

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

УДК 636.4.03:[612.017.11+612.11/.12]:004.9

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-456-468>

Поступила в редакцию 18.01.2018

Received 18.01.2018

С. В. Соляник¹, А. А. Хоченков¹, Н. Б. Зайцева², М. В. Пестис³

¹Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь

²Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелецкого, Минск, Беларусь

³Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь

МЕТОДИКА ЗООГИГИЕНИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА ПЕРВООПОРОСКОВ ПО УРОВНЮ ПРОДУКТИВНОСТИ СВИНОМАТОК И ПОЛУЧЕННЫХ ОТ НИХ ПОРОСЯТ-СОСУНОВ

Аннотация: В настоящее время одним из научно-прикладных направлений развития сельскохозяйственной отрасли науки является ее цифровизация. Однако практическое решение данной задачи сдерживается отсутствием достаточного статистического материала для математического наполнения компьютерных программ прогнозирования продуктивности свиней по показателям, характеризующих обменные процессы в их организме. Цель работы – разработать методику компьютерно-зооигиенического прогнозирования морфологических, гематологических и иммунологических показателей организма первоопоросков по уровню продуктивности свиноматок и полученных от них поросят-сосунов. В статье представлена методология, базирующаяся на криволинейных и нелинейных математических взаимозависимостях гематологических показателей свинок-первоопоросков и их продуктивности, что позволяет моделировать течение обменных процессов в организме свиней во взаимосвязи с конкретным уровнем их продуктивности. Определения механизма формирования продуктивности свиней основывается не на анализе проб крови от нескольких подопытных животных, как это было на протяжении более полувека, а на всех свиньях, участвовавших в эксперименте, т.е. десятки и сотни животных, продуктивность которых подтверждается данными первичного зоотехнического учета. Достоверность различий иммунологических, морфологических и биохимических параметров крови свиней достигается за счет средневзвешенной оценки уровня продуктивности и связанных с ними гематологическими показателями, которые составляют основу обменных процессов подопытных животных. Таким образом, использование компьютерной программы при проведении зоотехнических и зооигиенических исследований в свиноводстве, где имеются первичные данные по уровню продуктивности подопытных животных, позволяет без отбора проб крови и без проведения морфологических, биохимических и иммунологических анализов осуществить моделирование того или иного механизма формирования конкретных численных значений продуктивности свиней, в частности, многоплодия свинок-первоопоросков, среднесуточного прироста поросят-сосунов и их сохранности в первые три недели жизни.

Ключевые слова: свинки-первоопороски, поросята-сосуны, продуктивность, гематологический профиль, естественная резистентность, компьютерно-математическое моделирование, компьютерно-зооигиеническое прогнозирование, свиноводство

Для цитирования: Методика зооигиенического прогнозирования значений гематологических параметров и естественной резистентности организма первоопоросков по уровню продуктивности свиноматок и полученных от них поросят-сосунов / С. В. Соляник, А. А. Хоченков, Н. Б. Зайцева, М. В. Пестис // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 4. – С. 456–468. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-456-468>

S. V. Solyanik¹, A. A. Khochenkov¹, N. B. Zaytseva², M. V. Pestis³¹The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Belarus²The Institute of Experimental Veterinary n.a. S.N. Vyshel'sky, Minsk, Belarus³Grodno State Agrarian University, Grodno, Belarus**METHOD FOR ZOOLOGY-AND-HYGIENIC PREDICTION OF VALUES OF HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND NATURAL RESISTANCE OF THE FIRST LITTER GILTS' BODY ACCORDING TO THE PERFORMANCE LEVEL OF SOWS AND SUCKLING PIGLETS OBTAINED FROM THEM**

Abstract: One of research and applied areas of development of the agricultural branch of science is its digitization nowadays. However, the practical solution of this problem is constrained by the lack of sufficient statistical material for the mathematical provisioning of computer programs for predicting productivity of pigs according to indicators characterizing metabolic processes in their bodies. The aim of the work is to develop a computer zoology-and-hygienic method for predicting the morphological, hematological and immunological parameters of the first litter gilts body according to the level of performance of sows and suckling pigs obtained from them. The paper presents the technique based on curvilinear and nonlinear mathematical interdependencies of hematological indices of the first litter gilts and their performance, which allows to simulate metabolic processes in the body of pigs in correlation with a specific level of their performance. Determining the mechanism of pig productivity formation is not based on the analysis of blood samples from several experimental animals, as it used to be for more than half a century, but from all the pigs taking part in the experiment, i.e. tens and hundreds of animals performance confirmed by the data of the primary zoology engineering registration. Reliability of differences in immunological, morphological and biochemical parameters of pigs blood is achieved through a weighted average of the level of performance and related hematological parameters forming the basis of metabolic processes in experimental animals. Thus, the use of a computer program for zoology engineering and zoology-and-hygienic experiments in pig breeding, where there are primary data on the level of experimental animals performance, allows to simulate one or another mechanism for the formation of specific numerical values of pigs performance, in particular, multiple pregnancy of the first litter gilts, with no blood samples and no morphological, biochemical and immunological analyzes.

Keywords: first litter gilts, suckling piglets, performance, hematological profile, natural resistance, computer mathematical simulation, computer zoology-and-hygienic prediction, pig breeding

For citation: Solyanik S. V., Khochenkov A. A., Zaytseva N. B., Pestis M. V. Method for zoology-and-hygienic prediction of values of hematological parameters and natural resistance of the first litter gilts' body according to the performance level of sows and suckling piglets obtained from them. *Vesti Natsyonal'nyay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no 3, pp. 456–468 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-456-468>

Введение. Знание референтных гематологических норм для сельскохозяйственных животных важно в первую очередь для врачей ветеринарной медицины. Дело в том, что именно ветврачи, проводя осмотр поголовья животных, выявляют клинически нездоровых особей и способны по лабораторным значениям крови составить достоверную картину течения того или иного заболевания, так как на него «своеобразно отзываются» обменные процессы в организме животного: углеводный, липидный, белковый, пигментный и т.д. Следовательно, морфологические, биохимические, иммунологические показатели крови животных являются важнейшими факторами установления клинического и лабораторного статуса здоровья животного организма [1].

С зоотехнической точки зрения клинически здоровые животные, имеющие высокий уровень продуктивности, соответствующий продуктивному действию рационов кормления, почти никогда не требуют подтверждения лабораторными гематологическими исследованиями. В то же время поиск математических зависимостей между морфологическими, биохимическими, иммунологическими показателями крови и продуктивностью животных имеет важное практическое значение. Обнаружив закономерности в течении обменных процессов и продуктивности животных при использовании зоотехнических и зоогигиенических факторов, можно иметь некую возможность моделирования, в том числе и производственной ситуации обращения с конкретными половозрастными группами животных. Ведь именно ученым-зоотехникам как представителям сельскохозяйственной отрасли науки больше, чем исследователям в биологической или ветеринарной науке [2], известно, что недостаточное внимание к рациональным приемам содержания, кормления, выращивания и ухода за животными не позволяет в достаточной степени сохранять и укреплять их здоровье, обеспечивать продуктивность, обусловленную наследственностью.

