

ISSN 1817–7204 (Print)

ISSN 1817–7239 (Online)

УДК 636.4.055.082.454/.455:612.017.1:612.1(476)

DOI: 10.29 235/1817-7204-2018-56-2-200-212

Поступила в редакцию 01.09.2017

Received 01.09.2017

С. В. Соляник¹, А. А. Хоченков¹, Л. А. Танана², М. В. Пестис²

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

²Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь

МЕТОДИКА ЗООГИГИЕНИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРВОПОРОСОК И ПОЛУЧЕННЫХ ОТ НИХ ПОРОСЯТ-СОСУНОВ ПО УРОВНЮ ЗАЩИТНЫХ СИЛ ОРГАНИЗМА СВИНОМАТОК И ПОКАЗАТЕЛЯМ ИХ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Аннотация: С развитием в Беларуси Парка высоких технологий появилась реальная возможность использовать программные средства в различных направлениях биологии. В последние несколько лет информационные технологии используются в зоотехнии, прежде всего в селекционно-племенной работе. Цель работы – разработать методику компьютерно-зоогигиенического прогнозирования продуктивности первопоросок и полученных от них поросят-сосунов по уровню защитных сил организма свиноматок и показателям их гематологического профиля. В статье представлена методология, где на основе показателей гематологического профиля свинок-первопоросок, у которых были взяты образцы крови на 3–4-й день после рождения поросят, были разработаны криволинейные математические модели, позволяющие на изменении морфологического, биохимического и иммунологического показателя крови моделировать численные значения многоплодия маток, среднесуточного прироста поросят-сосунов и их сохранность в первые три недели жизни. Установлено, что положительную взаимосвязь гематологических параметров свинок-первопоросок с показателями продуктивности имеют преимущественно гуморальные факторы защиты; отдельные показатели липидного и углеводного обмена; белковые фракции; показатели белкового и пигментного обмена; ферменты сыворотки крови; отдельные макро- и микроэлементы. Таким образом, использование компьютерной программы позволяет по имеющимся показателям крови свиноматок прогнозировать их многоплодие, среднесуточный прирост и сохранность поросят-сосунов.

Ключевые слова: свинки-первопороски, поросята-сосуны, продуктивность, гематологический профиль, естественная резистентность, компьютерно-математическое моделирование

Для цитирования: Методика зоогигиенического прогнозирования продуктивности первопоросок и полученных от них поросят-сосунов по уровню защитных сил организма свиноматок и показателям их гематологического профиля / С. В. Соляник, А. А. Хоченков, Л. А. Танана, М. В. Пестис // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, №2. – С. 200–212. DOI: 10.29 235/1817-7204-2018-56-2-200-212

S. V. Solyanik¹, A. A. Hochenkov¹, L. A. Tanana², M. V. Pestis²

¹The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Belarus

²Grodno State Agrarian University, Grodno, Belarus

METHOD FOR ZOOLOGY-AND-HYGIENIC PREDICTION OF THE PERFORMANCE LEVEL OF THE FIRST LITTER GILTS AND SUCKLING PIGLETS OBTAINED FROM THEM ACCORDING TO THE SOWS' BODY DEFENSES AND INDICATORS OF THEIR HEMATOLOGICAL PROFILE

Abstract: It became possible to use software in various areas of biology along with development of High Technology Park in Belarus. Information technologies have been used in zoology engineering in the last few years primarily in selection and breeding work. The aim of research is to develop method for computer zoology-and-hygienic prediction of the performance level of the first litter gilts and suckling piglets obtained from them according to the sows' body defenses and indicators of their hematological profile. The paper presents curvilinear mathematical models developed based on hematologic profile of the first litter gilts with blood samples obtained from on day 3-4 after piglets birth, allowing to simulate numerical values of sows multiple pregnancy rate, average daily weight gain of piglets and their safety in the first three weeks of life, based on change in morphological, biochemical and immunological blood indices. It has been determined that the positive correlation between hematological parameters of the first litter gilts with the performance indicators are mainly of the humoral defense factors; separate indicators of lipid and carbohydrate metabolism; protein fractions; indicators of protein and pigment metabolism; serum enzymes; separate macro and trace elements. Thus, the computer program allows to predict the sows' multiple pregnancy rate, average daily weight gain and safety of suckling piglets according to the available parameters of sows' blood.

Keywords: first litter gilts, suckling piglets, performance, hematological profile, natural resistance, computer mathematical simulation

For citation: Solyanik S.V., Khochenkov A.A., Tanana L.A., Pestis M.V. Method for zoology-and-hygienic prediction of the performance level of the first litter gilts and suckling piglets obtained from them according to the sows' body defenses and indicators of their hematological profile. *Vesti Natsyonal'ny 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). DOI: 10.29 235/1817-7204-2018-56-2-200-212

Конечным оценочным признаком действия различных неблагоприятных факторов (стрессов), с зоогигиенической точки зрения, являются данные о продуктивности животных, являющейся интегрирующим показателем. При этом о силе воздействия стрессов можно судить по воспроизводительной способности животных (длительность охоты, количество и качество спермы, продуктивность циклов охоты, оплодотворение, течение супоросности, количество приплода, его жизнеспособность), мясной продуктивности, качеству получаемой продукции, заболеваемости и смертности, экономическим показателям [1].

