

8. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Москва, 1986. 156 с.

9. Підпала Т.В., Ясевін С.Є., Дровняк О.В. Інтенсивне вирощування ремонтного молодняку молочної худоби. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2011. № 11 (51). С. 117–120.

УДК 631.333.92:631.22.018

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.23>

ДИНАМІКА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПІДСТИЛКОВОГО ГНОЮ У ПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ СВИНИНИ

Вербельчук Т.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри технологій виробництва продукції тваринництва,

Поліський національний університет

Ковальова С.П. – к.с.-г.н., старший дослідник,

завідувач лабораторії екологічної безпеки земель, довкілля та якості продукції,

Житомирська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»

Вербельчук С.П. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри технологій переробки та якості продукції тваринництва,

Поліський національний університет

Кобернюк В.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри розведення, генетики тварин та біотехнології,

Поліський національний університет

У статті представлено результати дослідження безпідстилкового рідкого свинячого гною. Проведено лабораторні дослідження зразків безпідстилкового гною. Відібрані на території свинокомплексу ТОВ «ДФУ АГРО» зразки показали, що динаміка вмісту азоту, фосфору, калію за роками свідчить про відсутність вірогідної різниці між цими показниками. Так, протягом дослідження органічне добриво містило 0,18–0,20% загального азоту, 0,10–0,13% загального фосфору, 0,08–0,10% загального калію. Азот у складі гною переважно представлений аміачною і нітратними формами, які добре засвоюються рослинами в перший рік після внесення у ґрунт. Решта (білковий азот) засвоюється рослинами пізніше протягом мінералізації. Фосфор у складі гною знаходиться в органічній формі, яка добре мінералізується та засвоюється рослинами. Калій представлений лише розчинною формою, що дозволяє рослинам швидко його засвоювати.

Вміст сухої речовини зразків гною за роками дослідження знаходився на рівні 5,20–6,90%, що перевищує технологію (гній розбавляють водою задля кращого перекачування в ємкості для зберігання). Кислотність рідкого свинячого гною варіювала в межах від 6,89 до 7,68 од. приладу рН. Установлено, що з 2019 року вона має лужне середовище та передусім добре підходить для внесення на кислих дерново-підзолистих ґрунтах. Масова частка золи за роками дослідження знаходилася в межах від 1,22 до 2,29%. У разі зміни раціону годівлі свиней у 2020 році відбувається збільшення масової частки золи у зразках.

За вмістом важких металів та мікроелементів у динаміці також відсутня вірогідна різниця. Проте у зразках 2020 року вміст солей важких металів, концентрація мікроелементів, кислотність та масова частка золи показували децю вищі значення.

За результатами дослідження встановлено, що за всіма якісними показниками свинячий гній відповідає агрономічним вимогам щодо якості добрив задля використання в органічному виробництві, крім вмісту сухої речовини, яка в 1,2–1,5 рази нижче встановленого нормативу.

Отримані результати потребують подальших поглиблених наукових досліджень щодо виявлення порушень екологічної рівноваги в зоні впливу сучасних свинокомплексів після внесення цих добрив.

Ключові слова: безпідстилковий гній, поживні речовини, мікроелементи, важкі метали, свинокомплекс, добрива, вміст, концентрація.

Verbelchuk T.V., Kovalova S.P., Verbelchuk S.P., Koberniuk V.V. Dynamics of quality indicators of litter-free manure in industrial pork production

The article presents the results of research on litter-free liquid pig manure. Laboratory studies of litter-free manure samples taken on the territory of the pig farm of DFU AGRO LLC showed that the dynamics of nitrogen, phosphorus and potassium content over the years indicates the absence of a probable difference between these indicators. Thus, during the research, the organic fertilizer contained 0.18–0.20% of total nitrogen, 0.10–0.13% of total phosphorus, and 0.08–0.10% of total potassium. Nitrogen in manure is mainly represented by ammonia and nitrate forms, which are well absorbed by plants in the first year after application to the soil. The rest (protein nitrogen) is absorbed by plants later as mineralization. Phosphorus in manure is in organic form, which is well subject to mineralization and is also well absorbed by plants. Potassium is present only in soluble form, which allows rapid assimilation by plants.

