

УДК 636.09:579.882

Зезекало В. К.,
Передера С. Б., кандидат ветеринарних наук,
Щербакова Н.С., кандидат ветеринарних наук
Полтавська державна аграрна академія

ОБНОВЛЕННЯ ТАКСОНОМІЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ ПОРЯДКУ CHLAMYDIALES

Рецензент – доктор ветеринарних наук С. М. Кулинич

Мета статті – надати актуальну на сьогоднішній день таксономічну класифікацію порядку Chlamydiales та детально роз'яснити терміни: «Chlamydia-related bacteria (CRB)» (хламідіє-споріднені бактерії), «Chlamydia-like organisms (CLO)» (хламідіє-подібні організми), «environmental chlamydiae» (екологічні хламідії, хламідії довкілля).

Методика дослідження. Використано такі методи дослідження: системний аналіз доступних наукових джерел, історичний метод (для вивчення виникнення, формування та розвитку таксономії хламідійних видів у хронологічній послідовності), емпіричний метод (щодо комплексної оцінки сучасного стану об'єкта дослідження), абстрактно-логічний – для уточнення суті основних понять та графічне відображення даних.

Результати дослідження. Внаслідок розвитку молекулярної біології за останні 15 років класифікація хламідій зазнала істотних змін і має тенденцію до подальшого вдосконалення. У статті узагальнено історичний досвід і найбільш важливі зміни в таксономії порядку Chlamydiales за останні роки. Ускладнення сучасної класифікації бактерій порядку Chlamydiales свідчить про накопичені знання щодо нових представників цієї групи мікроорганізмів. На сьогодні до порядку Chlamydiales входять 9 родин: Chlamydiaceae, Waddliaceae, Parachlamydiaceae, Criblamydiaceae, Simkaniaceae, Candidatus Clavochlamydiaceae, Candidatus Rhabdochlamydiaceae, Candidatus Piscichlamydia, Candidatus Parilichlamydiaceae, чотири з яких перебувають у статусі кандидатів. До родини Chlamydiaceae, роду Chlamydia тепер належать 14 видів бактерій (Chlamydia abortus, Chlamydia avium, Chlamydia caviae, Chlamydia felis, Chlamydia gallinacea, Chlamydia muridarum, Chlamydia pecorum, Chlamydia pneumoniae, Chlamydia psittaci, Chlamydia suis, Chlamydia trachomatis, Candidatus Chlamydia ibidis, Candidatus Chlamydia sanzina, Candidatus Chlamydia corallus), три з яких перебувають у статусі кандидатів.

Родини: Waddliaceae, Parachlamydiaceae, Criblamydiaceae, Simkaniaceae, Ca. Clavochlamydiaceae, Ca. Rhabdochlamydiaceae, Ca. Piscichlamydia, Ca. Parilichlamydiaceae з їхніми численними представниками називають хламідіє-спорідненими бактеріями, або хламідіє-подібними організмами, через їх генетичну і фенотипову подібність та філогенетичну відокремленість від родини Chlamydiaceae.

Елементи наукової новизни. У цій статті представлено актуальну таксономічну класифікацію порядку Chlamydiales та надано детально роз'яснено терміни: «Chlamydia-related bacteria (CRB)» (хламідіє-споріднені бактерії), «Chlamydia-like organisms (CLO)» (хламідіє-подібні організми), «environmental chlamydiae» (екологічні хламідії, хламідії довкілля).

Практична значущість. Надана інформація може бути використана в наукових дослідженнях, впроваджена в навчальний процес при підготовці спеціалістів у галузі ветеринарної медицини, а також використовуватися практикуючими лікарями ветеринарної медицини задля покращення лікування та профілактики хламідіозів тварин та людини.

Ключові слова: хламідіози тварин, таксономія, класифікація, хламідіє-подібні організми, хламідіє-споріднені бактерії, зоонози, патогенність, інфекція.

Зезекало Вікторія Костянтинівна – асистент кафедри інфекційної патології, гігієни, санітарії та біобезпеки, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна, e-mail: v.zezekalo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1430-813X.

Передера Сергій Борисович – кандидат ветеринарних наук, професор, кафедри інфекційної патології, гігієни, санітарії та біобезпеки, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна, e-mail: 13peredera@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6363-878X.

Щербакова Наталія Сергіївна – кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи, Полтавська державна аграрна академія, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна, e-mail: peredera@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3573-7673.

Постановка проблеми. Мікроорганізми порядку *Chlamydiales* – внутрішньоклітинні грамнегативні бактерії, залежні від клітин еукаріотів з особливим, двофазним циклом розвитку, який є унікальним серед прокариот та визначає самостійне положення цих організмів у їх системі [9, 12, 16].

За останні роки кількість представників збільшилася настільки, що це неодноразово призводило до перегляду таксономічної класифікації порядку *Chlamydiales* [24, 25].

Огляд літератури свідчить про необхідність створення найновішої таксономічної класифікації збудників, дати характеристику нововиявленим представникам, узагальнити існуючу інформацію що до патогенності хламідійних видів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Представники порядку *Chlamydiales* облігатні внутрішньоклітинні бактерії, з особливим двофазним циклом розвитку, які були виявлені близько століття тому.

