A., Dorjsuren, T., Davaasuren, A., Yanagida, T., Sako, Y., Nakaya, K., et al. (2014). Cystic echinococcoses in Mongolia: molecular identification, serology and risk factors. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, Vol. 8(6), 2937.
58. Deplazes, P., Hegglin, D., Gloor, S., & Romig, T. (2004). Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends Parasitol.*, Vol. 20, 77-84.
59. Hegglin, D., Bontadina, F., & Deplazes, P. (2015). Human-wildlife interactions and zoonotic transmission of *Echinococcus multilocularis*. *Trends Parasitol.*, Vol. 31, 167-173.
60. Ito, A. (2001a). Introduction of ongoing research projects on echinococcosis at Asahikawa Medical College and some comments on the surveillance, prevention and control of alveolar echinococcosis in Japan. *Hokkaido Igaku Zasshi*, Vol. 76, 3-8
61. Ito, A. (2001b). Echinococcosis: Present epidemic state in the world and in Japan: diagnosis, treatment and prevention. *Hokkaido Primary Care*, Vol. 19, 31-41
62. Jenkins, E.J., Simon, A., Bachand, N., & Stephen, C. (2015). Wildlife parasites in a One Health world. *Trends Parasitol.*, Vol. 31, 174-180.
63. Liccioli, S., Kutz, S.J., Ruckstuhl, K.E., & Massolo, A. (2014). Spatial heterogeneity and temporal variations in *Echinococcus multilocularis* infections in wild hosts in a North American urban setting. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 44, 457-465.
64. Liccioli, S., Giraudoux, P., Deplazes, P., & Massolo, A. (2015). Wilderness in the 'city' revisited: different urban shape transmission of *Echinococcus multilocularis* by altering predator and prey communities. *Trends Parasitol.*, Vol. 31, 297-305.
65. Bretagne, S., Assouline, B., Vidaud, D., Houin, R., & Vidaud, M. (1996). *Echinococcus multilocularis*: microsatellite polymorphism in U1 snRNA genes. *Exp. Parasitol.*, Vol. 82, 324-328.
66. Nakao, M., Li, T., Han, X., Ma, X., Xiao, N., Qiu, J., et al. (2010a). Genetic polymorphisms of *Echinococcus* tapeworms in China as determined by mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Int. J. Parasitol.*, Vol. 40, 379-385.
67. Tang, C.T., Wang, Y.H., Peng, W.F., Tang, L., & Chen, D. (2006). Alveolar *Echinococcus* species from *Vulpes corsac* in Hulumbai, Inner Mongolia, China, and differential development of the metacestodes in experimental rodents. *J. Parasitol.*, Vol. 92, 719-724.
68. Tang, C.T., Cui, G., Qian, Y., Kang, Y., Wang, Y., Peng, W., et al. (2007). Studies on the alveolar *Echinococcus* species in northward Daxingan mountains, Inner Mongolia, China. III. *Echinococcus russicensis* sp. nov. *Chinese J. Zoonoses*, Vol. 23, 957-963.

69. Ito, A., Agvaandaram, G., Bat-Ochir, O.E., Chuluunbaatar, B., Gonchingsenghe, N., Yanagida, T., et al. (2010). Histopathological, serological and molecular confirmation of alveolar echinococcosis cases in Mongolia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 82, 266-269.
70. Jenkins, E.J., Castrodale, L.J., de Rosemond, S.J., Dixon, B.R., Elmore, S.A., Gesy, K.M., et al. (2013). Tradition and transition: parasitic zoonoses of people and animals in Alaska, northern Canada, and Greenland. *Adv. Parasitol.*, Vol. 82, 33-204.
71. Rausch, R.L. (2003). Cystic echinococcosis in the Arctic and Sub-Arctic. *Parasitology*, Vol. 127, 73-85.
72. Rausch, R.L., & Williamson, F.S. (1959). Studies on the helminth fauna of Alaska. XXXIV. The parasite of wolves, *Canis lupus* L. *J. Parasitol.*, Vol. 45, 395-403.
73. Rausch, R.L., Fay, F.H., & Williamson, F.S. (1990a). The ecology of *Echinococcus multilocularis* (Cestoda: Taeniidae) on St. Lawrence Island, Alaska. II. Helminth populations in the definitive host. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, Vol. 65, 131-140.
74. Rausch, R.L., Wilson, J.F., & Schantz, P.M. (1990b). A programme to reduce the risk of infection by *Echinococcus multilocularis* : the use of praziquantel to control the cestode in a village in the hyperendemic region of Alaska. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, Vol. 84, 239-250.
75. Stehr-Green, J.K., Stehr-Green, P.A., Schantz, P.M., Wilson, J.F., & Lanier, A. (1988). Risk factors for infection with *Echinococcus multilocularis* in Alaska. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 38, 380-385.
76. Hildreth, M.B., Sriram, S., Gottstein, B., Wilson, M., & Schantz, P.M. (2000). Failure to identify alveolar echinococcosis in trappers from South Dakota in spite of high prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild canids. *J. Parasitol.*, Vol. 86, 75-77.
77. Gesy, K.M., Jenkins, E.J. (2015). Introduced and native haplotypes of *Echinococcus multilocularis* in wildlife in Saskatchewan, Canada. *J. wildl. Dis.*, Vol. 51, 743-748.
78. Catalano, S., Lejeune, M., Liccioli, S., Verocai, G.G., Gesy, K.M., Jenkins, E.J., et al. (2012). *Echinococcus multilocularis* in urban coyotes, Alberta, Canada. *Emerg. Infect. Dis.*, Vol. 18, 1625-1628.
79. Melotti, J.R., Muzzall, P.M., O'Brien, D.J., Cooley, T.M., & Tsao, J.I. (2015). Low prevalence of *Echinococcus multilocularis* in Michigan, U.S.A.: A survey of coyotes (*Canis latrans*), red foxes (*Vulpes vulpes*), and grey foxes (*Urocyon cinereoargenteus*), 2009-2012. *Comp. Parasitol.*, Vol. 82, 285-290.
80. Trotz-Williams, L.A., Mercer, N.J., Walters, J.M., Wallace, D., Gottstein, B., Osterman-Lind, E., et al. (2016). Public health follow-up of suspected exposure to *Echinococcus multilocularis* in Southwestern Ontario. *Zoonoses and Public Health*, Vol. 64(6). Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/zph.12326>
81. Storandt, S.T., & Kazacos, K.R. (2012). *Echinococcus multilocularis* identified in Michigan with additional records from Ohio. *J. Parasitol.*, Vol. 98, 891-893.
82. Klein, C., & Massolo, A. (2015). Demonstration that a case of human alveolar echinococcosis in Minnesota in 1977 was caused by the N2 strain. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 92, 477-478.
83. Yamasaki, H., Nakao, M., Nakaya, K., Schantz, P.M., & Ito, A. (2008). Genetic analysis of *Echinococcus multilocularis* originating from a patient with alveolar echinococcosis occurring in Minnesota in 1977. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, Vol. 79, 245-247.
84. Christiansen, E.D., Himsforth, C.G., Hill, J.E., & Haulena, M. (2015). Infection of a Goeldi's monkey (*Callimico goeldii*) with a European strain of *Echinococcus multilocularis* in a Canadian institution. *J. Zoo Wildlife Med.*, Vol. 46, 378-381.
85. Gesy, K., Hill, J.E., Schwantje, H., Liccioli, S., & Jenkins, E.J. (2013). Establishment of a European-type strain of *Echinococcus multilocularis* in Canadian wildlife. *Parasitology*, Vol. 140, 1133-1137.
86. Jenkins, E.J., Peregrine, A.S., Hill, J.E., Somers, C., Gesy, K., Barnes, B., et al. (2012). Detection of European strain of *Echinococcus multilocularis* in North America. *Emerg. Infect. Dis.*, Vol. 18, 1010-1012.