The dry matter content of manure samples according to the years of research was at the level of 5.20–6.90%, which is provided by the technology (manure is diluted with water for better pumping in the storage tank). The acidity of liquid pig manure ranged from 6.89 to 7.68 units pH device. It is established that from 2019 it has an alkaline environment, which in turn is well suited for application on acidic sod-podzolic soils. The mass fraction of ash in the years of research ranged from 1.22 to 2.29%. After changing the diet of pigs in 2020, there is an increase in the mass fraction of ash in the samples.

There is also no significant difference in the dynamics of heavy metals and trace elements in the dynamics. However, in the 2020 samples, the content of heavy metal salts, the concentration of trace elements, acidity and mass fraction of ash were slightly higher.

The results of research show that in all qualitative indicators pig manure meets the agronomic requirements for the quality of fertilizers for use in organic production, except for the dry matter content, which is 1.2–1.5 times lower than the established standard.

The obtained results require further in-depth scientific research to identify violations of ecological balance in the area of influence of modern pig farms after the application of these fertilizers.

Key words: litter-free manure, nutrients, microelements, heavy metals, pig complex, fertilizers, content, concentration.

Постановка проблеми. Стійкий розвиток тваринництва як складник національного господарського комплексу держави спирається на широке використання інноваційних технологій виробництва, заснованих на використанні сучасних порід і видів сільськогосподарських тварин. Свині з високим потенціалом генетичної продуктивності, стійкі до хвороб, чутливі до стресу ефективно використовують корми та легко адаптуються до промислового виробництва продукції [3, с. 4; 15, с. 75].

Під час виробництва продукції особливе значення надається не тільки дотриманню нормативних актів та гігієнічних вимог [4], правил оптимізації умов утримання [5], годівлі [14], догляду та експлуатації тварин і птиці, охороні здоров'я та збереження худоби, але й захисту навколишнього середовища від забруднення тваринними відходами [6; 7].

Висока продуктивність свиней обумовлена їхньою повноцінною годівлею, за якої на утворення продукції в організмі використовується лише до 25% валової енергії кормів, решта (75%) використовується непродуктивно. Зокрема, 50–80% азоту, 60–80% фосфору, 80–90% калію, до 90% кальцію, до 60% неперетравлених речовин та інших компонентів потрапляють у відходи гною. Тому гній є ефективним органічним добривом, що містить необхідні для рослин мінеральні елементи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні свинокомплекси, розміщені на сільських селітебних територіях, унаслідок низки економічних і соціальних

причин порушують екологічну рівновагу цих місцевостей, тому що є потужними джерелами негативного впливу не тільки на ґрунт і ґрунтові води, а й на атмосферу. Одним із шляхів часткової рециклізації органічних відходів є використання їх задля підтримки родючості ґрунтів [11, с. 70].

Це пов'язано з розташуванням промислових свинокомплексів у районах із різними ґрунтовими, кліматичними та господарськими умовами, різнобічним ступенем інтенсифікації сільського господарства та тваринництва, наявністю або відсутністю достатньої кількості землі поблизу виробництва, спроможною використати вироблені відходи. Ці обставини призвели до створення в зоні дії свинокомплексів різних систем обробітку гною. При цьому обмежена земельна площа тваринницьких комплексів і невідповідність перевезень гною на далекі відстані часто викликають необхідність застосування на прилеглих до господарства сільгоспугіддях надвисоких доз безпідстилкового гною. Тривале внесення останніх веде до забруднення ґрунтового профілю і підземних вод нітратами, сполуками фосфору з іншими речовинами в небезпечних концентраціях [10; 16]. У разі потрапляння у природні води азоту та фосфору відбувається розвиток водоростей і планктону [17]. Встановлено, що безпідстилковий гній негативно впливає на навколишнє середовище [12].

Безпідстилковий гній представлений сумішшю тваринних рідких і твердих виділень, що містять домішки кормів та води. Система та спосіб утримання тварин впливає на фізичні властивості отриманого гною, зокрема на його вологість. Вміст води в безпідстилковому гної залежить від технології його виділення, котра буває напіврідкою (вміст сухої речовини понад 8%), рідкою (від 3 до 8% сухих речовин) та з гнойовими стоками (сухих речовин 3%) [8].

Згідно з класифікацією безпідстилкових органічних добрив їх відносять до гнойових стоків, що характеризуються високим вмістом вологи, низьким вмістом елементів живлення та органіки, проте в еквівалентних дозах за рівнем засвоєваності рослинами вони відповідають мінеральним добривам. Але слабо вивченим є питання якісних показників органічних добрив у цілому, в тому числі й безпідстилкового рідкого гною свиней.