1966 року Page, L.A. на основі вищезгаданих характеристик запропонував об'єднати збудників пситтакозу, лімфогранульоматозу і трахоми в порядок *Chlamydia* [18]. Цей рід включав лише два види *Chlamydia trachomatis* та *Chlamydia psittaci*. Ідею відокремлення цих мікроорганізмів в окремий порядок підтримав Stolz і в 1971 році було створено єдиний порядок, але назву порядку змінено на *Chlamydiales*, який включав одну родину *Chlamydiaceae*, один рід *Chlamydia* і лише два види – *Chlamydia trachomatis* і *Chlamydia psittaci*) [3, 4, 16, 17, 23].

Ця класифікація збереглася до 1980-х років коли до роду приєдналися *Chlamydia pneumoniae* та *Chlamydia pecorum* [3].

З 1 січня 1980 року рішенням юридичної комісії Міжнародної асоціації мікробіологічних товариств назва *Chlamydia* для збудників хламідіозу стала обов'язковою. Збудники хламідійних інфекцій були віднесені до царства *Procaryotae*, класу *Microtatiobiotae*, де вони займали самостійний таксон *Chlamydiales*, родини *Chlamydiaceae*, роду *Chlamydia*. На той час вже було відомо чотири види цих мікроорганізмів: *Chlamydia trachomatis*, *Chlamydia psittaci*, *Chlamydia pecorum* та *Chlamydia pneumoniae* [3].

1999 року на основі аналізу послідовностей *pPHK*, Everett et al. запропонували всі ці бактерії віднести до грамнегативних бактерій порядку

Chlamydiales родини *Chlamydiaceae*, розділити родину на два роди (*Chlamydia* і *Chlamytophila*). До роду *Chlamydia* було включено такі види: *Chlamydia trachomatis*, *Chlamydia suis* і *Chlamydia muridarum*, а до роду *Chlamytophila* шість видів: *Chlamytophila psittaci*, *Chlamytophila pneumoniae*, *Chlamytophila pecorum*, *Chlamytophila caviae*, *Chlamytophila felis* і *Chlamytophila abortus*. Окрім родини *Chlamydiaceae* до порядку *Chlamydiales* увійшло три родини: *Parachlamydiaceae*, *Simkaniaceae* і *Waddliaceae*, патогенна роль яких для ссавців і птахів на той час не була виявлена (рис. 1) [1, 2, 3, 5, 6, 8, 13, 21].

Незважаючи на те, що поділ роду *Chlamydia* на два роди *Chlamydia* та *Chlamytophila* був оскаржений, як і оскаржено сам принцип використання 95% порогу ідентичності 16S *pPHK* для поділу на два різних роди [10, 15, 21, 22], назва «*Chlamytophila*» збереглася в численних публікаціях того часу, а класифікація Еверетта на рівні видів є основою нинішньої класифікації [10, 20].

Мета роботи. Вона покликана упорядкувати актуальну на сьогоднішній день таксономічну класифікацію порядку *Chlamydiales*, детально роз'яснити терміни: «*Chlamydia-related bacteria (CRB)*» (хламідіє-споріднені бактерії), «*Chlamydia-like organisms (CLO)*» (хламідіє-подібні організми), «*environmental chlamydiae*» (екологічні хламідії, хламідії довкілля).

Завдання – проаналізувати наявну літературу щодо цієї проблеми, визначити актуальну класифікацію порядку *Chlamydiales*.

Матеріали і методи досліджень. Було зроблено огляд літератури, головним чином англійськомовних джерел за останні 5 років. Проведено аналіз та узагальнення інформації.

Результати досліджень. Останньою із запропонованих систематизацій, яка ґрунтувалася на основі виявлених розгалужень у філогенетичних деревах, і генетичної відстані між двома кластерами в межах типу *Chlamydiae* була спроба поділити клас *Chlamydia* на два порядки: *Chlamydiales*, у який буде включено родину *Chlamydiaceae* та тісно пов'язана родину *Candidatus Clavichlamydiaceae*, та новий порядок *Parachlamydiales*, що включатиме родини *Parachlamydiaceae*, *Simkaniaceae*, *Waddliaceae* та *Candidatus Criblamydiaceae*, *Candidatus Parilichlamydiaceae*, *Candidatus Piscichlamydiaceae* і *Candidatus Rhabdochlamydiaceae* [19].