В настоящее время в области свиноводства уже имеется некоторый фактический материал, позволяющий, в принципе, прогнозировать характер превращения того или иного вещества в изучаемой биологической системе. Поэтому встает задача анализа и разработки методов количественного прогнозирования химического превращения в биологических системах [2].

Эта задача находит решение в рамках системного подхода, основанного на едином математическом описании этих систем путем построения набора модельных систем, каждая из которых обладает одним или несколькими специфическими свойствами. При этом, как и при всяком моделировании, теряются отдельные свойства, обусловленные внутрисистемными связями. Но полученные результаты в том или ином приближении отражают поведение биологических систем. Все это позволяет во многом уточнять имеющиеся представления о биохимических и физиологических процессах [3].

Одним из важных факторов, стимулирующих дальнейшее развитие различных областей естественных наук, является внедрение в них математики. Только в век развития компьютерной техники начало реально сбывается то, что более ста лет тому назад гениально предвидел И. П. Павлов, который в 1909 г. сказал: «... Вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды. Придет время, пусть отдаленное, когда математический анализ, опираясь на естественно-научный, охватит величественными формулами уравнений все эти уравнивания, включая в них, наконец, и самого себя».

Нынешняя зоотехническая наука как сельскохозяйственная отрасль науки является зрелой, так как широко использует возможности математики и компьютерных технологий [4]. При этом важно имеющуюся информацию и знания [5] о тенденциях течения тех или иных биохимических процессов, численные значения граничных морфо-биохимических параметров по этапам зарождения и формирования продуктивных качеств организма, например, свиней, преобразовать в четкие математические зависимости.

Данные об основных этапах пренатального развития у свиноматок приводятся в научной литературе как прошлого, так и нынешнего столетия [6, 7].

В век бурного развития информационных технологий появилась возможность, используя прямолинейные, криволинейные и нелинейные математические модели, количественно описать формирование среднесуточных приростов молодняка свиней, соответствующего уровня естественной резистентности и гематологического профиля животных, имеющих конкретный уровень продуктивности [8]. Разработаны компьютерные программы, позволяющие определять значения морфологических, биохимических показателей и уровень естественной резистентности свиней в конкретный день их жизни (от рождения до достижения возраста 75 недель) [9, 10].

Установлено, что для определения динамики изменения гематологического профиля свиней необходимо учитывать не только возраст, но и стадию их развития. Если выразиться точнее, то для половозрелых животных важно знать физиологическую стадию, в которой они находятся (супоросность, подсосный период и др.). Для растущего молодняка свиней достаточно учитывать возраст и динамику среднесуточных приростов. В целом надлежащий зоотехнический контроль над возрастом свиней и стадией их развития позволяет использовать компьютерные

программы для определения примерных референтных значений морфологических, биохимических показателей крови, а также уровень естественной резистентности молодняка свиней и свиноматок [11, 12].

Цель настоящей работы – расчет уровня многоплодия свинок-первоопоросок, среднесуточных приростов и сохранности поросят-сосунов по значениям показателей крови свинок-первоопоросок, базирующихся на криволинейных и нелинейных математических зависимостях.

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

Эксперимент проводили в условиях товарного промышленного свиного комплекса на животных крупной белой породы мясо-сального направления продуктивности. На предприятии использовали такой технологический прием, как выравнивание гнезд в первую неделю после опороса – до 10–12 гол. под маткой. В связи с этим нами учитывалась сохранность поросят в 3-недельном возрасте именно выравненных гнезд [13]. Из практического опыта известно, что если не использовать такой технологический прием, как выравнивание гнезд, то сохранность поросят, рожденных у конкретной свиноматки, значительно выше, чем при его применении, особенно у первоопоросок с невысоким многоплодием – 8–10 поросят¹.

Вместо значений фактической молочности свиноматок (вес гнезда в 21 день) мы рассчитывали среднесуточный прирост поросят за период от рождения до достижения ими возраста трех недель. Безусловно, этим мы занижали реальные среднесуточные приросты поросят по сравнению с сосунами, если бы они находились в невыравненных гнездах, но это вызвано необходимостью учитывать применяемые в товарных хозяйствах технологические приемы.

Для установления примерного механизма, характеризующего формирование продуктивности свинок-первоопоросок, под наблюдение были взяты станки для супоросных свиноматок, в которых находились ремонтные свинки с первого дня осеменения. На начальном этапе мониторинга общее количество свинок составляло почти 200 гол., все они имели индивидуальный номер и карточку свиноматки. 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 первоопоросок ветврачами свиного комплекса были взяты образцы крови. Общее количество свинок-первоопоросок, участвовавших в исследовании, составляло 150 гол. По каждому гнезду учитывалось фактическое многоплодие первоопоросок, 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. Исследования ее проводили по следующим показателям: лейкоциты – счетчиком микрочастиц Picoscale – PS-4 (ВНР), эритроциты и гемоглобин – фотоэлектрокалориметром КФК-2 по методике Г. Д. Дервиз и А. И. Воробьевой (1959). Концентрацию общего белка, холестерина, триглицеридов, бета-липопротеидов, глюкозы, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, общего и прямого билирубина, аспартат-аминотрансферазы (АСТ), аланин-аминотрансферазы (АЛТ), щелочной

¹ Этап 01.04.01 «Изучить влияние условий содержания свиней на их продуктивность, сохранность и естественную резистентность организма», задание 01.04 «Разработать технологию повышения продуктивности свиней путем оптимизации условий содержания, кормления и укрепления защитных сил организма»: отчет о НИР / Белорус. науч.-исслед. ин-т животноводства, Лаб. зоогигиены и экологии. – Жодино, 2001. – 110 с.