Постановка завдання. Задля попередження і припинення процесу деградації природних вод і ґрунтових ресурсів без розробки розрахункових оцінок навантаження промисловими тваринницькими підприємствами не обійтися. В основу розрахунків мають бути покладені показники вмісту поживних елементів (особливо азоту й фосфору) у гнойових стоках та інших органічних відходах виробництва, а також коефіцієнти їхнього використання рослинами і трансформації у ґрунті під впливом чинників навколишнього середовища [9]. На думку Lawrence B. Cahoon, Jull A. Mikecki і Michael A. Mallin (1997), в таких розрахунках не можна обійтися і без урахування показників з утримання біогенних елементів у кормах та коефіцієнтів їхнього використання з кормів та кормових добавок організмом тварини [17, 18]. Разом із цим мають розроблятися й активно впроваджуватися технології із вилучення біофільних елементів із тваринницьких стоків на різних етапах механічної та біологічної очистки або технології, що забезпечують зниження їхньої концентрації в очищених водах, що скидаються на рельєф або в поверхневі водні джерела [13]. За твердженням Є. Л. Беденкова: «Майбутні інновації зі зберігання гною, переробки та очищення стічних вод базуватимуться на біотехнологіях» [2].

Отже, сучасні промислові свинокомплекси є найпрогресивнішою формою розвитку тваринництва, основним напрямком яких є збільшення продуктивності тварин із використанням інноваційних технологічних розробок, які водночас

є джерелами забруднення навколишнього середовища. Комплексне використання органічних відходів тваринництва призвело до необхідності поглибити та конкретизувати дослідження щодо їхньої якості з метою безпечного використання.

Мета роботи – дослідити якісні показники безпідстилкового рідкого свинячого гною на свинокомплексі ТОВ «ДФУ АГРО» протягом 2016–2020 років.

Матеріал та методика проведення досліджень. Інформаційною базою дослідження став сучасний свинокомплекс ТОВ «ДФУ АГРО» виробничою потужністю 25 тис. голів, розташований на території с. Грозино Коростенського району Житомирської області. Землекористування ТОВ «ДФУ АГРО» Ходаківської та Сингаївської сільських рад згідно з природно-сільськогосподарським районуванням відноситься до Поліської зони, Поліської правобережної провінції, Центрально-поліського округу, Овруцького (03) природно-сільськогосподарського району, Коростенського адміністративного району Житомирської області.

Загальна територія комплексу займає 16 га; він розміщений на відстані 1000 м від житлових будинків.

Технологією передбачено утримання свиней у період вирощування та відгодівлі на бетонних решітчастих підлогах над гноєнакопичувальними ваннами. Утримання свиней безпідстилке. Розділення на тверду та рідку фракції гною не відбувається, гній періодично відкачується для подальшого зберігання у відстійники-накопичувачі (лагуни). Після цього він за допомогою спеціальних автомобілів вивозиться на поля, де застосовується як добриво для внесення в ґрунт.

Для дослідження відібрані зразки безпідстилкового свинячого гною рідкої консистенції. Зразки гною відбирали по три зразки кожного року весною в період, коли викачували гній із лагуни в автомобілі для подальшого використання.

Лабораторні дослідження з визначення якісних показників свинячого гною проведені в лабораторії Інституту сільського господарства Полісся НААН та в лабораторії екологічної безпеки земель, довкілля та якості продукції Житомирської філії ДУ «Держґрунтохорона».

Усі дослідження виконані згідно з чинними нормативними документами. Загальні форми поживних речовин визначали методом мінералізації наважки добрива із сірчаною кислотою у присутності каталізатора. Кислотність свинячого гною визначали потенціометричним методом. Уміст сухої речовини та масову частку золи визначали ваговим методом. Уміст солей важких металів та концентрацію мікроелементів визначали атомно-абсорбційним методом.

Результати проведення досліджень. До складу свинячого гною входять усі необхідні для розвитку рослин елементи (табл. 1).

Загальний вихід гною залежить від потужності свинокомплексу, зокрема під час виробництва 1 кг свинини утворюється 20 кг гною.