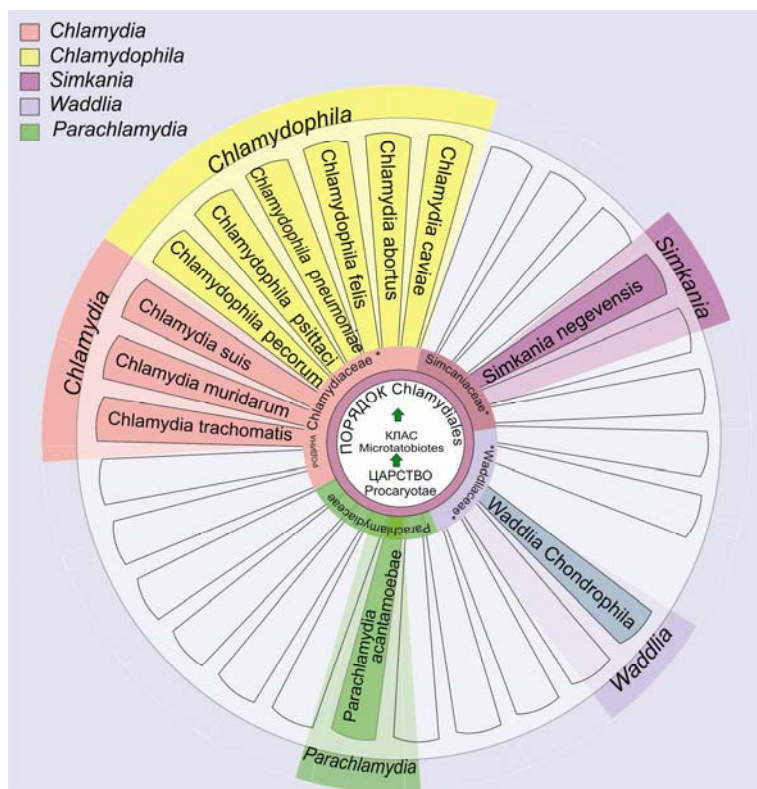


Рис. 1. Класифікація K.D. Everett et al., 1999 р.

Джерело: сформовано авторами на основі [1, 2, 3, 5, 6, 8, 13, 21].

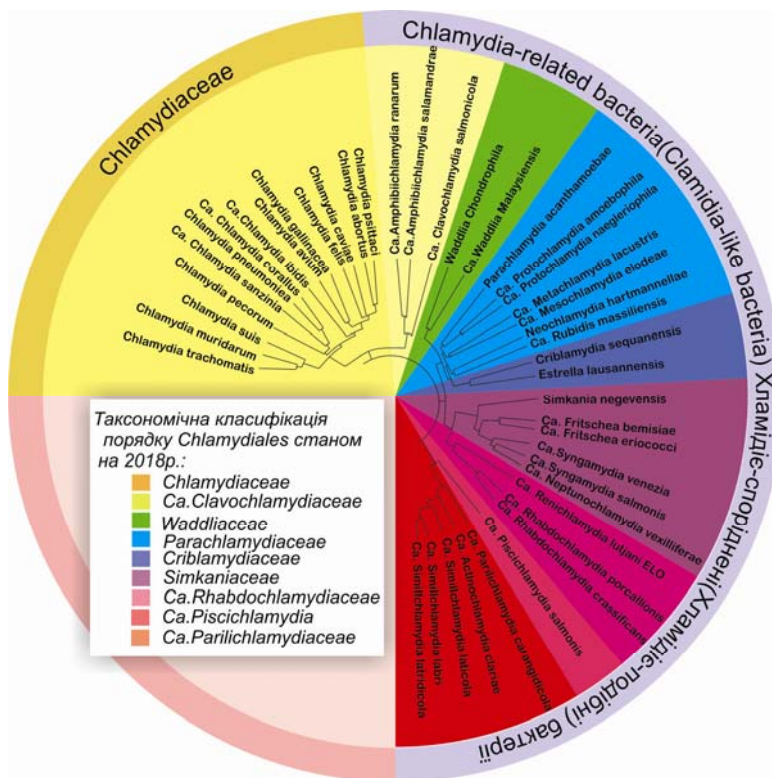


Рис. 2. Класифікація порядку Chlamydiales 2018 р.

Джерело: сформовано авторами на основі [11, 20, 24, 25, 26].

Однак ця пропозиція не здобула належної підтримки і наразі таксономічна класифікація має наступний вигляд [11, 24, 25]:

Домен: **Bacteria**

Тип: **Chlamydiae**

Клас: **Chlamydia**

Порядок: **Chlamydiales**

Родина: **Chlamydiaceae**

Рід: **Chlamydia**

- *Chlamydia abortus*,
- *Chlamydia avium*,
- *Chlamydia caviae*,
- *Chlamydia felis*,
- *Chlamydia gallinacea*,
- *Chlamydia muridarum*,
- *Chlamydia pecorum*,
- *Chlamydia pneumonia*,
- *Chlamydia psittaci*,
- *Chlamydia trachomatis*,
- *Chlamydia suis*,
- *Ca. Chlamydia ibidis*,
- *Ca. Chlamydia sanzinia*
- *Ca. Chlamydia corallus*

Chlamydia-related bacteria (CRB) (Chlamydia-like organism (CLO))

Родина: **Ca. Clavochlamydiaceae**

- *Ca. Clavochlamydia salmonicola*,
- *Ca. Amphibiichlamydia ranarum*,
- *Ca. Amphibiichlamydia salamandrae*

Родина: **Waddliaceae**

- *Waddlia chondrophila*,
- *Ca. Waddlia malayensiensis*

Родина: **Parachlamydiaceae**

- *Parachlamydia acanthamoebae*,
- *Neochlamydia hartmannellae*,
- *Ca. Protochlamydia aemobophila*,
- *Ca. Protochlamydia naegleriophila*,
- *Ca. Metachlamydia lacustris*,
- *Ca. Mesochlamydia elodeae*,
- *Ca. Rubidis massiliensis*