По рекомендациям специалистов в области ветеринарной медицины, у 3–5 % животных от общего поголовья, находящегося в помещении, путем взятия образцов крови определяют концентрацию в биологическом материале различных морфологических, биохимических параметров¹. По общему правилу исследования проводят в начале, середине и в конце определенного цикла выращивания и откорма животных, а у маточного поголовья – по сезонам года. Учитывают также общее клиническое состояние животных, поедаемость корма и продуктивность².

В зоотехнических экспериментах для гематологических анализов берут пробы крови у 3–5 животных из подопытной группы. При этом именно на таких сверхмалых выборках исследователи стараются выявить морфо-биохимические механизмы формирования продуктивности животных, участвующих в эксперименте и находившихся под влиянием какого-либо зоотехнического (зооигиенического, технологического, кормленческого или разведенческого) фактора [3–11].

В последнее время появились компьютерные модели, базирующиеся на прямолинейных взаимозависимостях между показателями крови и продуктивностью свиней [12], используя которые можно путем группировки в выборку свиней с конкретным уровнем продуктивности (среднесуточный прирост, сохранность, многоплодие и др.), с которым связаны численные значения гематологических показателей, и «воссоздать» тенденции параметров крови, включая статистические различия. Главное при этом определить средневзвешенные значения показателя продуктивности, т.е. среднеарифметическое значение показателя, в котором учтен удельный вес каждого числового значения в общей их сумме, для которых рассчитывается это среднее значение³, с привязкой к иммунологическим, морфологическим, биохимическим параметрам крови животных [13–15].

Полученные средневзвешенные значения, например, по многоплодию и гематологическому показателю, одной группы подопытных животных подвергаются статистическому сравнению с аналогичными величинами иных экспериментальных групп, что дает возможность узнать степень достоверности тех или иных различий.

Таким образом, при проведении зоотехнических и зооигиенических исследований в свиноводстве, где имеются данные по уровню продуктивности подопытных животных, можно по предлагаемым математическим моделям, без отбора проб крови и без проведения морфологических, биохимических и иммунологических анализов, осуществить моделирование того или иного механизма формирования конкретных значений продуктивности, т.е. среднесуточного прироста, сохранности, многоплодия и т.п.

Показатели крови свиней имеют высокую вариабельность, что снижает вероятность разработки адекватных аппроксимационных моделей [1], но с зоотехнической и зооигиенической точек зрения этот факт не является критичным. Дело в том, что при установлении механизма формирования того или иного численного значения продуктивности животных не имеет принципиального значения точность величины гематологического параметра, а важна комплексная картина «трендов их участия» в этом процессе. В то же время линейные зависимости в отдельных случаях дают значительную погрешность в отличие от криволинейных и нелинейных, что несколько снижает качественные критерии механизма формирования того или иного уровня продуктивности.

Ветеринарные справочники по морфологии и биохимии крови необходимы врачам ветеринарной медицины, чтобы определить «направление течения» конкретного заболевания животных определенного вида и половозрастной группы⁴. С точки зрения зоотехнии и зооигиены,

¹ Холод В. М., Ермолаев Г. Ф. Справочник по ветеринарной биохимии. – Минск : Ураджай, 1988. – 168 с.; Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии : справ. изд. / И. П. Кондрахин [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 287 с.

² Справочник по болезням сельскохозяйственных животных / сост.: Н. Н. Швыдков, Д. П. Иванов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1990. – 352 с.

³ Бланк И. А. Средневзвешенное значение показателя // Словарь-справочник финансового менеджера. – Киев, 1998. – С. 321; Андронов А. Вычисляем средневзвешенные значения при помощи СУММПРОИЗВ [Электронный ресурс] // Microsoft Excel для начинающих. – Режим доступа: <http://office-guru.ru/excel/vychisljaem-srednevzveshennye-znachenija-pri-pomoschi-summproizv-180.html>. – Дата доступа: 19.10.2016.

⁴ Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии : справ. изд. / И. П. Кондрахин [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 287 с.; Справочник по болезням сельскохозяйственных животных / сост.: Н. Н. Швыдков, Д. П. Иванов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1990. – 352 с.

у клинически здоровых животных, имеющих при этом средний и чуть выше уровень продуктивности, нет никаких научно-практических оснований брать для лабораторных исследований образцы крови. Дело в том, что основы доказательной зоогигиены гласят: нет смысла подвергать животных необоснованному стрессу, если оно клинически здорово, ведь с высокой долей вероятности можно утверждать, что значения большинства гематологических параметров будут находиться в пределах физиологических норм или им будут присущи индивидуальные особенности организма конкретного животного [16].

Цель работы – повышение достоверности в установлении иммунологического, морфологического и биохимического механизма формирования продуктивности свиней на основе использования криволинейных и нелинейных математических зависимостей.

Материалы и методы исследований. Исходными данными для разработки компьютерной модели послужили первичные зоотехнические документы работы товарного свиного комплекса мощностью 3,8 тыс. т ежегодного валового привеса (ОАО «Агрокомбинат «Восход», Могилевский район).

Для установления примерного иммунологического, морфологического и биохимического механизма формирования продуктивности свинок-первоопоронок под наблюдение были взяты станки для супоросных свиноматок, в которых находились осемененные ремонтные свинки. Животные подвергались плановым технологическим перемещениям, профилактическим вакцинациям, схемам забора крови и ветеринарно-зоотехническим обработкам. Кормление свинок осуществлялось полнорационными комбикормами промышленного производства в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами (СТБ 2111–2010). Поголовье свиней содержалось в специализированных помещениях с автоматически контролируемым микроклиматом. В период выполнения наших исследований необходимая и достаточная информация собиралась по поголовью свиней, на котором не проводились ни селекционные, ни кормленческие, ни зоогигиенические научно-производственные эксперименты.

На 3–4-й день после рождения поросят у первоопоронок ветврачами свиного комплекса были взяты образцы крови. Общее количество свинок-первоопоронок, участвовавших в исследовании, составляло 150 гол. По каждому гнезду учитывали фактическое многоплодие первоопоронок, вес гнезда при опоросе, в 21 день определяли молочность маток и сохранность поросят после выравнивания гнезд. Используя первичные зоотехнические данные о весе гнезда при опоросе и молочности свиноматок, провели расчет среднесуточного прироста поросят в каждом помете за первые три недели жизни.