фосфатазы (ЩФ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ), креатинкиназы (КК), амилазы, кальция и неорганического фосфора в сыворотке крови определяли с помощью коммерческих наборов на биохимическом автоанализаторе Synchron-CX-4, Beckman (США), сиаловые кислоты – по Гессу, белковые фракции – электрофорезом на агаровом геле. Медь, железо, кобальт, марганец, цинк определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Perkin Elmer 5000 (Швеция).

Неспецифическую реактивность организма животных определяли по показателям клеточной и гуморальной защиты: бактерицидную активность сыворотки крови (БАСК) – по методике О. В. Смирновой и Т. А. Кузьминой (1966), лизоцимную активность сыворотки крови (ЛАСК) – по методике В. Г. Дорофейчука (1968), интенсивность накопления нормальных агглютининов – постановкой реакции агглютинации по Райту, иммуноглобулины класса G и M определяли с использованием коммерческих моноспецифических антисывороток и оборудования иммунохимической системы ICS-II, Beckman (США), фагоцитарную активность лейкоцитов – постановкой опсоно-фагоцитарной реакции по методике В. С. Гостева².

Все полученные первичные данные были статистически обработаны [14], а на их основе создана база данных, разработаны математические зависимости для каждого из исследованного показателя крови и среднесуточных приростов подопытных животных, и компьютерные программы³.

Компьютерные программы (табл. 1, 2) позволяют осуществить моделирование продуктивности свинок-первоопоросят и поросят-сосунов в первые три недели жизни по гематологическим показателям подсосных свинок, а также выполнить взаиморасчет показателей продуктивности свинок-первоопоросят и поросят-сосунов.

Численные значения гематологических показателей свинок-первоопоросят из базы данных копируются в диапазон ячеек B2:B50 листа табличного процессора MS Excel (табл. 1). В столбцах C, D, E по каждому морфологическому, биохимическому и иммунологическому показателю производится расчет: многоплодие свинок-первоопоросят, гол.; среднесуточный прирост поросят-сосунов и их сохранность соответственно. В диапазонах C51:C57; D51:D57; E51:E57 рассчитываются статистические параметры показателей продуктивности: максимальное значение (MAX); минимальное значение (MIN); количество значений (n); среднее арифметическое (M), ошибка средней (m); стандартное отклонение (σ); коэффициент вариации (Cv).

Результаты и их обсуждение. Статистический анализ первичных данных по многоплодию свинок-первоопоросят, среднесуточному приросту поросят-сосунов и их сохранности позволили установить (табл. 3), что существует отрицательная связь показателей продуктивности поросят и многоплодия свиноматок. При этом между среднесуточным приростом и сохранностью поросят-сосунов имеется положительная взаимосвязь. Необходимо отметить высокую вариабельность среднесуточного прироста (более 20 %) и более низкое значение этого статистического параметра для многоплодия и сохранности поросят.

Анализ гуморальных и клеточных факторов защиты организма подсосных свиноматок (табл. 4) позволил установить положительную взаимосвязь между многоплодием свинок-первоопоросят с уровнем иммуноглобулинов G, лизоцимной активностью сыворотки крови, титром нормальных агглютининов и фагоцитарной активностью. Также положительная связь отмечается между среднесуточными приростами БАСК и ЛАСК, а сохранности с иммуноглобулинами G, M. Все остальные показатели естественной резистентности свиноматок и продуктивности первоопоросят и поросят-сосунов имеют отрицательные зависимости. Наибольшая вариабельность отмечена в значениях ЛАСК и титра нормальных агглютининов, а наименьшая – у клеточных факторов защиты.

² Шкала оценки уровней естественной резистентности сельскохозяйственных животных : учеб.-метод. пособие / Беларус. науч.-исслед. ин-т животноводства ; сост.: С. И. Плященко, В. В. Соляник, А. В. Соляник. – Жодино : [б. и.], 2001. – 42 с.

³ Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник ; Беларус. гос. с.-х. академия. – Горки : БГСХА, 2012. – 321 с.; ван Энен, М. Свиноматки: практическое руководство по менеджменту лактационного периода и продуктивности свиноматок / М. ван Энен, К. Шеепенс. – 1-е изд. – М. : Агродело, 2012. – 48 с.