Динаміка вмісту основних елементів живлення в безпідстилковому свинячому гної за роками свідчить про відсутність суттєвої різниці (табл. 2).

Таблиця 1

Хімічний склад безпідстилкового свинячого гною (на відгодівлі зерном), % [за Баранников В.Д., 1985]

Показники	Значення
Суха речовина	10,0
Органічні речовини	7,70
Азот	0,65
Фосфор	0,14
Калій	0,27
Кальцій	0,26
Магній	0,06
Натрій	0,04
pH	6,8

Таблиця 2

Вміст якісних показників свинячого гною, %, $M \pm m$

Вміст сухої речовини	Масова частка золи, %	Кислотність, од. рН	Назва показника					
			у сухій речовині, %			природна вологість, %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2016								
5,90 ± 0,32	1,40 ± 0,08	6,89 ± 0,10	3,04 ± 0,16	2,05 ± 0,13	1,59 ± 0,10	0,18	0,12	0,09
2017								
5,75 ± 0,30	1,22 ± 0,06	7,02 ± 0,12	3,43 ± 0,18	1,66 ± 0,10	1,35 ± 0,09	0,20	0,10	0,08
2018								
6,24 ± 0,44	1,33 ± 0,07	7,18 ± 0,13	3,00 ± 0,19	1,52 ± 0,11	1,26 ± 0,08	0,19	0,10	0,08
2019								
6,90 ± 0,37	1,62 ± 0,08	7,40 ± 0,11	2,84 ± 0,17	1,63 ± 0,09	1,34 ± 0,07	0,20	0,11	0,09
2020								
5,20 ± 0,29	2,29 ± 0,10	7,68 ± 0,10	3,56 ± 0,20	2,44 ± 0,10	1,63 ± 0,10	0,19	0,13	0,10

Це органічне добриво протягом дослідження містило 0,18–0,20% загального азоту, 0,10–0,13% загального фосфору, 0,08–0,10% загального калію. Азот у гною переважно представлений аміачним і нітратними формами, які добре засвоюються рослинами в перший рік після внесення у ґрунт. Решта (білковий азот) засвоюється рослинами пізніше під час мінералізації. Фосфор у гною знаходиться в органічній формі, яка добре піддається мінералізації і добре засвоюється рослинами. Калій представлений лише розчинною формою, що дає змогу швидко засвоюватися рослинами.

Якщо порівнювати досліджений гній із послідом птиці, то рідкий свинячий гній має втричі нижчі показники поживних речовин, що дозволяє вносити його у ґрунт у нормі до 180–200 т/га залежно від забезпеченості. Проте специфіка внесення гнойових стоків має враховувати насамперед їхню текучість та необхідність накопичення значних об'ємів на одиницю площі. Слід зважати, що 170–180 т/га є еквівалентним третині середньорічних місячних опадів. Також варто враховувати, що в розбавлених стоках значна частина азотистих сполук (амонійна форма азоту) здатна мігрувати в атмосферу. Тому задля ефективного використання рідкого гною вносити його необхідно на тих полях, де можливе максимально швидке їх заковування у ґрунт, при цьому річну норму слід розподілити на частини та застосовувати в 2–3 прийоми.

Результати лабораторного дослідження також показали, що вміст сухої речовини зразків гною за роками дослідження знаходився на рівні 5,20–6,90%.

Однак у досліді 2020 року відмічено найнижчий вміст сухої речовини. Це свідчить про те, що свині споживали трохи більше води. Товаровиробник свинини пояснює споживання більшої кількості води свинями температурним режимом у приміщенні. Такий низький вміст сухої речовини в досліджених зразках свинячого гною ще й передбачений технологією (гній розбавляють водою задля кращого перекачування в ємкості для зберігання).

Що стосується кислотності рідкого свинячого гною, то з 2019 року спостерігається більш лужне середовище в ньому, що доречно для внесення на кислих дерново-підзолистих ґрунтах. Кислотність цих добрив варіювала від 6,89 до 7,68 од. приладу рН.

Масова частка золи за роками дослідження знаходилася в межах від 1,22 до 2,29%. Проте простежується збільшення масової частки золи у зразках, відібраних для дослідження в 2020 році, що вказує на певну зміну раціону годівлі свиней.

Рідкий безпідстилковий свинячий гній містить значну кількість мікроелементів (табл. 3).