Кровь у свиноматок брали из ушной и хвостовой вен до утреннего кормления. Гематологические исследования проводили по 50 иммунологическим, морфологическим и биохимическим показателям [1]. На основе полученных гематологических данных и численных значений продуктивности свиней разработаны криволинейные и нелинейные математические зависимости (табл. 1). Для использования разработанной компьютерной программы достаточно в ячейки B2, C2, D2 вставить численные значения многоплодия (гол.), среднесуточного прироста (г) и сохранности (%) соответственно.

Для упрощения дальнейшей работы с компьютерной программой ее целесообразно превратить в три самостоятельных блок-программы и разместить на отдельных листах табличного процессора MS Excel. При этом в диапазон ячеек B1:B51 на втором и третьем созданных листах электронной таблицы должны находиться математические зависимости гематологических показателей для среднесуточных приростов поросят-сосунков и для их сохранности. Затем целесообразно горизонтально растянуть на каждом листе MS Excel диапазон ячеек B1:B51, чтобы в ячейки, например B2:N2, вносить данные по животным с одинаковой продуктивностью, относящейся к одной подопытной группе.

На каждом листе табличного процессора в диапазон O1:U2 скопировать компьютерную программу для проведения статистической обработки гематологических показателей (табл. 2) и рассчитать следующие показатели: максимальное значение (MAX); минимальное значение (MIN); количество значений (n); среднее арифметическое (M), ошибку средней (m); стандартное отклонение (σ); коэффициент вариации (C_v). Для пользования программой достаточно диапазон ячеек O2:U2 вертикально протянуть до O51:U51.

Т а б л и ц а 1. Блок-программа расчета продуктивности свинок-первопоросок и поросят-сосунов в первые три недели жизни по гематологическим показателям подсосных свинок
 Block-program for calculation of performance of first litter gilts and suckling piglets in the first three weeks of life according to hematological parameters of lactating gilts

A	B	C	D
1	Многоплодие, гол.	Среднесуточный прирост, г	Сохранность, %
2	9	181	93
3	$-382,67411 \cdot (1,3662435 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge -3,1895026)$	$-5,5673774 + 0,16652537 \cdot \text{COS}(0,12479838 \cdot C^2 + 1,7883566)$	$= 7,449077 \cdot 0,99688896 \cdot D^2$
4	$-2291,8299 \cdot (1,5093166 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge -4,0482477)$	$-12,781102 - 0,66805119 \cdot \text{COS}(0,12137674 \cdot C^2 + 1,9058839)$	$= 18,442178 \cdot 0,99592914 \cdot D^2$
5	$-3,688785 \cdot B^2 \wedge (4,1349441 \cdot B^2)$	$= 20,115932 \cdot C^2 \wedge -0,14701127$	$= 11,205002 - 0,019231229 \cdot D^2$
6	$= 2,2318113 + 0,16352299 \cdot \text{COS}(4,8359458 \cdot B^2 - 15,917509)$	$= -2,3098335 + 0,072529339 \cdot \text{COS}(0,04387544 \cdot C^2 - 2,1215168)$	$= -2,3189793 + 0,14091628 \cdot \text{COS}(0,68003426 \cdot D^2 - 4,0556269)$
7	$-0,546562 + 0,03314114 \cdot \text{COS}(4,1728053 \cdot B^2 - 9,4151265)$	$= 1,0374609 - 0,51264044 \cdot \text{COS}(0,0079837132 \cdot C^2 + 1,4293369)$	$= -0,54960885 + 0,038377387 \cdot \text{COS}(0,25307025 \cdot D^2 + 4,6957857)$
8	$-0,257291 + 0,14644508 \cdot \text{COS}(5,1833108 \cdot B^2 - 1,681029)$	$= -0,30798879 - 0,07969288 \cdot \text{COS}(0,24867437 \cdot C^2 + 1,2139451)$	$= -0,29649571 - 0,18581127 \cdot \text{COS}(0,27109003 \cdot D^2 - 19,422904)$
9	$-0,14146162 \cdot (0,75344718 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge -2,6622354)$	$= -6,0510512 - 0,0083156982 \cdot C^2 - 8001,674 \cdot C^2 \wedge 2$	$= -4,0798981 + 0,6041706 \cdot \text{COS}(0,65344824 \cdot D^2 - 1,5739703)$
10	$= 22,21043744,4856482 \cdot \text{COS}(1,6015034 \cdot B^2 - 13,008623)$	$= 16,021264 + 1569,6711 \cdot C^2$	$= -26,473228 + 5,0407074 \cdot \text{COS}(0,14286388 \cdot D^2 + 2,642586)$
11	$= 62,772709 + 82,949306 \cdot B^2$	$= 71,319841 + 1,836189 \cdot \text{COS}(0,094066573 \cdot C^2 - 6,1795005)$	$= 77,992973 \cdot D^2 \wedge (-0,00021572953 \cdot D^2)$
12	$= 5269509,5 \cdot (2,4763685 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge -9,19744404)$	$= 29,505264 + 0,93608476 \cdot \text{COS}(0,10911008 \cdot C^2 + 1,468195)$	$= -28,726507 + 1,2335005 \cdot \text{COS}(1,2166038 \cdot D^2 + 3,1238208)$
13	$= 8,8740108 \cdot B^2 \wedge (0,0054779724 \cdot B^2)$	$= 10,049732 - 0,0028769606 \cdot C^2$	$= -8,9386489 + 0,90488837 \cdot \text{COS}(0,10280709 \cdot D^2 - 2,8905276)$
14	$= 593,23183 \cdot (1,3746144 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge -3,1500131)$	$= -9,321088 \cdot C^2 \wedge (-7,9159327 + C^2)$	$= -9,4276448 + 0,53785724 \cdot \text{COS}(0,14014262 \cdot D^2 - 6,3845457)$
15	$= 30,884385 - 92,440559 \cdot B^2$	$= 113,56161 \cdot (1,0026428 \cdot C^2)^{\wedge} (C^2 \wedge -0,4044536)$	$= -30,035473 - 0,079085235 \cdot D^2$
16	$= 57,227518 \cdot B^2 \wedge (3,6505887 + B^2)$	$= -41,452808 \cdot C^2 \wedge (-1,5569307 \cdot C^2)$	$= -41,844313 + 1,3562307 \cdot \text{COS}(0,28234837 \cdot D^2 - 13,256664)$
17	$= 66130,198 \cdot (1,6927578 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge -5,4948127)$	$= -41,307166 + 0,73438658 \cdot \text{COS}(0,12602626 \cdot C^2 + 1,5695451)$	$= -40,706393 + 0,9117893 \cdot \text{COS}(1,2725571 \cdot D^2 - 1,5487448)$
18	$= 2,1162909 + 2,3123273 \cdot B^2 - 0,1123636 \cdot B^2 \wedge 2$	$= -4,5581548 \cdot (0,99809476 \cdot C^2)^{\wedge} (C^2 \wedge 0,27487682)$	$= -7,1127696 - 0,46013971 \cdot D^2 - 0,0025564177 \cdot D^2 \wedge 2$
19	$= 14,964326 \cdot B^2 \wedge (-0,0021302977 \cdot B^2)$	$= 13,014664 \cdot C^2 \wedge (1,7883003 \cdot C^2)$	$= -4,0823513 + 0,20923638 \cdot D^2 - 0,001136902 \cdot D^2 \wedge 2$
20	$= 0,0019998964 \cdot (0,50701628 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge 7,1368489)$	$= 133,98001 \cdot (1,002455 \cdot C^2)^{\wedge} (C^2 \wedge -0,36475826)$	$= -26,564294 \cdot D^2 \wedge (-15,008533 + D^2)$
21	$= 0,28075787 \cdot (0,68309565 \cdot B^2)^{\wedge} (B^2 \wedge 3,9785809)$	$= 103,42802 \cdot (1,0008034 \cdot C^2)^{\wedge} (C^2 \wedge -0,13711545)$	$= -8,8407859 \cdot (0,99222378 \cdot D^2)^{\wedge} (D^2 \wedge 0,57906853)$
22	$= -103,51353 + 33,63146 \cdot B^2 - 3,4242021 \cdot B^2 \wedge 2 + 0,11504136 \cdot B^2 \wedge 3$	$= 5,7478612 - 0,3164684 \cdot \text{COS}(0,039749676 \cdot C^2 - 2,6493395)$	$= 5,4317175 + 0,54053012 \cdot \text{COS}(1,2584303 \cdot D^2 - 0,9791998)$
23	$= -6,33 + 1,667 \cdot B^2$	$= 12,975055 \cdot C^2 \wedge (-20,601557 \cdot C^2)$	$= -8 + 0,05 \cdot D^2$
24	$= 134,88428 + 51,617039 \cdot \text{COS}(3,0724159 \cdot B^2 - 29,075146)$	$= 127,88699 \cdot C^2 \wedge (0,00010577615 \cdot C^2)$	$= -137,3546 + 6,938933 \cdot \text{COS}(0,67922655 \cdot D^2 - 4,1386969)$
25	$= -3,437105 \cdot B^2 \wedge (1,9920447 \cdot B^2)$	$= -4,1006418 + 0,013859976 \cdot C^2$	$= -5,6436648 - 0,57679203 \cdot \text{COS}(0,24599206 \cdot D^2 + 6,8961029)$
26	$= -32,504892 + 6,8434202 \cdot B^2 - 0,3384886 \cdot B^2 \wedge 2$	$= 1,3274702 \cdot C^2 \wedge (0,0006840316 \cdot C^2)$	$= -27,556891 + 0,62748098 \cdot D^2 - 0,003373625 \cdot D^2 \wedge 2$
27	$= -36,344316 + 1,9283279 \cdot \text{COS}(1,6800186 \cdot B^2 - 14,291065)$	$= -0,38214324 \cdot (0,99360143 \cdot C^2)^{\wedge} (C^2 \wedge 1,0959574)$	$= -36,672488 + 2,8857537 \cdot \text{COS}(0,19674056 \cdot D^2 - 3,5014393)$
28	$= -38,207517 + 4,2350441 \cdot \text{COS}(1,8786042 \cdot B^2 - 15,38904)$	$= -51,43717 \cdot C^2 \wedge (72,466825 + C^2)$	$= -38,367856 + 2,4226536 \cdot \text{COS}(0,2069535 \cdot D^2 - 3,965366)$
29	$= -234,70923 + 45,631825 \cdot \text{COS}(1,8448206 \cdot B^2 - 14,903052)$	$= 225,30176 + 16,143418 \cdot \text{COS}(0,1396645 \cdot C^2 - 1,2107756)$	$= -233,08301 + 21,604608 \cdot \text{COS}(0,18829918 \cdot D^2 - 2,0321334)$

