

1. ПРОБЛЕМИ БІОБЕЗПЕКИ ТА БІОЗАХИСТУ. ЕМЕРДЖЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ

УДК 619:616.98-036.22:578.82/.83:579.843.95:636.4

DOI [10.36016/VM-2021-107-1](https://doi.org/10.36016/VM-2021-107-1)

КОНЦЕПЦІЯ «КОРМОВОГО ЛАНЦЮГА» ЦИРКОВІРУС- БАКТЕРІЙНИХ ІНФЕКЦІЙ У СВИНАРСТВІ

Бузун А. І., Кольчик О. В.

Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», Харків, Україна, e-mail: epibuz@ukr.net

Музика В. П.

Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів і кормових добавок, Львів, Україна

Северин Р. В., Гонтарь А. М., Гринченко Д. М., Войтенко Р. В.

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Отримані експериментально-епізоотологічні дані вказують на суттєвий ризик виникнення цирковірус-асоційованих синдромокомплексів від присутності у зерні ячменю пастерел і пастерелоподібних бактерій ($OR = 3,48; 2,21 < OR < 5,50; p \leq 0,01$ при $n = 633$) і критичне значення цих бактерій для клінічної маніфестації цих синдромокомплексів у свиногосподарствах України, неблагополучних одночасно по ЦВС-2 і ХА ($OR = 35,45; 18,12 < OR < 69,35; p \leq 0,001$ при $n = 433$). Таким чином, зерно ячменю, вирощеного на кормових угіддях «здобрих» свинячим гноєм, є фактором передачі принаймні пастерел у епізоотичному ланцюгу проліферативно-некротичної пневмонії та комплексу респіраторних хвороб свиней, а отже формують «кормовий ланцюг» цих і інших інфекцій, етіологічно залежних від ЦВС-2. Обговорюються перспективи подальшого розвитку концепції «кормового ланцюга» цирковірус-асоційованих інфекцій у свинарстві

Ключові слова: вірус хвороби Ауєскі, пастерели, ячмінь

В ЄС концентрація свинокомплексів досягла критичної межі. Бельгія на своїй території, як одна область України, утримує 6 млн свиней, Нідерланди на своїй території, як дві області України утримують 12 млн свиней, так само Данія. В Україні на території 24 областей на свинокомплексах утримується 3 млн свиней. Країна з найбільш сприятливими умовами для бізнесу у свинарстві стала аутсайдером у глобальному ринку. Разючою різницею складових цього бізнесу в ЄС і Україні є ставлення його учасників до біобезпеки кормового ланцюга свинарства. У нас фермери утилізують гній (суміш сечі, фекалій і стічних вод) традиційно: просто розкидаючи його на землі як добриво. Це категорично заборонено в ЄС: гній має бути перероблено на компост, зокрема на очисних спорудах: хоч на його транспортування і припадає 60 % витрат на переробку. Лише у 2008 році в ЄС було перероблено понад 930 млн м³ свинячого гною. Процес такої переробки вельми громіздкий, але ЄС та інші країни з успішним свинарством ретельно контролюють і дотують цю складову свинарства **як критично важливу не лише з огляду екології, але й біобезпеки кормового ланцюга** [1, 2].

На самій поверхні цього блоку проблем вітчизняного свинарства лежить використання гною зі свиноферм для удобрення власних кормових угідь. За нашим переконанням, учасники вітчизняного бізнесу дуже легковажають базовим принципом використання «органіки» лише після її повного знезараження за певними технологіями компостування [3]. До чого це призводить, ми вирішили дослідити на прикладі вірусно-бактерійного забруднення кормового ячменю, як однієї з критично важливих кормових культур для вирощування поросят — найбільш уразливої щодо збереженості технологічної ланки свинарства [4].

Метою досліджень було застосування QMRA-моделювання [5, 6] для вивчення впливу бактерійного забруднення ячменю з власних кормових угідь господарств, ензоотично неблагополучних vs. умовно благополучних, на рушійні сили епізоотичного процесу цирковірус-асоційованих синдромокомплексів — проліферативно-некротизуючої пневмонії (PNP) та комплексу респіраторних хвороб свиней (PRDC). За даними літератури в етіології PNP активну участь приймають актинобацили плевропневмонії свиней та гемофіли, а PRDC, крім ЦВС-2, часто спричиняє вірус хвороби Ауєскі у асоціації з бактеріями родини пастерел [7–10].

Матеріали та методи. Цільовим показником цього циклу досліджень (об'єктом дослідження) був ризик виникнення цирковірус-асоційованих синдромокомплексів PNP та PRDC через циркуляцію збудників ЦВС-2 та ХА (за результатами серологічного скринінгу партій проб сироваток крові), а також за участі пастерел, актинобацил і гемофіл (за результатами баквисівів з партій проб ячменю та патматеріалів). Проби матеріалів для досліджень упродовж 2016–2020 рр. систематично відбиралися зі 17 свиного господарств 9 областей України (табл. 1), у форматі проведення відповідних експертиз (до 30 %) або в рамках навчального процесу ХДЗВА. Усі зазначені свиного господарства мали власні кормові угіддя, на яких, зокрема, вирощували кормовий ячмінь, і які традиційно удобрювали практично свіжим свинячим гноєм (сумішшю сечі, фекалій і стічних вод з буртів поруч зі свинарниками). Ензоотичними щодо ЦВС-2 та/або ХА вважали господарства, відповідна серопозитивність свиногоголів'я (будь-якої технологічно-вікової групи) яких проявлялась упродовж трьох умовних турів опоросу основних свиноматок і супроводжувалася клінічними проявами PNP та/чи PRDS у групах дорощування поросят та відгодівлі відповідно.