Таблиця 3

Концентрація мікроелементів у рідкому свинячому гної, мг/кг, $M \pm m$

Вміст хімічних елементів, мг/кг									
Суша речовина					Природна вологість				
Cu	Zn	Co	Mn	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	Fe
2016									
85,2 ± 4,1	201,1 ± 13,8	4,16 ± 0,21	124,6 ± 8,2	151,3 ± 7,5	5,02	11,86	0,25	7,35	8,93
2017									
75,7 ± 2,7	240,3 ± 11,4	3,80 ± 0,20	140,1 ± 9,7	170,0 ± 9,6	4,35	13,82	0,22	8,06	9,77
2018									
92,9 ± 4,7	202,7 ± 10,4	4,51 ± 0,26	111,4 ± 7,8	123,5 ± 6,8	5,80	12,64	0,28	6,95	7,70
2019									
78,6 ± 3,1	210,3 ± 9,6	3,47 ± 0,18	119,8 ± 10,2	146,4 ± 9,1	5,42	14,51	0,24	8,27	10,10
2020									
117,5 ± 7,6	289,8 ± 12,3	5,53 ± 0,25	173,6 ± 11,6	199,3 ± 8,5	6,11	15,07	0,29	9,03	10,36

Вміст марганцю варіював від 6,95 до 9,03 мг/кг; міді – від 4,35 до 6,11 мг/кг; цинку – від 11,86 до 15,07 мг/кг; кобальту – від 0,22 до 0,29 мг/кг; вміст заліза – від 7,70 до 10,36 мг/кг. За результатами лабораторного дослідження встановлено, що концентрація мікроелементів була дещо вищою у зразках гною 2020 року.

Відомо, що всі органічні добрива містять значну кількість важких металів. Проте в Україні відсутні допустимі рівні токсикантів в органічних добривах.

Згідно з одержаними результатами, концентрація ртуті за роками дослідження варіювала у вузьких межах, а саме від 0,0017 до 0,0020 мг/кг (табл. 4).

Таблиця 4

Концентрація важких металів у рідкому свинячому гної, мг/кг, $M \pm m$

Рік проведення досліджень	Вміст важких металів, мг/кг					
	Суша речовина			Природна вологість		
	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg
2016	30,4 ± 2,8	1,08 ± 0,06	0,029 ± 0,006	1,79	0,064	0,0017
2017	32,9 ± 1,9	1,36 ± 0,04	0,032 ± 0,007	1,89	0,078	0,0018
2018	28,9 ± 2,5	1,29 ± 0,07	0,030 ± 0,004	1,80	0,080	0,0019
2019	28,6 ± 1,7	1,19 ± 0,05	0,027 ± 0,006	1,97	0,082	0,0019
2020	39,5 ± 3,3	1,77 ± 0,06	0,039 ± 0,005	2,05	0,092	0,0020

Вміст свинцю знаходився на рівні 1,79–2,05 мг/кг; вміст кадмію – 0,064–0,092 мг/кг. Саме такі концентрації ртуті можна спостерігати у ґрунтах сільськогосподарських угідь Коростенського району. Що стосується таких токсикантів, як свинець та кадмій, то вміст їх у ґрунтах знаходиться в межах 0,88–1,10 мг/кг за свинцем і 0,049–0,073 мг/кг за вмістом кадмію, тоді як у рідкому добриві концентрація цих елементів є трохи вищими.

Найменший вміст важких металів спостерігався у зразках рідкого гною в дослідженні 2016 року, а найвищий – у зразках гною 2020 року.

Таким чином, проведене дослідження показало, що вміст поживних речовин рідкого свинячого гною утримався нижчий за показники курячого посліду, але це добриво відповідає якісним показникам рідкого гною задля використання в органічному виробництві, крім вмісту сухої речовини, який значно нижче встановленого нормативу.

Висновки і пропозиції.

1. Підприємство ТОВ «ДФУ АГРО» має відновлюваний ресурс у вигляді безпідстилкового рідкого свинячого гною, який за якісними показниками відноситься до градації гнойових стоків із вмістом води понад 93% та слабко лужною реакцією.

2. Добриво за всіма якісними показниками відповідає агрономічним вимогам якості добрив задля використання в органічному виробництві, крім вмісту сухої речовини, який у 1,2–1,5 разів нижче встановленого нормативу.