Окончание табл. 1

	A	B	C	D
30	Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	=69,656611-39,358736/B2	=59,095784+0,035106299*C2	=-238,36781+7,0435903*D2-0,040520923*D2^2
31	Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	=48,546064*0,084719417*(1/B2)	=42,194794+7,8425096*COS(0,23995976*C2-3,3667325)	=42,405709+7,2240954*COS(0,6240443*D2-0,91353402)
32	Креатинкиназа, ИЕ/л	=8885176,2*(2,3003386*B2)*(B2^8-8,2187408)	=212,3867+28,705871*COS(0,25340552*C2+1,34578)	=542,0716*D2^8-0,19697514
33	Амилаза, ИЕ/л	=363,82288-97717031/B2	=837,7424-58333,925/C2	=508,41798+330,19272*COS(0,71552565*D2-7,1546198)
34	Кальций, ммоль/л	=2,6454361+1,5145781*B2-0,15069991*B2^2+0,004942721*B2^3	=2,54482583+0,1685749*COS(0,015810867*C2-0,3768897)	=2,2930849*D2/(-4,4868464+D2)
35	Фосфор, ммоль/л	=2,5220388+0,074779291*COS(1,0401103*B2-7,8485063)	=2,4663243+0,1078769*COS(0,12134678*C2+0,59510933)	=2,5345823+0,14910644*COS(0,086828188*D2+0,33890315)
36	Калий, ммоль/л	=8,9111121*0,43477281*(1/B2)	=8,2668423+0,88285133*COS(0,17435994*C2-2,9017274)	=7,9136757+0,83631006*COS(1,2287619*D2+3,5650281)
37	Натрий, ммоль/л	=113,60667+13,979368*COS(1,5197342*B2-12,368092)	=164,68423*C2^2/(-0,00034721986*C2)	=115,40614+10,761734*COS(0,63259503*D2+0,095081185)
38	Медь, мкмоль/л	=2,1110503+0,16322029*COS(1,7641289*B2-14,61054)	=7,312421*C2^2/(-0,0009821795*C2)	=2,5551362+0,63180445*COS(0,65073219*D2-2,0344478)
39	Железо, ммоль/л	=1692,8162*(1,5628716*B2)*(B2^4-4,4530636)	=22,252666+17,003571*COS(0,0027051801*C2-2,7096211)	=5,4229566+0,22148528*COS(0,15099381*D2+0,12369898)
40	Кобальт, мкмоль/л	=1,5055484+1,1551126*COS(9,6096561*B2+2,9632968)	=0,99594851+0,34025764*COS(0,25167128*C2+0,86886096)	=1,053385+0,27695312*COS(1,1465239*D2+9,4667291)
41	Марганец, мкмоль/л	=0,5562223+0,19953854*COS(2,7652689*B2-3,965053)	=0,5167748+0,0546302*COS(0,25149469*C2+0,71419555)	=0,58875975+0,0649450514*COS(0,097485807*D2-0,2066787)
42	Цинк, мкмоль/л	=3,7132992+1,044877*COS(1,1209878*B2-8,6239046)	=4,0916098+0,48693112*COS(0,044918657*C2-6,2185712)	=3,8205769+0,70469547*COS(0,64199921*D2-0,57077112)
43	Иммуноглобулин G, мг/дл	=385,85547*0,12610557*(1/B2)	=635,45482*C2^2/(-0,00064348662*C2)	=320,75141+70,899988*COS(0,66749962*D2-2,850507)
44	Иммуноглобулин M, мг/дл	=10858006*(2,3234591*B2)*(B2^8-8,3390657)	=79,782667+14,094954*COS(0,24979299*C2+0,59926748)	=167,91297*D2^8/(-16,379678/D2)
45	Бактерицидная активность, %	=15,768328+2,3059844*COS(1,5898748*B2-2,9526355)	=15,938895+2,327468*COS(0,25420402*C2+1,1000187)	=16,724279+2,628305*COS(0,29640722*D2+3,0735045)
46	Лизоцимная активность, %	=21,136569-112,10833/B2	=8,0243152+2,1726222*COS(0,090978965*C2+1,5277668)	=1/(-0,000286368363*D2+0,15032214)
47	Нормальных агглютининов, титр	=10,855771+2,0947095*COS(10,625745*B2-5,7579571)	=12,820197+2,0016538*COS(0,12202896*C2-0,47582686)	=13,092444+3,3501186*COS(0,37884794*D2-4,9128944)
48	Фагоцитарная активность	=38,4644465+4,2718347*COS(1,2537386*B2-0,29540804)	=41,72429-3,8342837*COS(0,083125666*C2+0,25938549)	=40,252815+3,6726499*COS(0,62418501*D2+5,1850293)
49	Фагоцитарное число	=9,8682398*B2^2/(-0,0064371603*B2)	=8,5364608+0,49194192*COS(0,29802238*C2+1,3935836)	=9,1494119-56,848444/D2
50	Фагоцитарный индекс	=21,293638*B2^2/(-0,0017036706*B2)	=20,538131+1,4444595*COS(0,29687091*C2+1,8553853)	=16,982729*D2^2/(-0,00045387026*D2)
51	Фагоцитарная емкость	=233,85491*B2^2/(-0,010443847*B2)	=177,90979*C2/(-6,1282826+C2)	=224,17736-3597,5812/D2