Таблиця 1 — Розподіл проб, відібраних у 17 свиного господарствах 9 областей України в період 2016–2020 рр. для серологічного та бактеріологічного моніторингу по когортах/стратах (по областях, видах проб, видах досліджень)

№ когорт	Область (кількість господарств)	Доставлено проб (n = 1 070 у 302 партіях зі 17 свиного господарств) для дослідження на такі інфекції					
		Сироватки крові (n = 237 у 63 партіях)		Патматеріал і носовий слиз (n = 196 у 37 партіях) / зерно ячменю (n = 637 у 202 партіях)			
		ХА	ЦВС-2	АПП	ПСС	<i>P. multocida</i>	<i>P. (Mannheimia) haemolytica</i>
1	Харківська (n = 2)	25	25	21/29	21/29	23/63	23/63
2	Сумська (n = 3)	33	33	28/73	28/73	28/100	28/100
3	Херсонська (n = 2)	21	20	24/63	22/63	24/76	24/76
4	Полтавська (n = 3)	27	25	32/86	32/86	32/116	32/116
5	Вінницька (n = 2)	18	18	27/82	27/82	27/116	27/116
6	Тернопільська (n = 1)	7	7	9/49	9/49	9/63	9/63
7	Київська (n = 1)	9	9	13/27	13/27	13/31	13/31
8	Дніпропетровська (n = 2)	82	82	31/22	31/22	31/30	31/30
9	Черкаська (n = 1)	15	15	9/35	9/35	9/42	9/42
	Усього	237	234	194/496	192/496	196/637	196/637

Вірусологічні, серологічні та бактеріологічні дослідження проводили згідно відповідних СОП, з дотриманням норм біобезпеки на рівні BSL-2 за умов лабораторії вивчення хвороб свиней ННЦ «ІЕКВМ», з використанням відповідних референтних матеріалів. було досліджено 196 проб патологічного і клінічного матеріалів (зразки легень, лімфовузлів і селезінок, носових квачів) і 237 проб сироваток крові у складі 63 та 37 партій зразків біоматеріалу відповідно. Паралельно, у тих же господарствах, упродовж 4 років також дослідили 637 проб зерна кормового ячменю (по 70–120 г зерна кожна проба) у 37 партіях зразків, відібраних з бурту/годівниці методом «конверту». Через можливу присутність у пробах зерна мікробних біоплівків, їхні екстракти досліджували у розведенні 1:30–1:50 [11].

Отримані дані лабораторних досліджень зазначених партій проб з ензоотично неблагополучних та умовно-благополучних (без клінічного прояву) щодо PNP-PRDC аналізували методом факторного аналізу (Cohort study) з використанням пакету епідеміологічних програм

Epi Info™ v. 7 (CDC, USA, <https://www.cdc.gov/epiinfo/index.html>). Масив даних з експертизи патматеріалів було використано для створення аналітичної матриці «2x2» за № 1, а з експертизи проб ячменю — матриці № 2 (рис. 1).

матриця 1 свиногосподарства серо (+) і серо (-)		Серопозитивність на ХА-ЦВС	
		Є (+)	Немає (-)
Пастерели та Пастерелопо- дібні бактерії у баквисівах клінічного патматеріалів	Є (+)	n_1	n_2
	Немає (-)	n_3	n_4

матриця 2 ензоотичні свиногосподарства (+) благополучні (-)		Ензоотичність ХА-ЦВС (3 тури і більше)	
		Є (+)	Немає (-)
Пастерели та Пастерелоподібні бактерії у баквисівах корму	Є (+)	n_1	n_2
	Немає (-)	n_3	n_4

Рис. 1. Аналітичні матриці «2x2» для епіданалізу ризиків загострення цільової ситуації від циркуляції збудників ЦВС-2 та ХА (матриця 1) та від бакзабруднення партій ячменю бактеріями родини пастерел (матриця 2).

При цьому позитивним проявом ризику за визначенням матриці № 1 була серопозитивність партій проб на ЦВС-2 і/чи ХА, тоді як за відсутністю ризику групували партії проб/свиногосподарства, серонегативні щодо ХА та/чи ЦВС-2 і ХА. У матриці № 2 позитивним проявом ризику визначали показник ензоотичності ЦВС і ХА (тобто виявлення в одному й тому ж свиногосподарстві партій проб, серопозитивних щодо ЦВС-2 та/чи ХА впродовж трьох і більше турів опоросів поспіль); за відсутністю ризику групували партії проб/свиногосподарства, що три тури опоросів поспіль були серонегативними щодо ХА та/чи ЦВС-2 і ХА. Призначенням матриці № 1 для чинної публікації є вивчення за індексами ризику OR та RR корелятивної залежності серопозитивності промислового стада свиней щодо ХА та/чи ЦВС-2, як збудників PNP та/чи PRDS. Призначенням матриці № 2 для чинної публікації є вивчення впливу за індексами ризику OR та RR бакзабруднення проб зерна кормового ячменю пастерелами двох видів (*P. multocida*, *P. (Mannheimia) haemolytica*) на ензоотичність обстежуваних свиногосподарств щодо PNP та/чи PRDS (циркуляцію збудників ЦВС-2 та/чи ХА одночасно з клінічними та патоморфологічними проявами цих синдромокомплексів).

Результати досліджень. У період 2016–2020 рр. синдромокомплекс PNP та/або PRDC час-від-часу клінічно проявлялися у всіх 17 обстежених свиногосподарствах — від спорадичних (переважно у весняно-літній період) до хвиль ензоотичних проявів (майже виключно восени–на початку зими), як типові факторні хвороби. У 4 областях (5 свиногосподарств Тернопільської, Київської, Дніпровської та Черкаської областей) масової захворюваності на синдромокомплекс PNP та/або PRDC у цей період не зареєстровано, хоч весь цей час в екстрактах зерна ячменю були присутні пастерели, актинобацили та гемофіли (рис. 2а), у зразках патматеріалу і сироваток крові (рис. 2б) періодично виявляли відповідно ті самі бактерії і антитіла проти ЦВС-2 (але не проти збудника ХА!). Одночасно у 12 свиногосподарствах 5 областей (Харківської, Сумської, Херсонської, Полтавської та Вінницької) синдромокомплекс PNP та/або PRDC клінічно проявлялися постійно на рівні середньорічної морбідності відповідно до 40 % в групах дорощування і до 30 % у відгодівельних групах і летальністю — до 10 % та до 3 % відповідно. Характерно, що у партіях проб крові свиноголові'я цих 12 господарств не менше двох раз на рік реєструвалася серопозитивність не лише на ЦВС-2, але й на вірус ХА (переважно після хвиль масового захворювання на PNP та/або PRDC).