Родина: **Criblamydiaceae**

- *Criblamydia sequanensis*,
- *Estrella lausannensis*

Родина: **Simkaniaceae**

- *Simkania negevensis*,
- *Ca. Fritschea bemisiae*,
- *Ca. Fritschea eriococci*,
- *Ca. Syngamydia venezia*,
- *Ca. Syngamydia salmonis*,
- *Ca. Neptunochlamydia vexilliferae*

Родина: **Ca. Rhabdochlamydiaceae**

- *Ca. Renichlamydia lutjani ELO*,
- *Ca. Rhabdochlamydia porcellionis*,

- *Ca. Rhabdochlamydia crassificans*

Родина: **Ca. Piscichlamydia**

- *Ca. Piscichlamydia salmonis*

Родина: **Ca. Parilichlamydiaceae**

- *Ca. Parilichlamydia carangidicola*,
- *Ca. Actinochlamydia clariae*,
- *Ca. Similichlamydia laticola*,
- *Ca. Similichlamydia labri*,
- *Ca. Similichlamydia latridicola*

Для наглядності проаналізовану і систематизовану інформацію [11, 20, 24, 25, 26] було представлено у вигляді малюнка (рис. 2).

Задля необхідності позначити бактерії, фенотипово та генетично схожі, але філогенетично відокремлені від родини *Chlamydiaceae* почали використовувати такі терміни як: *Chlamydia-related bacteria* (CRBs) (хламідіє-спорідненені бактерії), *Chlamydia-like organisms* (CLOs), (хламідіє-подібні організми), (Bergey's manual [14]).

Поряд із вищезазначеними термінами для позначення цих самих бактерій, що входять до порядку *Chlamydiales*, але не є представниками роду *Chlamydia*. використовувався термін «environmental chlamydiae» (екологічні хламідії, хламідії довкілля), на відміну від «патогенних бактерій», тобто таких, що спричиняють захворювання. Цей термін зараз майже не використовується, оскільки неодноразово доведено патогенний потенціал хламідіє-подібних мікроорганізмів [26].

Висновки:

1. З появою і удосконаленням молекулярних методів досліджень змінився тип *Chlamydiae*. Виявлені нові види і навіть нові родини бактерій у більш широкому порядку *Chlamydiales*.