Т а б л и ц а 2. Блок-программа проведения статистического анализа гематологических показателей крови и уровня естественной резистентности в зависимости от значений параметров продуктивности

Т a b l e 2. Block-program for statistical analysis of blood hematological parameters and the level of natural resistance, depending on the values of performance parameters

	O	P	Q	R	S	T	U
1	MAX	MIN	n	M	m	σ	Cv
2	=МАКС(B2;N2)	=МИН(B2;N2)	=СЧЁТ(B2;N2)	=СРЗНАЧ(B2;N2)	=T2/O2*0,5	=СТАНДОТКПОН(B2;N2)	=((T2/R2)*100)

Таблица 3. Гуморальные и клеточные факторы защиты организма подсосных свинок-первоопоросок
Table 3. Humoral and cellular body defense factors of suckling first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.								Среднесуточный прирост, г								Сохранность, %			
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100		
Иммуноглобулин С, мг/дл	287	298	307	314	320	325	407	377	348	321	296	273	365	383	391	389	376	355		
Иммуноглобулин М, мг/дл	135	96	79	72	72	78	66	78	93	88	72	66	46,6	54,9	62,1	68,5	74,0	79,0		
Бактерицидная активность, %	15,0	13,6	16,6	17,9	14,9	13,7	17,2	14,6	13,7	15,7	18,0	17,7	18,2	15,6	17,4	16,5	16,5	17,4		
Лизоцимная активность, %	5,1	7,1	8,7	9,9	10,9	11,8	6,4	5,9	7,4	9,5	10,2	8,8	7,3	7,5	7,7	7,8	8,0	8,2		
Нормальных агглютининов, титр	13	9	10	13	10	9	11,6	14,8	11,1	13,5	13,5	11,1	13,5	14,8	10,0	16,3	11,0	13,1		
Фагоцитарная активность	36,0	34,4	38,4	42,5	41,0	36,0	43	45	40	39	44	44	41,2	41,1	40,9	40,8	40,6	40,5		
Фагоцитарное число	9,0	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	8,9	8,7	8,6	8,4	8,3	8,1	8,0	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6		
Фагоцитарный индекс	20,8	20,7	20,6	20,5	20,4	20,2	21,8	21,4	21,0	20,5	20,0	19,6	18,6	19,0	19,4	19,9	20,4	20,9		
Фагоцитарная емкость	203	197	190	184	178	171	186	185	184	184	183	183	152	164	173	179	184	188		

Таблица 4. Морфологические показатели крови подсосных свинок-первоопоросок
Table 4. Morphological parameters of the blood of suckling first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.								Среднесуточный прирост, г								Сохранность, %			
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100		
Эритроциты, $10^{12}/л$	6,9	6,1	5,7	5,6	5,7	5,8	5,7	5,4	5,7	5,6	5,5	5,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5		
Гемоглобин, г/л	15,5	13,6	12,8	12,6	12,9	13,7	13,5	12,2	12,9	13,1	12,1	13,4	15,0	14,4	13,9	13,3	12,8	12,3		
Лейкоциты, $10^9/л$	11,6	10,8	10,1	9,6	9,1	8,7	9,7	9,5	9,4	9,2	9,1	9,0	10,2	10,1	9,9	9,7	9,5	9,3		

Таблица 5. Показатели липидного и углеводного обмена сыворотки крови подсосных свинок-первоопоросок
Table 5. Indicators of lipid and carbohydrate metabolism of blood serum of suckling first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.											Среднесуточный прирост, г								Сохранность, %			
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100					
Холестерин, ммоль/л	2,1	2,3	2,4	2,1	2,2	2,4	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4					
Триглицериды, ммоль/л	0,56	0,58	0,56	0,52	0,52	0,54	0,61	0,57	0,54	0,53	0,53	0,54	0,55	0,57	0,51	0,59	0,52	0,56					
Бета-липопротеиды, ммоль/л	0,11	0,19	0,34	0,40	0,31	0,16	0,30	0,23	0,28	0,37	0,37	0,28	0,47	0,11	0,46	0,18	0,34	0,33					
Глюкоза, ммоль/л	3,5	3,7	3,8	3,8	3,7	3,5	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	3,9	4,7	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4					
Сиаловые кислоты, ед. опт. плотности	21	27	23	19	22	27	27	26	25	24	23	23	22	28	31	27	22	25					