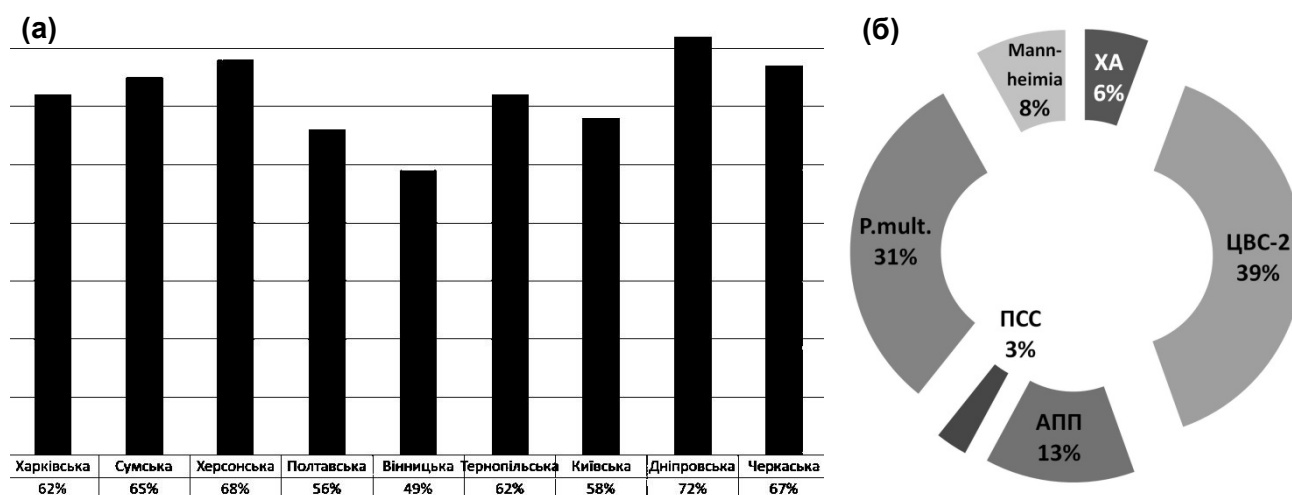


Рис. 2. Результати вивчення (а) мікробного забруднення кормового зерна ячменю в обстежуваних господарствах (за часткою партій зерна, досліджених на забруднення бактерійною складовою синдромокомплексів PNP та PRDC у розведенні 1:30–1:50) та етіологічної структури синдромокомплексів PNP та PRDC у свиногоголів'я цих господарств (б). Усереднені дані по всім 17 господарствам за період 2016–2020 рр.

Більш докладний аналіз епізоотичної ситуації в обстежуваних господарствах узагальнено в табл. 2.

Таблиця 2 — Звітні дані лабораторних досліджень проб сироваток крові (n = 237) та патологічного матеріалу (n = 196) методами серомоніторингу та бактеріологічного аналізу відповідно у період 2016–2020 рр.

№ страт	Область	Позитивні результати лабораторних досліджень на такі інфекції					
		Серомоніторинг (n = 63 партії проб)		Баканаліз проб клінічного та патологічного матеріалів (n = 37 партій проб)			
		ХА	ЦВС-2	АПП	ПСС	<i>P. multocida</i>	<i>P. (Mannheimia) haemolytica</i>
1	Харківська	7	21	11	4	19	1
2	Сумська	7	22	13	3	22	2
3	Херсонська	6	17	12	3	18	2
4	Полтавська	9	19	11	3	23	1
5	Вінницька	5	14	18	1	17	1
6	Тернопільська	0	5	0	0	9	5
7	Київська	0	7	0	0	12	9
8	Дніпропетровська	0	74	0	0	19	9
9	Черкаська	0	9	0	0	11	9
	Усього	34	188	65	14	150	39
	Частка, %	14	96	33	7	77	20

За результатами серомоніторингу впродовж трьох турів опоросів поспіль неблагополучними по ЦВС-2 та ХА є обидва обстежуваних свиного господарства Харківської області в період 2016–2020 років включно (21 і 7 з 25 доставлених партій проб відповідно). У Сумській області — два з трьох обстежених свиного господарств (22 та 7 доставлених партій проб відповідно); у Херсонській — одне з двох господарств (17 і 6 партій проб відповідно); у Полтавській — два з трьох господарств (19 і 9 партій проб відповідно); у Вінницькій — обидва обстежені господарства (14 і 5 серопозитивних партій проб відповідно). У той же час обстежувані в період 2016–2020 рр. свиного господарства Тернопільської (n = 1), Київської (n = 1), Дніпропетровської (n = 2) та Черкаської (n = 1) областей були неблагополучними лише щодо ЦВС-2. На відміну від неблагополучних щодо ХА свиного господарств, у баквисівах проб клінічного та патологічного матеріалів збудників актинобацильозу та хвороби Глесера/полісерозиту у

період 2016–2020 рр. не було виявлено. Проте пастерели *P. multocida* висівалися з проб клінічного й патологічного матеріалів 70–100 % партій з усіх господарств. Цікаво, що пастерели *P. (Mannheimia) haemolytica* значно частіше висівалися з проб патологічного матеріалу господарств, неблагополучних щодо ХА (55–100 % партій проб, тоді як усереднений показник по цій страті становив 20 %).

Ризик-аналіз виникнення PNP та/або PRDC за участі збудників цирковірусної інфекції свиней та/чи хвороби Ауескі у асоціації з пастерелами та пастерелоподібними бактеріями за даними з неблагополучних і благополучних щодо ХА свиного господарств (n = 433) провели з використанням програмного продукту Epi Info™ v. 7 (матриця № 1, див. Матеріали і методи). За отриманими на рівні вірогідності $p \leq 0.001$ результатами обчислень показують високий рівень ризиків клінічного прояву PNP та/або PRDC у неблагополучних щодо ХА свиного господарствах (рис. 3а) від присутності пастерел, актинобацил та гемофіл як за індексом OR (OR = 35,45; $18,12 < OR < 69,35$), так і за індексом RR (RR = 6,79; $4,42 < RR < 10,42$).