2. Ускладнення сучасної класифікації бактерій порядку *Chlamydiales* є неминучим наслідком накопичення знань щодо нових представників цієї групи мікроорганізмів. До родини *Chlamydiaceae* тепер належать 14 видів бактерій, три з яких знаходяться у статусі кандидатів. Крім цієї, добре відомої родини до порядку *Chlamydiales* входять ще 8 родин (*Waddliaceae*, *Parachlamydiaceae*, *Criblamydiaceae*, *Simkaniaceae*, *Ca. Clavochlamydiaceae*, *Ca. Rhabdochlamydiaceae*, *Ca. Piscichlamydia*, *Ca. Parilichlamydiaceae*). Ці 8 родин з їх численними представниками називають хламідіє-спорідненими бактеріями, або хламідіє-подібними організмами, через їх генетичну та фенотипову подібність, та філогенетичну відокремленість від родини *Chlamydiaceae*.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Герасимова Н. М., Кунгуров Н. В., Бажин Ю. А. Новая классификация хламидий и её значение для практики. *Инфекции передающиеся половым путём*. 2001. № 1. С. 14–18.
2. Гранитов В. М. Хламидиозы: Медицинская книга, Нижний Новгород : Изд-во НГМА, 2000. 197 с.
3. Зоонозні хламідіози / Ксьонз І. М. та ін. : монографія. Київ : ДНДІЛДВСЕ, 2014. – 229 с.
4. Лобзин Ю. В., Ляшенко Ю. И., Пожняк А. Л. Хламидийные инфекции. Санкт-Петербург : ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2003. 400 с.
5. Нехороших З. Н. Современная таксономия порядка Chlamydiales. *Методи одержання чистих культур мікроорганізмів та їх довгострокового зберігання в колекціях*. 2005. № 4. С. 18–26.
6. Орлянкин Б. Г. Современная классификация хламидий. *Ветеринария*. 2006. № 1. С. 23–26.
7. Эйдельштейн И. А. Фундаментальные изменения в классификации хламидий и родственных им микроорганизмов порядка Chlamydiales. *Клинич. микробиол. и антимикроб. химиотерапия*. 1999. № 1, т. 1. С. 5–11.
8. Abdelrahman Y. M., Belland R. J. The chlamydial developmental cycle. *FEMS Microbiol. Rev.* 2005. Vol. 29:9. P. 49–59.
9. Ammerdorffer A., Stojanov M., Greub G., Baud D. Chlamydia trachomatis and chlamydia-like bacteria: new enemies of human pregnancies. *Curr. Opin. Infect. Dis.* 2017. Vol. 30 (3). P. 289–296.
10. Bavoil P., Kaltenboeck B., Greub G. In Chlamydia veritas. *Pathog. Dis.* 2013. Vol. 67. P. 89–90.
11. Borel N., Polkinghorne A., & Pospischil A. A. Review on Chlamydial Diseases in Animals: Still a Challenge for Pathologists? *Veterinary Pathology*. 2018. Vol. 55 (3). P. 374–390.
12. Everett K. D. Chlamydia and Chlamydiales: more than meets the eye. *Vet. Microbiol.* 2000. Vol. 75 (2). P. 109–126.
13. Everett K. D. E., Bush R. M., Andersen A. A. Emended description of the order Chlamydiales, proposal of Parachlamydiaceae fam. nov. and Simkaniaceae fam. nov., each containing one monotypic genus, revised taxonomy of the family Chlamydiaceae, including a new genus and five new species, and standards for the identification of organisms. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1999. Vol. 49 (2). P. 415–440.
14. Horn M. Phylum XXIV. Chlamydiae Garrity and Holt 2001. Berthys Bacteriology, 2nd edn (Krieg NR Staley JT Brown DR Hedlund BP Paster BJ Ward NL Ludwig W Whitman WB eds). Springer. New York. 2011. 843 p.
15. Kalayoglu M. V., Byrne G. I. The genus Chlamydia – medical. The prokaryotes, in: Falkow, S. (Ed.), Proteobacteria: Delta, Epsilon Subclass, vol. 7, Springer. New York. NY, 2006. 741–754 pp.
16. Nunes A., Gomes J. P. Evolution, phylogeny, and molecular epidemiology of Chlamydia. *Infect. Genet.* 2014. Vol. 23. P. 49–64.
17. Page L. A. Proposal for the recognition of two species in the genus Chlamydia. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1968. Vol. 18. P. 51–66.
18. Page L. A. Revision of the family Chlamydiaceae Rickettsiales: Unification of the Psittacosis-Lymphogranuloma venereum-Trachoma group of organisms in the genus Chlamydia Jones, Rahe and Stearns 1945. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1966. Vol. 16. P. 223–252.
19. Radhey S. Gupta., Naushad S., Chokshi C., Griffiths., Mobolaji. A. A phylogenomic and molecular markers based analysis of the phylum Chlamydia: proposal to divide the class Chlamydia into two orders, Chlamydiales and Parachlamydiales ord. nov., and emended description of the class Chlamydia Antonie van Leeuwenhoek. 2015. Vol. 108. P. 765.
20. Sachse K., Bavoil P. M., Kaltenboeck B., et al. Emendation of the family Chlamydiaceae: proposal of a single genus, Chlamydia, to include all currently recognized species. *Syst. Appl. Microbiol.* 2015. Vol. 38 (2). P. 99–103.
21. Schachter J., Stephens R. S., Timms P., Kuo C., Bavoil P. M., Birkelund S., Boman J., Caldwell H., Campbell L. A., Chernesky M., Christiansen G., Clarke I. N., Gaydos C., Grayston J. T., Hackstadt T., Hsia R., Kaltenboeck B., Leinonen M., Ojcius D., McClarty G., Orfila J., Peeling R., Puolakkainen M., Quinn T. C., Rank R. G., Raulston J., Ridgeway G. L., Saikku P., Stamm W. E., Taylor-Robinson D. T., Wang S. P., Wyrick P. B. Radical changes to chlamydial taxonomy are not necessary just yet. In: *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2001. Vol. 51 (249). P. 243–251.
22. Stephens R. S., Myers G., Eppinger M., Bavoil P. M. Divergence without difference: phylogenetics and taxonomy of Chlamydia resolved. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* 2009. Vol. 55. P. 115–119.

23. Storz J., Page L. A. Taxonomy of the *Chlamydiae*: reasons for classifying organisms of the genus *Chlamydia*, family *Chlamydiaceae*, in a separate order, *Chlamydiales* ord. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1971. Vol. 21. P. 332–334.

24. Taylor-Brown A., Polkinghorne A. New and emerging chlamydial infections of creatures great and small. *New Microbes and New Infections.* 2017. Vol. 18. P. 28–33.

25. Taylor-Brown A., Spang L., Borel N., Polkinghorne A. Culture-independent metagenomics

supports discovery of uncultivable bacteria within the genus *Chlamydia*. *Sci Rep.* 2017. Vol. 7 (1).10661.

26. Taylor-Brown A., Vaughan L., Greub G., Timms P., Polkinghorne A. Twenty years of research into *Chlamydia*-like organisms: a revolution in our understanding of the biology and pathogenicity of members of the phylum *Chlamydiae*. *Pathog Dis* 2015. Vol. 73. P. 1–15.

REFERENCES

1. Gerasimova, N. M., Kungurov, N. V., Bazhin, Ju. A. (2001). Novaja klassifikacija hlamidij i ejo znachenie dlja praktiki [The new chlamydia classification, importance for practice] *Infekcii peredajushhiesja polovym putjom, 1, pp. 14–18* [In Russian].

2. Granitov, V. M. (2000). Hlamidiozy [Chlamydia] *Medicinskaja kniga*. Nyzhnij Novgorod: Izd-vo NGMA [In Russian].

3. Ksonz, I. M., Skrypnyk, V. H., Nekhoroshykh, Z. M., Zahrebelnyi, V. O., Mezhenkyi, A. O., Nevolko, O. M., Mezhenka, N. A. (2014). *Zoonozni khlamidiozy : monohrafiia [Zoonotic Chlamydia: monograph]*. Derzh. NDI z laborator. diahnostryky ta vet.-sanitar. ekspertyzy. Kyiv: DNDILDVSE [In Ukrainian].