Таблица 6. Общий белок и белковые фракции сыворотки крови подсосных свинок-первопоросок
Table 6. Total protein and protein fractions of the blood serum of suckling first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.								Среднесуточный прирост, г								Сохранность, %				
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100			
Общий белок, г/л	75	73	72	71	70	70	72	70	71	73	71	70	75	74	73	72	71	71			
Альбумины, всего, г/л	50,8	36,8	30,9	29,0	29,9	33,3	30,3	28,6	29,7	30,1	28,6	29,9	29,3	29,7	29,9	30,0	29,8	29,5			
Альфа-глобулины, г/л	9,6	9,7	9,9	10,1	10,3	10,4	9,6	9,6	9,5	9,5	9,4	9,4	8,4	8,0	8,6	9,5	9,8	9,3			
Бета-глобулины, г/л	12,0	10,8	10,3	10,1	10,3	10,8	9,9	9,8	9,7	9,7	9,7	9,6	9,9	9,2	8,9	9,5	10,0	9,5			
Гамма-глобулины, г/л	17,7	19,3	20,6	21,6	22,5	23,2	22,3	22,2	22,4	22,6	22,9	23,3	26,1	25,3	24,5	23,7	22,9	22,1			
Глобулины, всего, г/л	37,6	39,3	40,7	41,9	43,0	43,9	41,9	41,9	41,8	41,8	41,7	41,7	42,7	40,7	43,2	40,5	43,1	40,8			
Альбумины, всего, %	59,8	48,6	43,1	40,9	41,0	43,0	42,0	40,6	41,8	41,3	40,9	42,0	41,4	41,5	41,6	41,6	41,6	41,6			
Альфа-глобулины, %	12,9	13,5	13,9	14,1	14,1	13,8	13,6	13,6	13,5	13,4	13,2	13,0	9,5	11,3	12,6	13,3	13,6	13,3			
Бета-глобулины, %	14,5	14,4	14,3	14,2	14,1	14,0	13,9	13,8	13,7	13,6	13,6	13,6	11,7	12,5	13,2	13,5	13,7	13,6			
Гамма-глобулины, %	18,5	24,3	28,6	30,8	30,8	29,1	31,1	31,1	31,3	31,7	32,1	32,7	38,0	35,4	33,8	32,7	31,9	31,3			
Глобулины, всего, %	44,9	52,1	56,9	59,1	59,0	57,0	58,8	58,6	58,7	58,9	59,2	59,2	57,6	59,3	59,9	59,9	59,3	58,3			

Таблица 7. Показатели белкового и пигментного обмена сыворотки крови подсосных свинок-первопоросок
Table 7. Indicators of protein and pigment metabolism of blood serum of suckling first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.								Среднесуточный прирост, г								Сохранность, %				
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100			
Мочевина, ммоль/л	3,6	5,3	5,7	5,4	5,2	5,8	5,4	5,5	5,7	5,9	6,1	6,0	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8			
Мочевая кислота, ммоль/л	5,3	7,0	8,7	10,3	12,0	13,7	15,2	14,9	14,7	14,5	14,3	14,2	10,5	11	11,5	12	12,5	13			
Креатинин, мкмоль/л	149	124	142	131	135	138	138	139	141	143	145	147	137	141	143	144	144	141			
Общий билирубин, мкмоль/л	6,0	5,8	5,6	5,4	5,3	5,2	6,0	6,3	6,6	6,9	7,1	7,4	6,2	5,1	5,9	5,7	5,2	6,2			
Прямой билирубин, мкмоль/л	0	0,6	1,7	2,1	1,8	0,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	0	0	0	1,3	1,9	1,8			

Т а б л и ц а 8. Ферменты сыворотки крови подсосных свинок-первоопоросок
 Table 8. Blood serum enzymes of suckling first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.							Среднесуточный прирост, г							Сохранность, %				
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100	
Аланинотрансфераза, ИЕ/л	35	38	38	35	35	38	35	36	36	34	33	40	35	35	39	37	34		
Аспаратаминотрансфераза, ИЕ/л	36	42	38	34	40	41	34	35	37	38	40	41	37	37	41	37	37		
Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	216	280	229	193	263	261	239	215	231	225	235	243	212	236	252	218	223		
Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	64	65	65	66	66	66	64	65	65	66	67	68	67	66	66	67	61		
Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	34	36	37	38	39	40	48	37	36	46	40	46	45	45	45	44	44		
Креатинкиназа, ИЕ/л	343	263	230	223	234	263	231	198	184	207	237	251	242	235	229	223	219		
Амилаза, ИЕ/л	224	242	255	266	275	282	421	473	514	546	595	198	395	673	833	762	510		

Т а б л и ц а 9. Макро- и микроэлементы крови свинок-первоопоросок
 Table 9. Macro- and trace elements in blood of first litter gilts

Показатель	Многоплодие, гол.							Среднесуточный прирост, г							Сохранность, %				
	7	8	9	10	11	12	140	160	180	200	220	240	50	60	70	80	90	100	
Кальций, ммоль/л	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4		
Фосфор, ммоль/л	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,6	2,5	2,4		
Калий, ммоль/л	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,3	7,5	9,1	7,4	9,0	7,7	8,6	7,4	7,9	8,1	8,3	8,5		
Натрий, ммоль/л	111	127	117	100	109	126	130	124	119	114	109	104	126	126	125	125	125		
Медь, мкмоль/л	2,0	2,3	2,2	1,9	2,1	2,3	3,7	3,3	2,9	2,6	2,3	2,0	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2		
Железо, ммоль/л	6,7	5,7	5,3	5,2	5,3	5,6	5,3	5,3	5,3	5,4	5,5	5,7	5,5	5,2	5,4	5,5	5,2		
Кобальт, мкмоль/л	2,0	1,2	1,6	1,6	1,2	2,0	0,98	0,66	0,79	1,19	1,31	0,99	0,9	0,8	1,0	1,3	1,1		
Марганец, мкмоль/л	0,37	0,71	0,46	0,58	0,61	0,44	0,51	0,46	0,49	0,56	0,56	0,51	0,59	0,64	0,65	0,61	0,52		
Цинк, мкмоль/л	4,4	4,7	3,9	2,9	2,8	3,7	4,6	4,4	3,9	3,6	3,7	4,0	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3		

Результаты и их обсуждение. Использование компьютерной программы позволило смоделировать численные значения иммунологических, морфологических и биохимических показателей крови свиней, имеющих различный уровень продуктивности (табл. 3–9). Чтобы не использовать разработанные криволинейные и нелинейные модели взаимосвязи показателей продуктивности и гематологических параметров, в таблицах приведены данные по крови для многоплодия свинок-первоопороков – от 7 до 12 поросят; для среднесуточного прироста поросят-сосунов в первые три недели их жизни – от 140 до 240 г; для сохранности поросят – от 50 до 100 %. В эти границы показателей продуктивности вписывается 95 % всех зоотехнических и технологических значений при работе товарных свинокомплексов.