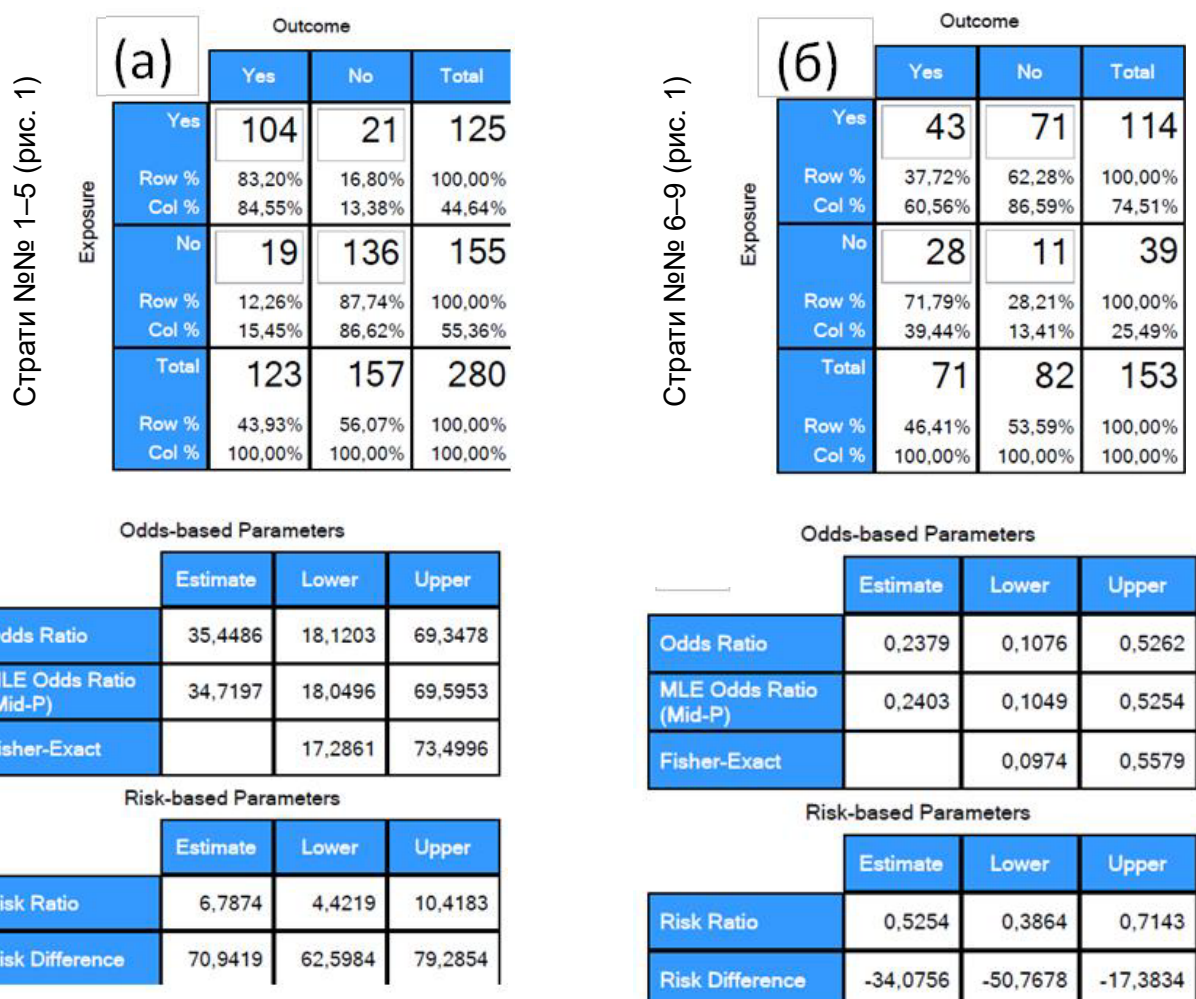


Рис. 3. Ризик-аналіз виникнення PNP та/або PRDC за участі збудників хвороби Ауескі та цирковірусної інфекції свиней у асоціації з пастерелами, актинобацилами та гемофілами за даними з неблагополучних (а) та благополучних (б) щодо ХА свиного господарств (n = 433) (програмний продукт Epi Info™ v. 7, CDC, USA).

На рис. 4 узагальнено результати моніторингу бакзабруднення зерна кормового ячменю, вирощеного у період 2015–2019 рр. в обстежуваних свиного господарствах з використанням свиного гною як добрива.