Т а б л и ц а 1. Блок-программа расчета продуктивности свинок-первопоросок и порослят-сосунов в первые три недели жизни по гематологическим показателям подсосных свинок

Т а б л и ц а 1. Block-program for calculation of performance of fist litter gilts and suckling piglets in the first three weeks of life according to hematological parameters of lactating gilts

A	B	C	D	E	F
Параметры	Многоплодие свинок-первопоросок, гол.	Среднеутроный прирост порослят-сосунов, г	Сохранность порослят-сосунов, %		
1					
2	4,8	$=9,84(43837+0,25662502 \cdot \text{COS}(4,1617419 \cdot \text{B}2 - 1,9496779))$	$=150,3(1871 \cdot \text{B}2 + 0,014730486 \cdot \text{B}2)$	$=76,3(17838 \cdot \text{B}2 + (-0,97016237 + \text{B}2))$	96
3	10,2	$=9,8(781584+0,37340557 \cdot \text{COS}(1,694986 \cdot \text{B}3 - 3,9022195))$	$=196,48697 \cdot \text{B}3 + (-0,003940877 \cdot \text{B}3)$	$=163,2(1701 \cdot \text{B}3 + (-0,22393728))$	97
4	11,9	$=6,8660064 \cdot (0,95536016 \cdot \text{B}4) + (0,37193102)$	$=155,05778 \cdot \text{B}4 + (-0,9123509 + \text{B}4)$	$=82,7(43508+2,3643975 \cdot \text{B}4 - 0,13076268 \cdot \text{B}4^2)$	92
5	1,97	$=8,4302665+1,7122565 \cdot \text{B}5 - 0,46309503 \cdot \text{B}5^2$	$=127,1(1056 \cdot \text{B}5 + 0,87916897 \cdot \text{B}5)$	$=92,866296+2,3544328 \cdot \text{COS}(5,2233505 \cdot \text{B}5 - 8,5647614)$	93
6	0,53	$=7,9197609 \cdot \text{B}6 + (-0,67204569 \cdot \text{B}6)$	$=197,7(727 - 43,259577 \cdot \text{B}6)$	$=71,454412 \cdot 1,358871 \cdot (1/\text{B}6) \cdot \text{B}6^0,5(1787955)$	92
7	0,14	$=9,7(24017+1,0124584 \cdot \text{B}7 - 0,69327343 \cdot \text{B}7^2)$	$=173,67452+9,3181041 \cdot \text{COS}(30,394375 \cdot \text{B}7 + 0,64630308)$	$=93,2(45057+2,532833 \cdot \text{COS}(9,0398338 \cdot \text{B}7 + 1,1379193))$	91
8	4,1	$=9,8575883+0,27140992 \cdot \text{COS}(2,0143176 \cdot \text{B}8 - 6,3560392)$	$=172,97303+10,340981 \cdot \text{COS}(5,8151961 \cdot \text{B}8 + 1,6479773)$	$=96,160576+5,5486692 \cdot \text{COS}(0,74610994 \cdot \text{B}8 + 0,57787205)$	91
9	5	$=9,8953132+0,2799044 \cdot \text{COS}(0,30246565 \cdot \text{B}9 + 0,73737556)$	$=154,9217+2,7336031 \cdot \text{B}9 - 0,065294092 \cdot \text{B}9^2$	$=97,9(10513 - 0,52118075 \cdot \text{B}9 + 0,010279391 \cdot \text{B}9^2)$	96
10	71	$=0,79091121+0,34232432 \cdot \text{B}10 - 0,00262928668 \cdot \text{B}10^2$	$=1266,9978 - 10,486996 \cdot \text{B}10 - 1734523 \cdot \text{B}10^2$	$=87,255449+5,4001576 \cdot \text{B}10 - 0,04020059 \cdot \text{B}10^2$	94
11	28,7	$=9,9337225+0,21337032 \cdot \text{COS}(0,95316944 \cdot \text{B}11 - 7,588716)$	$=859,72691 - 15,712555 \cdot \text{B}11 - 192320,5 \cdot \text{B}11^2$	$=94,237404+2,1308 \cdot \text{COS}(5,0216046 \cdot \text{B}11 - 14,053153)$	94
12	10,4	$=9,0699768 \cdot \text{B}12 + (0,0039484057 \cdot \text{B}12)$	$=170,76517+13,168912 \cdot \text{COS}(8,5759014 \cdot \text{B}12 + 10,197807)$	$=93,705369 \cdot \text{B}12 + (0,00022072226 \cdot \text{B}12)$	94
13	10,4	$=9,9173318+0,39479786 \cdot \text{COS}(3,3325891 \cdot \text{B}13 + 6,4537235)$	$=702,45858 - 37,926299 \cdot \text{B}13 - 14906,03 \cdot \text{B}13^2$	$=93,117348 \cdot \text{B}13 + (-0,10548237 \cdot \text{B}13)$	94