При разработке базы данных по гематологии свинок-первоопороков мочева кислота была лабораторно выявлена в менее 5 % образцах крови свинок-первоопороков, а прямой билирубин – в менее половины проб. Как следствие, достоверно установить тенденции взаимосвязи мочева кислоты, прямого билирубина с показателями продуктивности не представляется возможным. При этом установлено, что коэффициент вариации мочева кислоты, общего и прямого билирубина превышал 100 %. Таким образом, представленные в табл. 7 тренды по мочева кислоте и прямому билирубину не следует принимать во внимание.

Практическое применение вышеприведенных таблиц дает возможность осуществлять перерасчет иммунологических, морфологических и биохимических показателей крови через средневзвешенные значения конкретного показателя продуктивности свиней. Полученные табличные данные целесообразно подвергнуть статистической обработке для определения достоверности различий показателей продуктивности животных, их параметров крови. Использование учеными-зоотехниками полученного числового и статистического материала позволяет установить основные тренды в течении обменных процессов в организме животных, а также определиться с комплексным механизмом формирования многоплодия свинок-первоопороков, среднесуточного прироста поросят-сосунов и их сохранности в первые три недели жизни.

В зоотехнических и зооигиенических научно-практических работах, посвященных поиску путей повышения продуктивности животных, важны исключительно конкретные значения тенденций приростов живой массы, сохранности, многоплодия, затрат кормов и т.п., а также статистические различия между подопытными группами, а не уровень морфологических, биохимических и иммунологических параметров крови этих животных. Отказ от забора крови у подопытных животных не только исключает стресс-фактор, негативно влияющий на организм животных и их продуктивность, но и позволяет экономить значительные денежные суммы, направляемые на очень дорогие гематологические исследования. По сути, предлагаемые нами компьютерные модели являются «бесконтактным и бесстрессовым» скринингом показателей крови клинически здоровых свиней, т.е. информационное обеспечение научных исследований, и при этом в значительной степени снижается себестоимость выходной научной продукции, получаемой при проведении экспериментов в свиноводстве.

Выводы

1. Разработана методология компьютерно-зооигиенического моделирования и прогнозирования течения обменных процессов в организме свиней во взаимосвязи с конкретным уровнем их продуктивности.
2. Установлено, что определение механизма формирования продуктивности свиней базируется не на анализе проб крови от нескольких подопытных животных, а на всех свиньях, участвовавших в эксперименте, т.е. десятки и сотни животных, продуктивность которых подтверждается данными первичного зоотехнического учета.
3. Достоверность различий иммунологических, морфологических и биохимических параметров крови свиней достигается за счет средневзвешенной оценки уровня продуктивности и связанных с ними гематологическими показателями, которые составляют основу обменных процессов подопытных животных.

Список использованных источников

1. Соляник, С. В. Компьютерно-зооигиеническое моделирование численных значений параметров естественной резистентности, гематологического профиля и продуктивности молодняка свиней товарных свинокомплексов / С. В. Соляник [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 4. – С. 76–91.
2. Лебедев, П. Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных / П. Т. Лебедев, А. Т. Усович. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Россельхозиздат, 1976. – 389 с.
3. Городилова, Л. И. Влияние источника бета-каротина на физиологические показатели поросят молочного периода / Л. И. Городилова // Вестн. Ижев. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 2 (43). – С. 10–14.
4. Бараникова, А. Н. Биологический статус молодняка свиней полученных от свиноматок с различной живой массой при отъеме / А. Н. Бараникова, Е. А. Крыштоп, В. А. Бараников // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных : материалы междунар. науч.-практ. конф., 18 февр. 2016 г. / Дон. гос. аграр. ун-т ; редкол.: А. И. Клименко [и др.]. – пос. Персиановский [Рост. обл.], 2016. – С. 17–24.
5. Состояние клеточного и гуморального иммунитета у поросят при использовании комплекса пробиотиков / И. М. Лойко [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 22, 28 мая 2015 г. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2015. – Вып. : Зоотехния. Ветеринария. – С. 242–244.
6. Калиниченко, Г. И. Сравнительная характеристика показателей естественной резистентности крови свиней различных генотипов / Г. И. Калиниченко, А. И. Кислинская // Научный фактор в стратегии инновационного развития свиноводства : сб. материалов XXII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 9–11 сент. 2015 г. / Гродн. гос. аграр. ун-т, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству ; редкол.: И. П. Шейко [и др.]. – Гродно, 2015. – С. 55–58.
7. Ходырева, И. А. Продуктивные качества и гематологические показатели молодняка свиней при использовании пробиотика «Биохелп» / И. А. Ходырева // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. / Беларус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2017. – Вып. 20, ч. 1. – С. 359–366.
8. Войтенко, О. С. Биологические особенности поросят-сосунов при применении биопрепаратов / О. С. Войтенко // Вестн. Мичур. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 55–57.
9. Влияние различных технологий содержания на некоторые показатели естественной резистентности, физиологических и биохимических функций организма свиней / А. С. Петрушко [и др.] // Вестн. Брян. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 3–2. – С. 27–30.
10. Бараников, В. А. Влияние биологических добавок на резистентность, обмен веществ и продуктивность свиней / В. А. Бараников // Науч. журн. КубГАУ. – 2016. – № 121. – С. 413–424.
11. Засыпкин, А. Л. Гематологические показатели свиноматок, потреблявших кормовую добавку ветвигал В / А. Л. Засыпкин // Вестн. Кург. ГСХА. – 2017. – № 3 (23). – С. 16–19.
12. Методика зооигиенического прогнозирования продуктивности первоопоросок и полученных от них поросят-сосунов по уровню защитных сил организма свиноматок и показателям их гематологического профиля / С. В. Соляник [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 2. – С. 200–212.
13. Соляник, С. В. Линейные и нелинейные модели гематологических показателей крови у свиней на доращивании и их взаимосвязь с живой массой / С. В. Соляник // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., с. Соленое Займище, 18–19 мая 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост.: Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – Соленое Займище, 2017. – С. 1477–1487.
14. Соляник, С. В. Линейная взаимосвязь гематологического профиля свиней на доращивании и фактических среднесуточных приростов / С. В. Соляник // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., с. Соленое Займище, 18–19 мая 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост.: Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – Соленое Займище, 2017. – С. 1488–1491.
15. Соляник, С. В. Компьютерная программа для моделирования гематологического профиля свиней на основе временного фактора / С. В. Соляник // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., с. Соленое Займище, 18–19 мая 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост.: Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – Соленое Займище, 2017. – С. 1491–1497.
16. Соляник, А. В. Доказательная гигиена: производство, переработка и потребление свинины : в 4 ч. / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник / Беларус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2016. – Ч. 2. – 381 с.