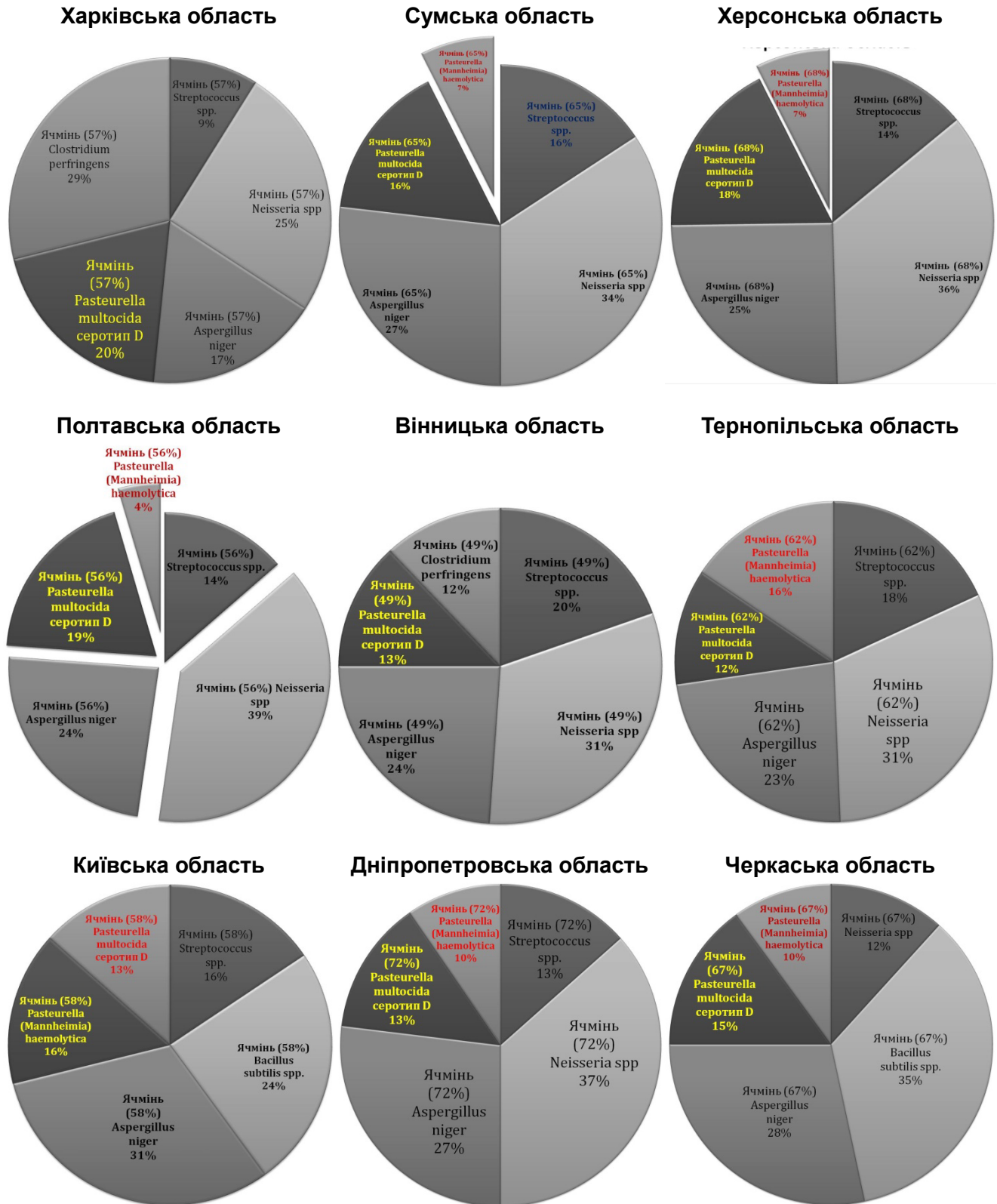


Рис. 4. Географічний розподіл небезпечних для свинарства мікроорганізмів, які траплялися в ячмені неблагополучних щодо ХА-ЦВС-2 товарних свиногосподарств, вирощеному у 2015–2019 рр. на власних кормових угіддях.

Від 49 % (в обох господарствах Вінницької області) до 72 % (в обох господарствах Дніпропетровської області) проб зерна ячменю, екстракти яких висівали в розведенні 1:30–1:50, у період 2016–2020 рр. містили полімікробні біоплівки зі вмістом небезпечних для свиней інфекційних агентів. У складі баквисівів цієї мікрофлори зареєстровано наступні мікробні агенти:

— гриби *Aspergillus niger* (від 17 до 31 % партій проб, усі господарства у зимово-весняний період);

— збудник анаеробної ентеротоксемії *Clostridium perfringens* (лише у Харківській та Вінницькій областях, авірулентні для мишей ізоляти, на рівні 29 і 12 % партій проб відповідно) та сапрофітні спороутворюючі анаеробні бактерії *Bacillus subtilis* (лише у господарствах Київської та Черкаської областей — у 24 і 35 % партій проб відповідно);

— кокова мікрофлора роду *Neisseria* (від 25 до 39 % партій проб, усі господарства, за виключенням Київської області) та роду *Streptococcus* (від 9 до 20 % партій проб, усі господарства, за виключенням Черкаської області);

— пастерели *P. multocida* виділяли з екстрактів проб зерна з усіх свиногосподарств (від 12 до 20 % партій проб); пастерели *P. (Mannheimia) haemolytica* у зерні ячменю з господарств Харківської і Вінницької областей не виявлено; в екстрактах проб з решти областей вони виявлялися на рівні 4–7 % партій проб зерна з неблагополучних щодо ЦВС-2 та ХА свиногосподарств і на рівні 10–16 % партій проб у свиногосподарствах, благополучних щодо ХА.

Ризик-аналіз виникнення PNP та/або PRDC через контамінацію зерна ячменю мікробними біоплівками з включенням пастерел, актинобацил і гемофіл за даними баквисівів проб зерна з неблагополучних і благополучних щодо ЦВС-2 та ХА свиногосподарств (n = 633 проби 202 партій; 4 проби були непридатними для дослідження через перемішування між собою під час транспортування) провели з використанням програмного продукту Epi Info™ v. 7 (матриця № 2, див. Матеріали та методи). За отриманими результатами обчислень з вірогідністю $p \leq 0,01$ встановлено суттєвий рівень ризиків виникнення PNP та/або PRDC у неблагополучних щодо ЦВС-2 та ХА свиногосподарствах (рис. 5а) від присутності у зерні ячменю пастерел, актинобацил і гемофіл як за індексом OR ($OR = 3,48; 2,21 < OR < 5,50$), так і за індексом RR ($RR = 1,74; 1,38 < RR < 2,20$).