14	21,5	$=14,993301 - 108,32397 \cdot \text{B}14$	$=170,36959+9,257468 \cdot \text{COS}(3,9777139 \cdot \text{B}14 - 2,908656)$	$=94,067943+2,826045 \cdot \text{COS}(1,9738461 \cdot \text{B}14 + 0,3618723)$	95
15	42,3	$=235,38529 - 16,701929 \cdot \text{B}15 + 0,40755253 \cdot \text{B}15^2 - 0,0032774117 \cdot \text{B}15^3$	$=1228,4383 - 16,842714 \cdot \text{B}15 - 606943,47 \cdot \text{B}15^2$	$=1306,8535+102,3673 \cdot \text{B}15 - 2,4700781 \cdot \text{B}15^2 + 0,019687791 \cdot \text{B}15^3$	94
16	40,4	$=2445,161 - 176,17463 \cdot \text{B}16 + 4,2477346 \cdot \text{B}16^2 - 0,03413295 \cdot \text{B}16^3$	$=1801,3707 - 25,905756 \cdot \text{B}16 - 950810,04 \cdot \text{B}16^2$	$=11279,985+800,76752 \cdot \text{B}16 - 18,768653 \cdot \text{B}16^2 + 0,14646265 \cdot \text{B}16^3$	95
17	14,7	$=9,805756+0,5313965 \cdot \text{COS}(4,2717175 \cdot \text{B}17 - 13,601512)$	$=904,98936 - 103,6388 \cdot \text{B}17 + 3,6135701 \cdot \text{B}17^2$	$=93,693636+2,2944244 \cdot \text{COS}(3,8379497 \cdot \text{B}17 + 4,0193975)$	92
18	14,7	$=1/(-1,1024991+0,16776461 \cdot \text{B}18 - 0,005834465 \cdot \text{B}18^2)$	$=111,31207 \cdot \text{B}18 + (-4,7175417 \cdot \text{B}18)$	$=89,077054 \cdot \text{B}18 + (0,0015520236 \cdot \text{B}18)$	95
19	30,2	$=463,7124+45,792375 \cdot \text{B}19 - 1,4742821 \cdot \text{B}19^2 + 0,015809811 \cdot \text{B}19^3$	$=171,04133+10,83384 \cdot \text{COS}(0,51447447 \cdot \text{B}19 - 12,166257)$	$=107,95356 - 0,43596135 \cdot \text{B}19$	95
20	59,6	$=6816,4138+350,02595 \cdot \text{B}20 - 5,9820532 \cdot \text{B}20^2 + 0,034075425 \cdot \text{B}20^3$	$=3544,8369+128,83432 \cdot \text{B}20 - 1,1152748 \cdot \text{B}20^2$	$=93,329696+3,6137619 \cdot \text{COS}(1,1862987 \cdot \text{B}20 + 5,2338348)$	96
21	6,8	$=9,8863322+0,27167284 \cdot \text{COS}(8,8955381 \cdot \text{B}21 + 6,6624423)$	$=171,2888-9,4436223 \cdot \text{COS}(2,636051 \cdot \text{B}21 - 0,35887401)$	$=92,768905+3,0330375 \cdot \text{COS}(1,2394632 \cdot \text{B}21 - 2,1789164)$	96
22	0		$=0,0015199724 \cdot (0,68869349 \cdot \text{B}22) \cdot (\text{B}22^2 + 6,4924217)$	$=100,0 \cdot \text{B}22$	100
23	122	$=9,8236474+0,40405562 \cdot \text{COS}(0,12904671 \cdot \text{B}23 - 1,008545)$	$=76,395791 + 1,0132707 \cdot \text{B}23 - 0,0022333477 \cdot \text{B}23^2$	$=474,50943 \cdot (1,0028252 \cdot \text{B}23) \cdot (\text{B}23^3 - 0,41150281)$	93
24	6,1	$=9,8504335+0,35132729 \cdot \text{COS}(3,9833896 \cdot \text{B}24 + 0,37080569)$	$=202,54025+40,97186 \cdot \text{COS}(0,21354249 \cdot \text{B}24 + 1,2555867)$	$=93,368503+3,2476825 \cdot \text{COS}(1,4037587 \cdot \text{B}24 - 3,6598658)$	94
25	2,5	$=9,9296894+0,55456796 \cdot \text{COS}(3,8448983 \cdot \text{B}25 + 0,83638123)$	$=172,84182 - 4,6692548 \cdot \text{B}25$	$=93,889826+3,08282383 \cdot \text{COS}(3,2998368 \cdot \text{B}25 + 1,6217507)$	91
26	40	$=9,8666627+0,50223956 \cdot \text{COS}(1,2866556 \cdot \text{B}26 + 1,8598091)$	$=95,208438+7,8908235 \cdot \text{B}26 - 0,10695138 \cdot \text{B}26^2$	$=92,229916+3,1618804 \cdot \text{COS}(1,1657863 \cdot \text{B}26 + 3,5639971)$	95
27	32	$=9,3567514 \cdot \text{B}27 + (0,00040346075 \cdot \text{B}27)$	$=230,02266 \cdot \text{B}27 + (-2,7557691 \cdot \text{B}27)$	$=299,36847 \cdot (1,01165 \cdot \text{B}27) \cdot (\text{B}27^2 - 0,4479019)$	92