References

1. Solyanik S. V., Khochonkov A. A., Tanana L. A., Pestis M. V. Computer and veterinary hygiene simulation of numerical values of parameters of natural resistance, hematological profile and performance of young pigs at pig breeding complexes. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2017, no. 4, pp. 76–91 (in Russian).

2. Lebedev P. T., Usovich A. T. *Methods for the study of animal feed, organs and tissues*. 3rd ed. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1976. 389 p. (in Russian).
3. Gorodilova L. I. The influence of beta-carotene source on the physiological characteristics of suckling piglets. *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii = The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*, 2015, no. 2 (43), pp. 10–14 (in Russian).
4. Baranikova A. N., Kryshchtop E. A., Baranikov V. A. Biological status of young pigs obtained from sows with different live weight at weaning. *Aktual'nye problemy i metodicheskie podkhody k diagnostike, lecheniyu i profilaktike boleznei zhivotnykh: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 18 fevralya 2016 g.* [Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of animal diseases: materials of the international scientific-practical conference, February 18, 2016]. pos. Persianovsky [Rostov region], 2016, pp. 17–24 (in Russian).
5. Loiko I. M., Shchepetkova A. G., Skudnaya T. M., Kuksa A. O. State of cellular and humoral immunity of piglets when using probiotics. *Sovremennye tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: sbornik nauchnykh statei po materialam XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Grodno, 22, 28 maya 2015 g. Zootekhniya. Veterinariya* [Modern technologies of agricultural production: a collection of scientific articles on the materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Grodno, May 22, 28, 2015. Zootechny. Veterinary medicine]. Grodno, 2015, pp. 242–244 (in Russian).
6. Kalinichenko G. I., Kislinskaya A. I. Comparative characteristics of indicators of natural blood resistance of pigs of different genotypes. *Nauchnyi faktor v strategii innovatsionnogo razvitiya svinovodstva: sbornik materialov XXII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Grodno, 9–11 sentyabrya 2015 g.* [Scientific factor in the strategy of innovative development of pig breeding: a collection of materials of the XXII International Scientific and Practical Conference, Grodno, September 9–11, 2015]. Grodno, 2015, pp. 55–58 (in Russian).
7. Khodyreva I. A. Productive qualities and hematological parameters of young pigs when using the probiotic “Biohelp”. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Actual problems of intensive development of livestock: a collection of scientific papers]. Gorki, 2017, iss. 20, pt. 1, pp. 359–366 (in Russian).
8. Voitenko O. S. Biocharacteristics of piglets in applying biological preparations. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2014, no. 1, pp. 55–57 (in Russian).
9. Petrushko A. S., Khodosovskii D. N., Rudakovskaya I. I., Khochenkov A. A., Shatskaya A. N., Bezmen V. A., Bezzubov V. I., Slin'ko O. M. Influence of different keeping technologies on some indicators of natural resistance, physiological and biochemical functions of pig bodies. *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii = Vestnik Bryansk state agricultural academy*, 2015, no. 3-2, pp. 27–30 (in Russian).
10. Baranikov V. A. Influence of biological additives on resistance, metabolism and efficiency of pigs. *Nauchnyi zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*, 2016, no. 121, pp. 413–424 (in Russian).
11. Zasyupkin A. L. Hematologic indicators of the sows consuming Vetvital B nutritional supplement. *Vestnik Kurganskoi GSHA*, 2017, no. 3 (23), pp. 16–19 (in Russian).
12. Solyanik S. V., Khochenkov A. A., Tanana L. A., Pestis M. V. Method of zoology and engineering prediction of first litter gilts and suckling piglets productivity according to the level of sows' body immunodefence and hematological profile indicators. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no. 2, pp. 200–212 (in Russian). [https:// doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-2-200-212](https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-2-200-212)
13. Solyanik V. V. Linear and nonlinear models of hematological parameters of blood of pigs in rearing and their relationship with body weight. *Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsial'no-ekonomicheskoe obespechenie sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, s. Solenoe Zaymishche, 18–19 maya 2017 g.* [Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support for agricultural production: the international scientific and practical conference, p. Solenoye Zaimishche, May 18–19, 2017]. Solenoye Zaimishche, 2017, pp. 1477–1487 (in Russian).
14. Solyanik V. V. Linear relationship of hematological profile of pigs in rearing and actual average daily weight gains. *Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsial'no-ekonomicheskoe obespechenie sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, s. Solenoe Zaymishche, 18–19 maya 2017 g.* [Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support for agricultural production: the international scientific and practical conference, p. Solenoye Zaimishche, May 18–19, 2017]. Solenoye Zaimishche, 2017, pp. 1488–1491 (in Russian).
15. Solyanik S. V. Computer program for modeling hematologic profile of pigs based on time factor. *Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsial'no-ekonomicheskoe obespechenie sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, s. Solenoe Zaymishche, 18–19 maya 2017 g.* [Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and socio-economic support for agricultural production: the international scientific and practical conference, p. Solenoye Zaimishche, May 18–19, 2017]. Solenoye Zaimishche, 2017, pp. 1491–1497 (in Russian).
16. Solyanik S. V. *Evidence-based hygiene: pork production, processing and consumption. Part 2*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2016. 381 p. (in Russian).

Информация об авторах

Соляник Сергей Валерьевич – аспирант, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: Val_Sol_v@mail.ru

Хоченков Андрей Алексеевич – доктор с.-х. наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины и зоогигиены, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: 28111959-@mail.ru

Зайцева Наталья Брониславовна – кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003, Минск, Республики Беларусь). E-mail: nn_klimov@mail.ru

Пестис Мария Вацлавовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК, Гродненский государственный аграрный университет (ул. Терешковой, 28, 230008, Гродно, Республики Беларусь). E-mail: kaf-econ@ggau.by

Information about the authors

Solyanik Sergei V. – Postgraduate Student. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., Zhodino 222163, Republic of Belarus). E-mail: Val_Sol_v@mail.ru

Khochenkov Andrey A. – D.Sc. (Agricultural), Associate Professor. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., Zhodino 222163, Republic of Belarus). E-mail: 28111959-@mail.ru

Zaytseva Natalia B. – Ph.D. (Agricultural). The Institute of Experimental Veterinary n.a. S.N. Vyshelessky (28 Briketa Str., Minsk 220003, Republic of Belarus). E-mail: nn_klimov@mail.ru

Pestis Marya V. – Ph.D. (Economy), Associate Professor. Grodno State Agrarian University (28 Tereshkovo Str., Grodno 230008, Republic of Belarus). E-mail: kaf-econ@ggau.by

Национальная академия наук Беларуси