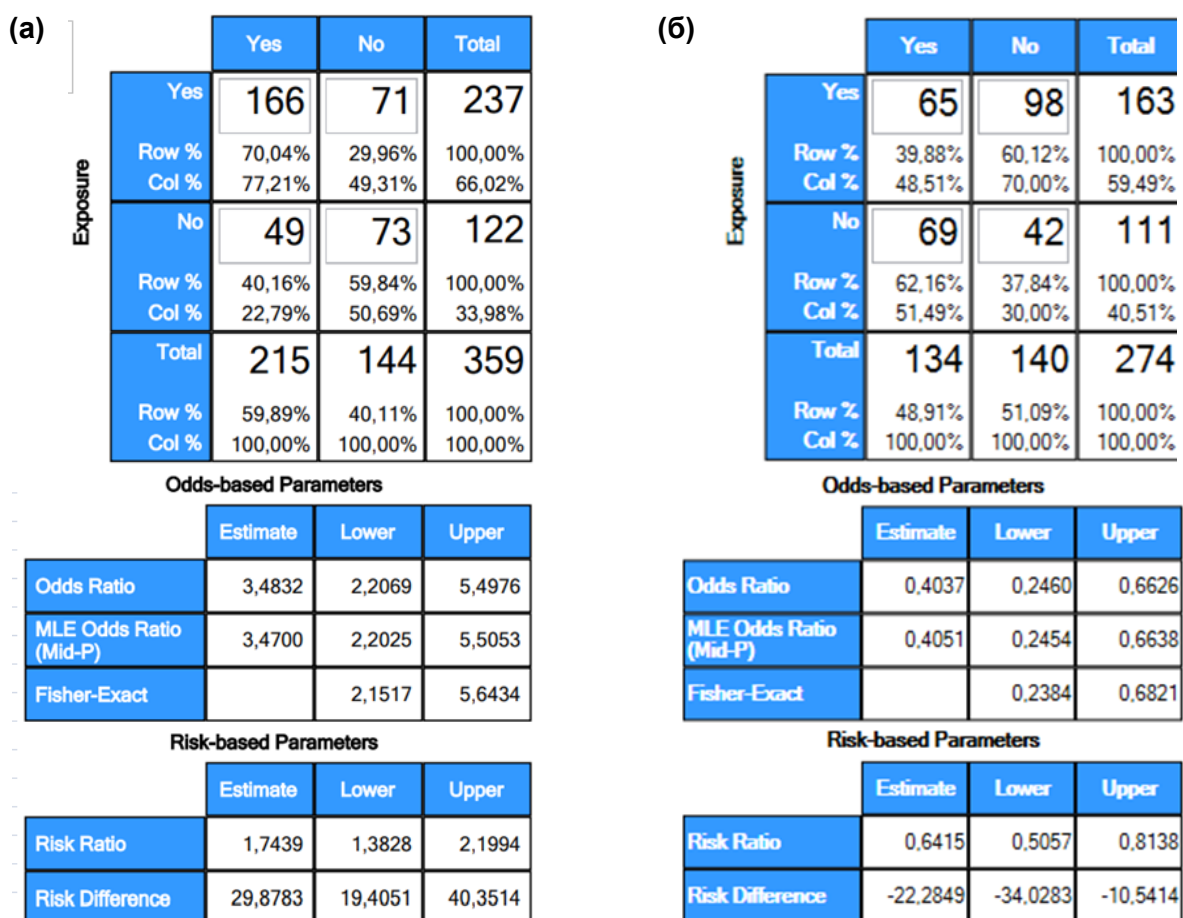


Рис. 5. Статистичний аналіз ризиків виникнення цирковірус-асоційованих інфекцій свиней (включно з ХА) з пастерелами, актинобацилами та гемофілами в зерні кормового ячменю з власних угідь за даними з неблагополучних (а) та благополучних (б) щодо ЦВС-2 та ХА свиногосподарств (n = 633 проби у 202 партіях). Програмний продукт Epi Info™ v. 7 (CDC, USA).

Обговорення та висновки. Провідну роль в етіології пневмоентеритів тварин відіграють полімікробні вірус-бактеріальні асоціації [12–14]. Серед них у промисловому свинарстві превалюють цирковірус-асоційовані захворювання [15, 16]. На сьогодні все популярнішою стає філогенетична концепція що цирковіруси свиней та інших видів ссавців (включно з мавпами), птиці та риб [17–21] походять від рослинних цирко- та гермінівірусів, які між собою активно гібридизуються та вектором яких є комахи певних видів [22–28]. Яскравим підтвердженням важливої ролі цирковірусів в еволюції рослин є присутність у їхньому геномі регуляторів трансляції рослинних білків, виявлених і запатентованих ще у 1996 році командою американських та австралійських учених [29]. Вірогідно завдяки саме цьому цирковіруси водних рослин і тварин мають критичний вплив на структуру та функції водних харчових мереж Світового океану [30]. Сучасна ситуація з цирковірозами у свинарстві та виявлення цирковірусів у зростаючому колі різних видів тварин-носіїв є наглядним свідченням того, що ці агенти набувають усе більшого значення як регулятори епізоотичного процесу.

Установлено, що вже на початку 1970-х цирковірус почав адаптуватися до організму свиней: тоді його виявили як контамінанта перещеплюваної лінії клітин свині РК-15 [31]. У 1980-х роках його поширення у свинарстві з 1940-х років (за результатами аналізу архівних зразків крові свиней і диких кабанів) розглядали як цікавий суто науковий феномен («невинну гру Природи»), адже весь цей період спостерігався високий рівень серопозитивності без будь-якої шкоди для свинарства США, Канади та Великої Британії [32–36]. Проте, уже з середини 1990-х років, спочатку французькі, а потім американські дослідники довели етіологічну роль асоційованих інфекцій цирковірусу свиней у низці синдромокомплексів, що вже зараз завдають колосальних збитків світовому свинарству [37–39].

Отже, засновуючись на літературних та отриманих нами експериментально-епізоотологічних даних, не буде великим перебільшенням припустити, що цирковіруси у складі мікробних асоціацій (можливо й мікробних біоплівки), беруть активну участь у формуванні «кормового ланцюга» епізоотичного процесу репродуктивно-неонатальних інфекцій у промисловому свинарстві. Отримані нами дані досліджень кормового ячменю з високою ймовірністю вказують на те, що згаданий «кормовий ланцюг» через удобрення кормових угідь гноєм зі свиноферм замикається в ензоотичний цикл репродуктивно-неонатальних інфекцій свиней, які в промисловому свинарстві клінічно проявляються як типові факторні хвороби: спорадичними репродуктивними розладами в маточному стаді та масовими пневмоентеритами на молочних поросятах та/або підсвинках групи дорощування.

Отже отримані нами дані вказують на суттєвий ризик виникнення цирковірус-асоційованих синдромокомплексів від присутності у зерні ячменю пастерел, актинобацил і гемофіл ($OR = 3,48; 2,21 < OR < 5,50; p \leq 0,01$ за $n = 633$) і критичне значення цих бактерій для клінічної маніфестації цих синдромокомплексів у свиногосподарствах України, неблагополучних одночасно по ЦВС-2 і ХА ($OR = 35,45; 18,12 < OR < 69,35; p \leq 0,001$ за $n = 433$). Таким чином, зерно ячменю, вирощеного на кормових угіддях, «здобрених» свинячим гноєм, є фактором передачі принаймні пастерел у епізоотичному ланцюгу PNP та PRDC, а отже формують «кормовий ланцюг» репродуктивно-натальних інфекцій, етіологічно залежних від ЦВС-2 на критичному рівні.

Для подальшого розвитку концепції кормового ланцюга РНІС важливо прийняти до уваги наведені вище численні наукові дані про високу рекомбінантну активність цирковірусів свиней і рослин. З огляду розроблюваної нами концепції питання репродукції цирковірусу свиней в тканинах кормових рослин постає як вельми нагальне і є критичним для вдосконалення біобезпеки вітчизняного свинарства.

Список літератури

1. Dee S. A., Bauermann F. V., Niederwerder M. C., Singrey A., Clement T., de Lima M., Long C., Patterson G., Sheahan M. A., Stoian A. M. M., Petrovan V., Jones C. K., De Jong J., Ji J., Spronk G. D., Minion L., Christopher-Hennings J., Zimmerman J. J., Rowland R. R. R., Nelson E., Sundberg P., Diel D. G. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models. *PLoS One*. 2018. Vol. 13, iss. 3. P. e0194509. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194509>.
2. New Zealand Government. Biosecurity (Meat and Food Waste for Pigs) Regulations 2005 (SR 2005/150). Wellington, 7 June 2005. URL: <https://www.legislation.govt.nz/regulation/public/2005/0150/latest/096be8ed81296cad.pdf>.