28	Пакатагидрогеназа, ИЕ/л	111	=9,8546189+0,43388327* $\cos(0,087797472^{\circ}B28-3,2808875)$	10,3	=168,69925* $\sin(0,001139^{\circ}B28$	171	=89,985722+0,009916712*B28	91
29	Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	52	=9,4682436+0,51408633* $\cos(0,034851671^{\circ}B29-2,157323)$	10,0	=156,81442+0,31449634*B29-0,00063473941*B29^2	171	=91,168303* $\sin(0,8592802^{\circ}(1/B29)$	92
30	Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	48	=6,2462171*(0,99568865*B30)* $\sin(0,17432046)$	10,0	=178,92334-201,81121/B30	175	=92,409329+2,1891881* $\cos(0,17364465^{\circ}B30-2,7488338)$	94
31	Креатининаза, ИЕ/л	247	=9,9633332+0,4845462* $\cos(0,038488016^{\circ}B31+0,52170728)$	9,6	=108,99043*B31+0,087096758	176	=92,274816+2,4656611* $\cos(0,011354821^{\circ}B31-0,7966156)$	91
32	Амилаза, ИЕ/л	335	=9,8634419+0,27404896* $\cos(0,0413325^{\circ}B32+0,23305886)$	9,9	=119,67514*(0,99992553*B32)*(B32^0,072069165)	177	=90,925985+4,010297* $\cos(0,00655162^{\circ}B32-0,71833969)$	91
33	Кальций, ммоль/л	2,42	=9,8828436+0,39550474* $\cos(0,97,132342^{\circ}B33-14,299492)$	10,1	=311,6214-56,660911*B33	175	=92,23397+2,524931* $\cos(27,98297^{\circ}B33-20,628632)$	90
34	Фосфор, ммоль/л	2,5	=9,8851506+0,31709234* $\cos(29,516121^{\circ}B34+8,8054801)$	10,1	=173,14409+12,869886* $\cos(6,455507^{\circ}B34-2,6071256)$	180	=83,031733*B34/(0,23948179+B34)	92
35	Калий, ммоль/л	7,6	=9,7148357+0,59058504* $\cos(4,0060693^{\circ}B35-2,7526672)$	9,6	=178,85374+23,208457* $\cos(3,9935245^{\circ}B35+1,1613407)$	202	=92,758534+9,9661249* $\cos(2,1482791^{\circ}B35-0,71394486)$	83
36	Натрий, ммоль/л	85	=9,8466379+0,31038506* $\cos(0,27474075^{\circ}B36-2,6146209)$	9,7	=180,05218+13,989976* $\cos(0,066829661^{\circ}B36-0,18549605)$	190	=137,93656-0,25964353*B36-17,2933,75/B36^2	92
37	Медь, мкмоль/л	1,57	=9,8511909+0,27731997* $\cos(3,1748955^{\circ}B37+1,7246986)$	10,1	=1/(0,00032748879*B37+0,0048091674)	188	=90,594515*B37/(0,0050306496*B37)	91
38	Железо, ммоль/л	4,8	=4,8173398+3,4742304*B38-0,7181098*B38^2+0,04565597*B38^3	10,0	=449,57778*(1,4077316*B38)*(B38^1,6689127)	169	=96,599268*B38/(0,0051336855*B38)	93
39	Кобальт, мкмоль/л	1,7	=9,5253175+0,82116017*B39-0,40011446*B39^2+0,045551277*B39^3	10,0	=162,63925* $\sin(0,0466588^{\circ}(1/B39)^{\circ}B39+0,096469515$	176	=92,115821+3,0970057* $\cos(3,2734035^{\circ}B39+0,10056826)$	95
40	Марганец, мкмоль/л	0,55	=1/(0,0976944755+0,013864667*B40-0,0098005491*B40^2)	9,8	=173,96405+7,556275* $\cos(13,910093^{\circ}B40-0,53000861)$	179	=90,052199*B40/(0,092185364*B40)	93
41	Цинк, мкмоль/л	2,3	=10,094717-0,077631476*B41+0,039712475/B41^2	9,9	=173,89634+11,405576* $\cos(1,2022482^{\circ}B41-2,2427836)$	184	=91,690055+2,4196458* $\cos(0,84005364^{\circ}B41-3,8354479)$	91
42	Имуноглобулин G, мг/дл	350	=9,8848793+0,41066597* $\cos(0,012389525^{\circ}B42+0,81359338)$	10,1	=195,64546-0,062827214*B42	174	=93,553457* $\cos(0,057948176^{\circ}(1/B42)$	93
43	Имуноглобулин M, мг/дл	66	=9,8947229+0,008359073*B43-0,00010281977*B43^2	10,0	=178,22128-0,065366605*B43	174	=87,457599*B43^0,012988482	92
44	Бактерицидная активность, %	22,3	=9,8783043+0,30300333* $\cos(0,35083325^{\circ}B44-3,034196)$	9,9	=949,03567*(0,027381429*(1/B44)*B44^0,46545989	172	=92,285183+3,3080501* $\cos(0,42919934^{\circ}B44-1,9695314)$	93
45	Лизоцимная активность, %	9,6	=8,4656742+1,7451221* $\cos(0,079878482^{\circ}B45-1,2057297)$	10,0	=174,70657+1,666323* $\cos(0,58356525^{\circ}B45-1,1950646)$	170	=91,153505+2,1974101* $\cos(0,29978961^{\circ}B45-1,2219201)$	91
46	Нормальных агглютининов, титр	10	=9,9008107-0,16213639/B46	9,9	=155,41136+2,7442818*B46-0,079561435*B46^2	175	=93,874284+4,6361737* $\cos(0,74655736^{\circ}B46+0,34904677)$	94
47	Фагоцитарная активность	37	=9,9310869+0,54048888* $\cos(1,3426671^{\circ}B47+8,3818625)$	10,0	=445,57899-5,4794922*B47-54440,648/B47^2	203	=88,468624+9,008397* $\cos(0,80473018^{\circ}B47-3,0759501)$	89
48	Фагоцитарное число	6,2	=10,111525+0,65828985* $\cos(2,0502671^{\circ}B48-8,4733892)$	9,8	=186,61024+38,998618* $\cos(2,9196944^{\circ}B48-4,4711496)$	206	=92,12802-10,898161* $\cos(-6,9764803^{\circ}B48+57,549459)$	94
49	Фагоцитарный индекс	16,8	=9,976379+0,29864654* $\cos(2,7027127^{\circ}B49-5,2669329)$	9,8	=3884,6204+602,39734*B49-29,210198*B49^2+0,46436005*B49^3	193	=91,048277+7,3378333* $\cos(2,1625933^{\circ}B49+6,969339)$	96
50	Фагоцитарная емкость	199	=9,9227325+0,35251881* $\cos(0,10871582^{\circ}B50+2,3284929)$	10,1	=170,67557+41,353795* $\cos(0,03839949^{\circ}B50-1,1037241)$	211	=99,544052-0,055968749*B50	88
51	MAX		=МАКС(C2;C50)	10,3	=МАКС(D2;D50)	211	=МАКС(E2;E50)	100
52	MIN		=МИН(C2;C50)	9,4	=МИН(D2;D50)	160	=МИН(E2;E50)	83
53	n		=СЧЁТ(C2;C50)	48	=СЧЁТ(D2;D50)	49	=СЧЁТ(E2;E50)	49
54	M		=СРЗНАЧ(C2;C50)	9,9	=СРЗНАЧ(D2;D50)	173	=СРЗНАЧ(E2;E50)	93
55	m		=B56/B53^0,5	0,03	=B56/B53^0,5	3,9	=B56/B53^0,5	0,4
56	s		=СТАНДОТКЛОН(C2;C50)	0,18	=СТАНДОТКЛОН(D2;D50)	27	=СТАНДОТКЛОН(E2;E50)	2,6
57	Cv		=(B56/B54)^*100	2	=(B56/B54)^*100	16	=(B56/B54)^*100	3