4. Lobzin, Ju. V., Ljashenko, Ju. I., Poznjak, A. L. (2003). *Hlamidijnye infekcii [Chlamydial infections]*. St. Petersburg: OOO «Izdatel'stvo FOLIANT» [In Russian].

5. Nehoroshih, Z. N. (2005). Sovremennaja taksonomija porjadka Chlamydiales [Modern taxonomy of order Chlamydiales]. *Metodi odeszhannja chistih kul'tur mikroorganizmiv ta ih dovgostrovkovogo zberigannja v kolekcijah, 4, pp. 18–26* [In Russian].

6. Orljankin, B. G. (2006). Sovremennaja klassifikacija hlamidij [Modern Chlamydia Classification]. *Veterinarija, 1, pp. 23–26* [In Russian].

7. Yejdel'shtejn, I. A. (1999). Fundamental'nye izmenenija v klassifikacii hlamidij i rodstvennyh im mikroorganizmov porjadka Chlamydiales [Fundamental changes in the classification of *Chlamydia* and *Chlamydia*-related microorganisms of the order *Chlamydiales*]. *Klinich. mikrobiol. i antimikrob. Himioterapija, 1, vol. 1, pp. 5–11* [In Russian].

8. Abdelrahman, Y. M., Belland, R. J. (2005). The chlamydial developmental cycle. *FEMS Microbiol. Rev, 29:9, pp. 49–59* [In English].

9. Ammerdorffer, A., Stojanov, M., Greub, G., Baud, D. (2017). *Chlamydia trachomatis* and chla-

mydia-like bacteria: new enemies of human pregnancies. *Curr. Opin. Infect. Di., 30 (3), pp. 289–296* [In English].

10. Bavoil, P., Kaltenboeck, B., Greub, G. (2013). In *Chlamydia veritas. Pathog. Dis, 67, pp. 89–90* [In English].

11. Borel, N., Polkinghorne, A., & Pospischil, A. A. (2018). Review on Chlamydial Diseases in Animals: Still a Challenge for Pathologists? *Veterinary Pathology, 55(3), pp. 374–390* [In English].

12. Everett, K. D. (2000). *Chlamydia and Chlamydiales: more than meets the eye. Vet. Microbiol, 75 (2), pp. 109–126* [In English].

13. Everett, K. D. E., Bush, R. M., Andersen, A. A. (1999). Emended description of the order *Chlamydiales*, proposal of *Parachlamydiaceae* fam. nov. and *Simkaniaceae* fam. nov., each containing one monotypic genus, revised taxonomy of the family *Chlamydiaceae*, including a new genus and five new species, and standards for the identification of organisms. *Int. J. Syst. Bacteriol, 49 (2), pp. 415–440* [In English].

14. Horn, M. (2011). *Phylum XXIV. Chlamydiae Garrity and Holt 2001. Berthly's Bacteriology, 2nd edn (Krieg NR Staley JT Brown DR Hedlund BP Paster BJ Ward NL Ludwig W Whitman WB eds)*. Springer. New York [In English].

15. Kalayoglu, M. V., Byrne, G. I. (2006). *The genus Chlamydia – medical. The prokaryotes, in: Falkow, S. (Ed.), Proteobacteria: Delta, Epsilon Subclass, vol. 7*. Springer. New York, NY [In English].

16. Nunes, A., Gomes, J. P. (2014). Evolution, phylogeny, and molecular epidemiology of *Chlamydia*. *Infect. Genet, 23, pp. 49–64* [In English].

17. Page, L. A. (1968). Proposal for the recognition of two species in the genus *Chlamydia*. *Int. J. Syst. Bacteriol, 18, pp. 51–66* [In English].