87. Villeneuve, A., Polley, L., Jenkins, E., Schurer, J., Gilleard, J., Kutz, S., et al. (2015). Parasite prevalence in fecal samples from shelter dogs and cats across the Canadian provinces. *Parasit. Vectors*, Vol. 8, 281.
88. Boufana, B., Qiu, J., Chen, X., Budke, C.M., Campos-Ponce, M., & Craig, P.S. (2013). First report of *Echinococcus shiquicus* in dogs from Eastern Qinghai-Tibet plateau region, China. *Acta Trop.*, Vol. 127, 21-24.
89. Morishima, Y., Tomaru, Y., Fukumoto, S., Sugiyama, H., Yamasaki, H., Hashimoto, C., et al. (2016). Canine echinococcosis due to *Echinococcus multilocularis*: a second notifiable case from mainland Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.*, Vol. 69, 448-449.
90. Lytvynenko, O.P. (2015). Ehinokokoz dribnoi rogoi hudoby [Echinococcosis of small ruminants]. *Tvarynnyctvo Ukrainy – Livestock of Ukraine*, Vol. 7(68), 30-32 [in Ukrainian].
91. Lytvynenko, O.P. (2012). Poshyrennja ehinokokozu svynej na terytorii Ukrainy [The spread of echinococcosis in pigs in Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP – Scientific reports of NULES*, Vol. 3(32). Retrieved from: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_3/12lop.pdf [in Ukrainian].
92. Kharchenko, V.A., Korniyushin, V.V., Varodi, E.I., & Malega, O.M. (2008). Occurrence of *Echinococcus multilocularis* (Cestoda, Taeniidae) in red foxes (*Vulpes vulpes*) from Western Ukraine. *Acta Parasit.*, Vol. 53, 36-40.
93. Korniyushin, V.V., Malyshko, E.I., & Malega, A.M. (2011). The helminths of wild predatory mammals of Ukraine. Cestodes. *Vestn. Zool.*, Vol. 45, 483-90.

УДК619:615.37-102

КРАСОЧКО П.А., д-р вет. наук, д-р биол. наук, проф., академик РАЕН, e-mail: krasochko@mail.ru,

КРАСОЧКО И.А., д-р вет. наук, д-р биол. наук, проф., академик РАЕН, e-mail: krasochko@mail.ru

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»

БОЛЬШАКОВ С.А., e-mail: belvitunipharm@mail.ru,

ШАШКОВА Ю.А., e-mail: belvitunifarm.okk@gmail.com

ОАО «БелВитунифарм»

НЫЧИК С.А., д-р вет. наук, проф., член-кор. НААН, e-mail: snychuk@gmail.com
Институт ветеринарной медицины НААН

СОСТОЯНИЕ ВЕТЕРИНАРНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Приведен анализ развития биотехнологической отрасли в Республике Беларусь. Показано, что развитию биотехнологии уделяется большое внимание руководства страны. Учеными разработан практически весь спектр биологических препаратов, необходимых для профилактики вирусных, бактериальных и грибковых заболеваний сельскохозяйственных животных. Из 1887 зарегистрированных в Беларуси ветеринарных препаратов свыше 1300 – отечественных.

Ключевые слова: биотехнология, вакцины, биопрепараты, технологии.

Развитие народного хозяйства Беларуси в рамках VI экономического уклада представляется одним из наиболее предпочтительных и основных путей