Т а б л и ц а 2. Блок-программа взаиморасчета показателей продуктивности свинок-первоопоросок и поросят-сосунов

T a b l e 2. Block-program for the mutual calculation of performance indicators of first litter gilts and suckling piglets

	A	B	C	D	E
1	Многоплодие, гол.	10			
2	Среднесуточный прирост, г	217	$= 7,1429943 + 0,036239016*B2 - 0,0001126705*B2^2$	$= 3002,4311 - 888,5465*B1 + 92,868679*B1^2 - 3,2206615*B1^3$	$= -87,096932 + 37,563238*B1 - 1,9482926*B1^2$
3	Сохранность, %	100	$= 9,8470726 + 0,77540104 *COS(0,64318353*B3 + 2,8932851)$	$= 147,25549*B3^(0,00044231046*B3)$	$= 88,196426 + 0,025156502*B2$

Т а б л и ц а 3. Показатели продуктивности свиной в подсосный период

T a b l e 3. Performance indicators of pigs during the suckling period

Показатель	M	σ	Cv	Взаимосвязь*		
				1	2	3
Многоплодие свинок-первоопоросок, гол.	9,8	0,8	9		-	-
Продуктивность поросят-сосунов за первые три недели жизни: среднесуточный прирост, г	173	38	22			+
сохранность, %	93	11	12			

* Взаимосвязь: 1 – многоплодие, 2 – среднесуточный прирост, 3 – сохранность; тенденция: «+» – положительная, «-» – отрицательная.

Т а б л и ц а 4. Гуморальные и клеточные факторы защиты организма подсосных свинок-первоопоросок

T a b l e 4. Humoral and cellular body defense factors of suckling first litter gilts

Параметры	M	σ	Cv	Взаимосвязь*		
				1	2	3
Иммуноглобулин G, мг/дл	359	170	47	+	-	+
Иммуноглобулин M, мг/дл	79	40	51	-	-	+
Бактерицидная активность, %	16,2	6,1	38	-	+	+
Лизоцимная активность, %	7,9	7,6	97	+	+	+
Нормальных агглютининов, титр	13,0	7,6	59	+	-	-
Фагоцитарная активность	41,1	5,8	14	+	-	-
Фагоцитарное число	8,5	1,3	15	-	-	-
Фагоцитарный индекс	20,5	2,8	14	-	-	-
Фагоцитарная емкость	184	39	21	-	-	-

* Взаимосвязь: 1 – многоплодие, 2 – среднесуточный прирост, 3 – сохранность; тенденция: «+» – положительная, «-» – отрицательная.

Морфологические показатели крови свинок-первоопоросок (табл. 5) имеют отрицательную связь с показателями продуктивности. Исключением является лишь среднесуточный прирост поросят-сосунов и количество эритроцитов в крови свинок-первоопоросок.

Сохранность поросят за первые три недели подсосного периода имеют положительную взаимосвязь со всеми исследованными показателями липидного и углеводного обмена (табл. 6). Среднесуточный прирост положительно коррелирует с уровнем холестерина и бета-липопротеидами, а многоплодие – лишь с последним параметром. Наибольший коэффициент изменчивости отмечен в уровне бета-липопротеидов и сиаловых кислот.