18. Page, L. A. (1966). Revision of the family *Chlamydiaceae* Rake (Rickettsiales): Unification of the Psittacosis-Lymphogranuloma venereum-Trachoma group of organisms in the genus *Chlamydia* Jones, Rahe and Stearns 1945. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 16, pp. 223–252 [In English].
19. Radhey, S. Gupta., Naushad, S., Chokshi, C., Griffiths, E., Mobolaji, A. (2015). A phylogenomic and molecular markers based analysis of the phylum *Chlamydiae*: proposal to divide the class *Chlamydia* into two orders, *Chlamydiales* and *Parachlamydiales* ord. nov., and emended description of the class *Chlamydia* *Antonie van Leeuwenhoek*, 108, pp. 765 [In English].
20. Sachse, K., Bavoil, P. M., Kaltenboeck, B., et al. (2015). Emendation of the family *Chlamydiaceae*: proposal of a single genus, *Chlamydia*, to include all currently recognized species. *Syst Appl Microbiol*, 38 (2), pp. 99–103 [In English].
21. Schachter, J., Stephens, R. S., Timms, P., Kuo, C., Bavoil, P. M., Birkelund, S., Boman, J., Caldwell, H., Campbell, L. A., Chernesky, M., Christiansen, G., Clarke, I. N., Gaydos, C., Grayston, J. T., Hackstadt, T., Hsia, R., Kaltenboeck, B., Leinonen, M., Ojcius, D., McClarty, G., Orfila, J., Peeling, R., Puolakkainen, M., Quinn, T. C., Rank, R. G., Raulston, J., Ridgeway, G. L., Saikku, P., Stamm, W. E., Taylor-
Robinson, D. T., Wang, S. P., Wyrick, P. B. (2001). Radical changes to chlamydial taxonomy are not necessary just yet. In: *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*, 51 (249), pp. 243–251 [In English].
22. Stephens, R. S., Myers, G., Eppinger, M., Bavoil, P. M. (2009). Divergence without difference: phylogenetics and taxonomy of *Chlamydia* resolved. *FEMS Immunol. Med. Microbiol*, 55, pp. 115–119 [In English].
23. Storz, J., Page, L. A. (1971). Taxonomy of the *Chlamydiae*: reasons for classifying organisms of the genus *Chlamydia*, family *Chlamydiaceae*, in a separate order, *Chlamydiales* ord. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 21, pp. 332–334 [In English].
24. Taylor-Brown, A., Polkinghorne, A. (2017). New and emerging chlamydial infections of creatures great and small. *New Microbes and New Infections*, 18, pp. 28–33 [In English].
25. Taylor-Brown, A., Spang, L., Borel, N., Polkinghorne, A. (2017). Culture-independent metagenomics supports discovery of uncultivable bacteria within the genus *Chlamydia*. *Sci Rep*, 7 (1), p. 10661 [In English].
26. Taylor-Brown, A., Vaughan, L., Greub, G., Timms, P., Polkinghorne, A. (2015). Twenty years of research into *Chlamydia*-like organisms: a revolution in our understanding of the biology and pathogenicity of members of the phylum *Chlamydiae*. *Pathog. Dis*, 73, pp. 1–15 [In English].

Зезекало В. К., Передера С. Б., Щербакова Н. С. Обновление таксономической классификации микроорганизмов порядка *Chlamydiales*

Цель статьи дать актуальную на сегодняшний день таксономическую классификацию порядка *Chlamydiales* и предоставить детальное пояснение терминов: «*Chlamydia-related bacteria (CRB)*» (хламидие-родственные бактерии,) «*Chlamydia-like organisms (CLO)*» (хламидие-подобные организмы), «*environmental chlamydiae*» (экологические хламидии, хламидии окружающей среды).

Методика исследования. Использованы следующие методы исследования: системный анализ доступных научных источников, исторический метод (для изучения возникновения, формирования и развития таксономии хламидийных видов в хронологической последовательности), эмпирический метод (для комплексной оценки современного состояния объекта исследования), абстрактно-логический (для уточнения сущности основных понятий) и графическое отображение данных.

Результаты исследования. В результате развития молекулярной биологии за последние 15 лет классификация хламидий существенно изменилась и имеет тенденцию к дальнейшему совершенствованию. Эта обзорная статья направлена на обобщение исторического опыта и наиболее существенных изменений в таксономии порядка *Chlamydiales* за последние годы. Совершенствование современной классификации бактерий порядка *Chlamydiales* является неизбежным последствием накопления знаний в отношении новых представителей этой группы микроорганизмов.

На сегодняшний день в порядок *Chlamydiales* входят 9 семейств: *Chlamydiaceae*, *Waddliaceae*, *Parachlamydiaceae*, *Criblamydiaceae*, *Simkaniaceae*, *Candidatus Clavochlamydiaceae*, *Candidatus Rhabdochlamydiaceae*, *Candidatus Piscichlamydia*, *Candidatus Parilichlamydiaceae*, четыре из них находятся в статусе кандидатов. К семейству *Chlamydiaceae* и роду *Chlamydia* теперь принадлежат 14 видов бактерий (*Chlamydia abortus*, *Chlamydia avium*, *Chlamydia caviae*, *Chlamydia felis*, *Chlamydia gallinacea*, *Chlamydia muridarum*, *Chlamydia pecorum*, *Chlamydia pneumoniae*, *Chlamydia psittaci*, *Chlamydia*

suis, *Chlamydia trachomatis*, *Candidatus Chlamydia ibidis*, *Candidatus Chlamydia sanzina*, *Candidatus Chlamydia corallus*), три из них находятся в статусе кандидатов.

Семейства: *Waddliaceae*, *Parachlamydiaceae*, *Criblamydiaceae*, *Simkaniaceae*, *Ca. Clavochlamydiaceae*, *Ca. Rhabdochlamydiaceae*, *Ca. Piscichlamydia*, *Ca. Parilichlamydiaceae* с их многочисленными представителями называют хламидие-родственными бактериями или хламидие-подобными организмами через их генетическую и фенотипическую схожесть и филогенетическую обособленность от семейства *Chlamydiaceae*.

Элементы научной новизны. В данной статье представлена актуальная на сегодняшний день таксономическая классификация порядка *Chlamydiales* и предоставлено детальное разъяснение терминов: «*Chlamydia-related bacteria (CRB)*» (хламидие-подобные бактерии), «*Chlamydia-like organisms (CLO)*» (хламидие-подобные организмы), «*environmental chlamydiae*» (экологические хламидии, хламидии окружающей среды).

Практическая значимость. Предоставленная информация может быть использована в научных исследованиях, внедрена в учебный процесс при подготовке специалистов в области ветеринарной медицины, а также использоваться практикующими врачами ветеринарной медицины с целью улучшения лечения и профилактики хламидиозов животных и человека.