3. European Council. Council directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). *Official Journal of the European Union*. 1991. Vol. L 375. P. 1–8. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/676/oj>.
4. Zijstra R., Beltranena E. Barley in swine diets. In: McAllister T., Meale S., eds. *Barley Grain Feed Industry Guide*. Calgary : Alberta Barley, 2015. P. 22–24. URL: [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/lr14779/\\$FILE/barleyfeedguide-swinediets.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/lr14779/$FILE/barleyfeedguide-swinediets.pdf).
5. Schijven J., Derx J., de Roda Husman A. M., Blaschke A. P., Farnleitner A. H. QMRACatch: microbial quality simulation of water resources including infection risk assessment. *Journal of Environmental Quality*. 2015. Vol. 44, iss. 5. P. 1491–1502. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0048>.
6. Demeter K., Derx J., Komma J., Parajka J., Schijven J., Sommer R., Cervero-Aragó S., Lindner G., Zoufal-Hruza C. M., Linke R., Savio D., Ixenmaier S. K., Kirschner A. K. T., Kromp H., Blaschke A. P., Farnleitner A. H. Modelling the interplay of future changes and wastewater management measures on the microbiological river water quality considering safe drinking water production. *The Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 768. P. 144278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144278>.
7. Segalés J. Porcine circovirus type 2 (PCV2) infections: clinical signs, pathology and laboratory diagnosis. *Virus Research*. 2012. Vol. 164, iss. 1–2. P. 10–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.10.007>.
8. Ребенко Г. І. Етіологія та епізоотологія інфекційних хвороб респіраторного тракту свиней (огляд літератури). *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Ветеринарна медицина*. 2014. Вип. 1. С. 114–121. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_vet_2014_1_34.
9. Ситюк М. П., Байдалюк В. А., Ничик С. А., Розумнюк А. В., Галка І. В., Шапошник В. М., Фурда І. Л. Цирковірусні інфекції. Київ : Аграрна наука, 2017. 128 с. ISBN: 9789665404576.
10. Yu X., Sun Q., Ku X., He D., Li Z., Ghonaim A. H., Fan S., He Q. The epidemiological investigation of co-infection of major respiratory bacteria with pseudorabies virus in intensive pig farms in China. *Veterinary Medicine and Science*. 2021. Vol. 7, iss. 1. P. 175–183. DOI: <https://doi.org/10.1002/vms3.289>.
11. Kolchuk O. V., Buzun A. I., Paliy A. P., Nalivayko L. I., Chekan O. M., Grebenik N. P., Bondarenko I. V., Rebenko H. I., Kushnir V. Yu., Todorov N. I. Biofilms of pathogenic bacteria in pig industry. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, iss. 4. P. 202–209. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_189.
12. Неволько О. М., Ситюк М. П. Результати серологічних моніторингових досліджень щодо цирковірусної інфекції серед свійських свиней на території України за період 2010–2014 рр. Науковий вісник ветеринарної медицини : зб. наук. праць. 2013. Вип. 12. С. 40–45. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvvm_2013_12_0.
13. Ситюк М. П. Показники рівня постінфекційних нейтралізуючих антитіл проти цирковірусу свиней другого типу у сироватках крові диких свиней. *Ветеринарна медицина : міжвід. темат. наук. зб.* 2014. Вип. 98. С. 68–71. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vetmed_2014_98_19.
14. Прохорятова О. В., Корнейков О. М., Кольчик О. В., Ісаков М. М. Визначення основних причин поширення інфекційних пневмоентеритів великої рогатої худоби в сучасних умовах. *Ветеринарна медицина : міжвід. темат. наук. зб.* 2017. Вип. 103. С. 209–213. URL: http://www.jvm.kharkov.ua/sbornik/103/3_47.pdf.
15. López-Soria S., Maldonado J., Riera P., Nofrarías M., Espinal A., Valero O., Blanchard P., Jestin A., Casal J., Domingo M., Artigas C., Segalés J. Selected swine viral pathogens in indoor pigs in Spain. Seroprevalence and farm-level characteristics. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2010. Vol. 57, iss. 3. P. 171–179. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01135.x>.
16. Chen N., Huang Y., Ye M., Li S., Xiao Y., Cui B., Zhu J. Co-infection status of classical swine fever virus (CSFV), porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) and porcine circoviruses (PCV2 and PCV3) in eight regions of China from 2016 to 2018. *Infection, Genetics and Evolution*. 2019. Vol. 68. P. 127–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2018.12.011>.
17. Allan G. M., Ellis J. A. Porcine circoviruses: a review. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2000. Vol. 12, iss. 1. P. 3–14. DOI: <https://doi.org/10.1177/104063870001200102>.
18. Banda A., Galloway-Haskins R. I., Sandhu T. S., Schat K. A. Genetic analysis of a duck circovirus detected in commercial Pekin ducks in New York. *Avian Diseases*. 2007. Vol. 51, iss. 1. P. 90–95. DOI: [https://doi.org/10.1637/0005-2086\(2007\)051\[0090:GAOADC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1637/0005-2086(2007)051[0090:GAOADC]2.0.CO;2).
19. Blinkova O., Victoria J., Li Y., Keele B. F., Sanz C., Ndjanga J. B., Peeters M., Travis D., Lonsdorf E. V., Wilson M. L., Pusey A. E., Hahn B. H., Delwart E. L. Novel circular DNA viruses in stool samples of wild-living chimpanzees. *The Journal of General Virology*. 2010. Vol. 91, iss. 1. P. 74–86. DOI: <https://doi.org/10.1099/vir.0.015446-0>.
20. Lőrincz M., Cságola A., Farkas S. L., Székely C., Tuboly T. First detection and analysis of a fish circovirus. *The Journal of General Virology*. 2011. Vol. 92, iss. 8. P. 1817–1821. DOI: <https://doi.org/10.1099/vir.0.031344-0>.
21. Todd D. Circoviruses: immunosuppressive threats to avian species: a review. *Avian Pathology*. 2000. Vol. 29, iss. 5. P. 373–394. DOI: <https://doi.org/10.1080/030794500750047126>.
22. Kim K. S., Fulton R. W. Ultrastructure of *Datura stramonium* infected with a Euphorbia virus suggestive of a whitefly-transmitted virus. *Phytopathology*. 1984. Vol. 74, iss. 2. P. 236–241. DOI: <https://doi.org/10.1094/Phyto-74-236>.
23. Rojas M. R., Hagen C., Lucas W. J., Gilbertson R. L. Exploiting chinks in the plant's armor: evolution and emergence of geminiviruses. *Annual Review of Phytopathology*. 2005. Vol. 43. P. 361–394. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.135939>.
24. Briddon R. W., Patil B. L., Bagewadi B., Nawaz-ul-Rehman M. S., Fauquet C. M. Distinct evolutionary histories of the DNA-A and DNA-B components of bipartite begomoviruses. *BMC Evolutionary Biology*. 2010. Vol. 10. P. 97. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-97>.
25. Rosario K., Marinov M., Stainton D., Kraberger S., Wiltshire E. J., Collings D. A., Walters M., Martin D. P., Breitbart M., Varsani A. Dragonfly cyclovirus, a novel single-stranded DNA virus discovered in dragonflies