3. Згідно з науково-обґрунтованими розрахунками, в поєднанні з мінеральними добривами за умов коригування ґрунтової кислотності гнойові стоки можна використовувати в якості ефективного компоненту живлення рослин і підвищення родючості ґрунтів.

4. Внесення гнойових стоків рекомендовано проводити в 2–3 етапи відповідно до річних норм у поєднанні з розрахованими нормами мінеральних добрив, що за умов дотримання належних технологій та сприятливих кліматичних факторів дозволить отримати планову врожайність.

5. Із метою дотримання вимог охорони навколишнього середовища й забезпечення правильної утилізації органічних відходів промислового свинарства слід рекомендувати розширення площ задля використання свинячого гною в сільсько-господарському виробництві. Це дозволить знизити питому насиченість стоками і довести дози внесення основних елементів живлення (перш за все азоту) до екологічно безпечних. Однак для попередження фітотоксичності ґрунту щорічне внесення рідкого свинячого гною не повинно перевищувати 200 т/га і може здійснюватися не раніше, ніж за 1 місяць до посіву культур.

6. Отримані результати потребують подальших поглиблених наукових досліджень щодо виявлення порушень екологічної рівноваги в зоні впливу сучасних свинокомплексів після внесення цих добрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баранников В. Д. Охрана окружающей среды в зоне промышленного животноводства. Москва : Россельхозиздат, 1985. 115 с.

2. Беденков Є. Л. Екологічний вплив на довкілля підприємств із виробництва свинини. *Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах*: Матеріали VIII міжнар. наук. конф. Дніпропетровськ : Ліра, 2015. С. 9–10.

3. Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств: монографія / М.О. Захаренко та ін.; НУБіП України. Київ, 2015. 380 с.

4. Вербицький П., Влізло В. Вимоги Європейського Союзу до переробки відходів тваринного походження. *Ветеринарна медицина України*. 2008. № 6. С. 24–26.

5. Вимоги до благополуччя свиней під час їх утримання. Реєстрація: Мін'юст України від 18.02.2021 № 209/35831. Стан: Чинний. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0209-21#Text> (дата звернення: 15.07.2021).

6. ВНТП-АПК-09.06. Відомчі норми технологічного проектування. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною (видання офіційне).

На заміну ВНТП-СГ і П-46-9.94. [Чинний від 2006.01.06]. Київ : Мінагрополітики України, 2006. 100 с.

7. ВНТП-АПК-02.05 Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). На заміну ВНТП-СГП-46-2.95. [Чинний від 2006.01.01]. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2005. 98 с.

8. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : Сік груп Україна, 2018. 560 с.

9. Болтянський Б.В. та ін.. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві : підручник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

10. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение: монография. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1991. 151 с.

11. Кивенко О. М., Ковальова С. П., Вербельчук Т. В. Порушення екологічної рівноваги у зоні техногенного навантаження сучасних свинокомплексів. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. С. 69–76. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-10>

12. Kivenko O. M., Koberniuk V. V., Verbelchuk T. V. Ecological and agrochemical indexes of sod-podzolic soils in the area of technogenic load of modern pig complexes. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2018. Вип. 11. С. 114–118.

13. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня». 2002. 622 с.

14. НАССР у свинарстві: вимоги до утримання, годування та здоров'я свиней. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/369-vprovadjennya-nassr-u-svinarstvi-vimogido-utrimannya-goduvannya-ta-zdorovya-sviney> (дата звернення: 15.07.2021).

15. Попсуй В., Опара В. Генетичні задатки свиней та умови для їхньої реалізації. *Агроексперт*. 2016. № 8 (97). С. 74–76.

16. Самохвалова В.С. Макроелементи рослин за впливу надлишку важких металів у системі ґрунт – рослина. *Вісник Львівського університету. Серія: Біологія*. 2009. Вип. 50. С. 164–176.

17. Colleen N. Brown, Michael A. Mallin, Ai Ning Loh. Tracing nutrient pollution from industrialized animal production in a large coastal watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020. Vol. 192 (8) <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08433-9>

18. Lawrence B. Cahoon, Jill A. Mikucki and Michael A. Mallin. Nitrogen and Phosphorus Imports to the Cape Fear and Neuse River Basins To Support Intensive Livestock Production. *Environmental Science & Technology*. 1999. Vol. 33. No 3. P. 410–415. URL: <https://doi.org/10.1021/es9805371>