Ключевые слова: хламидиозы животных, таксономия, классификация, хламидии-образные организмы, хламидии-родственные бактерии, зоонозы, патогенность, инфекция.

Зезекало Виктория Константиновна – ассистент кафедры инфекционной патологии, гигиены, санитарии и биобезопасности, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина, e-mail: v.zezekalo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1430-813X.

Передера Сергей Борисович – кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры инфекционной патологии, гигиены, санитарии и биобезопасности, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина, e-mail: 13peredera@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6363-878X.

Щербакowa Наталия Сергеевна – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Полтавская государственная аграрная академия, ул. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина, e-mail: peredera@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3573-7673.

Zezehalo V. K., Peredera S. B., Shcherbakova N. S. The renovation of the taxonomic classification of the Order Chlamydiales microorganisms

The purpose of the article is to provide the currently relevant taxonomic classification of the Order *Chlamydiales*, and give a detailed explanation of the terms: “*Chlamydia-related bacteria (CRB)*”, “*Chlamydia-like organisms (CLO)*”, “*Environmental chlamydiae*” (ecological chlamydiae).

Research methods. The following research methods were used: system analysis of the available scientific sources, historical method (to study the origin, formation and development of the taxonomy of chlamydia species in chronological order), empirical method (concerning the complex assessment of the current state of the research object), abstract-logical – to clarify the essence of the basic notions and graphical reflection of the data.

The results of the study. As a result of molecular biology development during the recent 15 years, the classification of chlamydia has undergone significant changes and has the tendency to further improvement. This review article is aimed at summarizing the historical experience and the most important changes in the taxonomy of the Order *Chlamydiales* in recent years. The complication of the modern classification of the Order *Chlamydiales* bacteria is the inevitable consequence of accumulating knowledge about the new representatives of this group of microorganisms. Consequently at present there are 9 families in the Order *Chlamydiales*: *Chlamydiaceae*, *Waddliaceae*, *Parachlamydiaceae*, *Criblamydiaceae*, *Simkaniaceae*, *Candidatus Clavochlamydiaceae*, *Candidatus Rhabdochlamydiaceae*, *Candidatus Piscichlamydia*, *Candidatus Parilichlamydiaceae*, four of them are in the status of candidates. Currently, 14 species of bacteria belong to the family *Chlamydiaceae*, the genus *Chlamydia* (*Chlamydia abortus*, *Chlamydia avium*, *Chlamydia caviae*, *Chlamydia felis*, *Chlamydia gallinacea*, *Chlamydia muridarum*, *Chlamydia pecorum*, *Chlamydia pneumoniae*, *Chlamydia psittaci*, *Chlamydia suis*, *Chlamydia trachomatis*, *Candidatus Chlamydia ibidis*, *Candidatus Chlamydia sanzina*, *Candidatus Chlamydia corallus*), three of which are the candidates. Such families as: *Waddliaceae*, *Parachlamydiaceae*, *Criblamydiaceae*, *Simkaniaceae*, *Ca. Clavochlamydiaceae*, *Ca. Rhabdo-*

chlamydiaceae, Ca. Piscichlamydia, Ca. Parilichlamydiaceae with their numerous representatives are called Chlamydia-related bacteria, or Chlamydia-like organisms, due to their genetic and phenotypic similarity, and phylogenetic isolation from the Chlamydiaceae family.

The elements of scientific novelty. *The currently relevant taxonomic classification of Chlamydiales is presented in the article and also given a detailed explanation of the terms: "Chlamydia-related bacteria (CRB)", "Chlamydia-like organisms (CLO)", "Environmental chlamydiae".*

Practical significance. *The provided information can be used in scientific research, introduced into the educational process for training specialists of veterinary medicine, and also be used by practicing veterinary doctors in order to improve the treatment and prevention of animals and human chlamydioses.*

Key words: *Animal chlamydioses, taxonomy, classification, Chlamydia-like organisms, Chlamydia-related bacteria, zoonoses, pathogenicity, infection.*

Zezehalo Viktoriia Kostiantynivna – Assistant Professor of the Department of Infectious Pathology, Hygiene, Sanitation and Biosafety, Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody st., Poltava, 36003, Ukraine, e-mail: v.zezekalo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1430-813X.

Peredera Serhii Borysovykh – Candidate (PhD) of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Infectious Pathology, Hygiene, Sanitation and Biosafety, Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody st., Poltava, 36003, Ukraine, e-mail: 13peredera@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6363-878X.

Shcherbakova Nataliia Serhiivna – Candidate (PhD) of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expert Examination, Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody st., Poltava, 36003, Ukraine, e-mail: peredera@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3573-7673.

Стаття надійшла до редакції 19.02.2019 р.

Бібліографічний опис для цитування :

Зежекало В. С., Передера С. Б., Щербакова Н. С. Оновлення таксономічної класифікації мікроорганізмів порядку *Chlamydiales*. Вісник ПДАА. 2019. № 1. С. 207–215.

DOI 10.31210/visnyk2019.01.24

© Зежекало Вікторія Костянтинівна, Передера Сергій Борисович, Щербакова Наталія Сергіївна, 2019