- (Odonata: Anisoptera). *The Journal of General Virology*. 2011. Vol. 92, iss. 6. P. 1302–1308. DOI: <https://doi.org/10.1099/vir.0.030338-0>.
26. Tiendrébéogo F., Lefeuvre P., Hoareau M., Harimalala M. A., De Bruyn A., Villemot J., Traoré V. S., Konaté G., Traoré A. S., Barro N., Reynaud B., Traoré O., Lett J. M. Evolution of African cassava mosaic virus by recombination between bipartite and monopartite begomoviruses. *Virology Journal*. 2012. Vol. 9. P. 67. DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-422X-9-67>.
 27. Padilla-Rodriguez M. Detection of single-stranded DNA viruses in insects and wild vegetation : thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the University Honors Program. Saint Petersburg : University of South Florida, 2012. 22 pp. URL: <https://digitalcommons.usf.edu/honorsthesis/113>.
 28. Jestin A., Clement G., eds, Proceedings of the symposium on ssDNA viruses of plants, birds, pigs and primates (Saint-Malo, France, 24–27 September 2001). Ploufragan : Zoo Pole, 2001. 147 pp.
 29. Boevink P. Ch. Surin B. P., Keese P. K., Chu P. W. G., Waterhouse P. M., Khan R. I., Larkin Ph. J., Taylor W. C., Marshall J. S. Plant transcription regulators from circovirus : patent WO1996006932A1 WIPO. International application No. PCT/AU1995/000552 ; international filing date 30.08.95 ; publication date 07.03.96. 121 pp. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO1996006932>.
 30. Wilhelm S. W., Suttle C. A. Viruses and nutrient cycles in the sea: viruses play critical roles in the structure and function of aquatic food webs. *BioScience*. 1999. Vol. 49, iss. 10. P. 781–788. DOI: <https://doi.org/10.2307/1313569>.
 31. Tischer I., Rasch R., Tochtermann G. Characterization of papovavirus-and picornavirus-like particles in permanent pig kidney cell lines. *Zentralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Erste Abteilung Originale. Reihe A: Medizinische Mikrobiologie und Parasitologie*. 1974. Bd. 226, Hf. 2. S. 153–167. PMID: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4151202>.
 32. Tischer I., Gelderblom H., Vettermann W., Koch M. A. A very small porcine virus with circular single-stranded DNA. *Nature*. 1982. Vol. 295, iss. 5844. P. 64–66. DOI: <https://doi.org/10.1038/295064a0>.
 33. Tischer I., Miels W., Wolff D., Vagt M., Griem W. Studies on epidemiology and pathogenicity of porcine circovirus. *Archives of Virology*. 1986. Vol. 91, iss. 3–4. P. 271–276. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01314286>.
 34. Tischer I., Peters D., Rasch R., Pociuli S. Replication of porcine circovirus: induction by glucosamine and cell cycle dependence. *Archives of Virology*. 1987. Vol. 96, iss. 1–2. P. 39–57. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01310989>.
 35. Dulac G. C., Afshar A. Porcine circovirus antigens in PK-15 cell line (ATCC CCL-33) and evidence of antibodies to circovirus in Canadian pigs. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 1989. Vol. 53, iss. 4. P. 431–433. PMID: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC125571>.
 36. Edwards S., Sands J. J. Evidence of circovirus infection in British pigs. *The Veterinary Record*. 1994. Vol. 134, iss. 26. P. 680–681. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.134.26.680>.
 37. LeCann P., Albina E., Madec F., Cariolet R., Jestin A. Piglet wasting disease. *The Veterinary Record*. 1997. Vol. 141, iss. 25. P. 660. PMID: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9466392>.
 38. Ellis J., Hassard L., Clark E., Harding J., Allan G., Willson P., Strokappe J., Martin K., McNeilly F., Meehan B., Todd D., Haines D. Isolation of circovirus from lesions of pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome. *The Canadian Veterinary Journal*. 1998. Vol. 39, iss. 1. P. 44–51. PMID: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1539838>.
 39. Segalés J., Allan G. M., Domingo M. Porcine circovirus diseases. *Animal Health Research Reviews*. 2005. Vol. 6, iss. 2. P. 119–142. DOI: <https://doi.org/10.1079/ahr2005106>.

CONCEPTION OF THE “FEED’S CHAIN” FOR PORCINE CIRCOVIRUS-BACTERIAL INFECTIONS IN PIGGERY

Buzun A. I., Kolchyk O. V.

National Scientific Center “Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine”, Kharkiv, Ukraine

Muzyka V. P.

State Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Lviv, Ukraine

Severyn R. V., Gontar A. M., Hrynchenko D. M., Voitenko R. V.

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

The obtained experimental-analytical data indicate a significant risk of occurrence of circovirus-associated syndrome complexes proliferative necrotic pneumonia and a complex of respiratory diseases of pigs (PNP and PRDC) from the presence of Pasteurella and Pasteurellaceae bacteria in barley grain (OR = 3.48; 2.21 < OR < 5.50; p ≤ 0.01 at n = 633) and the critical importance of these bacteria for the clinical manifestation of these syndromes in pig farms of Ukraine, which are seropositive both for PCV-2 and AD (OR = 35.45; 18.12 < OR < 69.35; p ≤ 0.001 at n = 433). Thus, barley grain grown on forage lands “fertilized” with pig manure is a factor in the transmission of at least pasteurellae in the epizootic chains of PNP and PRDC, and thus form a “feed chain” of PCV-2. Prospects for further development of the concept of the food chain of circovirus-associated infections in pig breeding are discussed

Keywords: *Aujeszky disease virus, pasteurellae, barley*