Т а б л и ц а 5. Морфологические показатели крови подсосных свинок-первоопоросок

T a b l e 5. Morphological parameters of the blood of suckling first litter gilts

Параметры	М	σ	Cv	Взаимосвязь*		
				1	2	3
Эритроциты, 10 ¹² /л	5,5	0,6	11	–	+	–
Гемоглобин, г/л	12,7	1,6	12	–	–	–
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	9,5	2,4	25	–	–	–

* Взаимосвязь: 1 – многоплодие, 2 – среднесуточный прирост, 3 – сохранность; тенденция: «+» – положительная, «–» – отрицательная.

Т а б л и ц а 6. Показатели липидного и углеводного обмена, общий белок и белковые фракции, показатели белкового и пигментного обмена сыворотки крови подсосных свинок-первоопоросок

T a b l e 6. Indicators of lipid and carbohydrate metabolism of blood serum of suckling first litter gilts. Total protein and protein fractions of the blood serum of suckling first litter gilts. Indicators of protein and pigment metabolism of blood serum of suckling first litter gilts

Показатель	М	σ	Cv	Взаимосвязь*		
				1	2	3
<i>Показатели липидного и углеводного обмена</i>						
Холестерин, ммоль/л	2,3	0,4	19	–	+	+
Триглицериды, ммоль/л	0,6	0,2	33	–	–	+
Бета-липопротеиды, ммоль/л	0,3	0,3	97	+	+	+
Глюкоза, ммоль/л	4,3	1,2	27	–	–	+
Сиаловые кислоты, ед. опт. плотности	25,5	12	46	–	–	+
<i>Общий белок и белковые фракции</i>						
Общий белок, г/л	71,2	5,0	7	–	–	–
Альбумины, всего, г/л	29,3	2,5	9	–	+	+
Альфа-глобулины, г/л	9,6	1,1	12	+	–	–
Бета-глобулины, г/л	9,8	1,0	11	+	–	–
Гамма-глобулины, г/л	22,5	2,8	12	+	+	–
Глобулины, всего, г/л	41,9	3,4	8	+	+	–
Альбумины, всего, %	41,2	2,0	5	–	+	+
Альфа-глобулины, %	13,4	1,2	9	+	–	+
Бета-глобулины, %	13,8	1,1	8	–	–	–
Гамма-глобулины, %	31,5	3,1	10	+	+	–
Глобулины, всего, %	58,8	2,0	3	+	–	–
<i>Показатели белкового и пигментного обмена</i>						
Мочевина, ммоль/л	5,7	1,3	23	+	+	+
Мочевая кислота, ммоль/л	33,7	55	162	н/г	+	н/г
Креатинин, мкмоль/л	141	28	20	–	+	+
Общий билирубин, мкмоль/л	6,5	8,9	137	–	+	+
Прямой билирубин, мкмоль/л	2,4	3,6	153	+	+	–

* Взаимосвязь: 1 – многоплодие, 2 – среднесуточный прирост, 3 – сохранность; тенденция: «+» – положительная, «–» – отрицательная, н/г – не установлена.

Уровень общего белка в сыворотке крови подсосных свиноматок имеет отрицательную взаимосвязь со всеми исследуемыми показателями продуктивности (см. табл. 6). Положительная корреляция отмечается между многоплодием маток и глобулиновыми фракциями в абсолютных величинах, а альфа-, гамма-глобулинами и всего глобулинами – в относительных значениях. Для среднесуточного прироста положительная взаимосвязь выявлена с альбуминами и гамма-глобулинами (абсолютные и относительные значения), а также со всеми глобулинами в абсолютных величинах. Сохранность поросят положительно коррелирует с альбуминами (в абсолютных и относительных значениях) и альфа-глобулинах в относительных величинах. Для показателей общего белка и его фракций характерен низкий коэффициент варируемости.

Уровень мочевой кислоты сыворотки крови подсосных свинок-первоопоросок (см. табл. 6) имеет положительную взаимосвязь со среднесуточным приростом поросят-сосунов и их сохранностью, а также с многоплодием маток, а креатинин и общий билирубин только с продуктивностью поросят. Мочевая кислота была определена в менее 5 % образцах крови свинок-первоопоросок, а прямой билирубин – в менее половины проб. Как следствие, достоверно установить тенденции взаимосвязи мочевой кислоты, прямого билирубина с показателями продуктивности не представляется возможным. При этом коэффициент вариации мочевой кислоты, общего и прямого билирубина превышал 100 %.

Ферменты сыворотки крови свинок-первоопоросок (табл. 7) имеют положительную взаимосвязь с уровнем среднесуточного прироста поросят-сосунов, а также с многоплодием маток, за исключением креатинкиназы. В то же время АСТ, ГГТ и амилаза имеет отрицательную связь с сохранностью поросят-сосунов. Также необходимо добавить, что коэффициент изменчивости амилазы значительно отличается от других ферментов. Вероятно, это связано с тем, что забор крови у свиноматок производили, по сути, сразу после опороса (на 3–4-й день), т.е. организм маток еще не стабилизировался после стресса от прохождения этой физиологической стадии.

Т а б л и ц а 7. Ферменты сыворотки, макро- и микроэлементы крови подсосных свинок-первоопоросок

Table 7. Blood serum enzymes of suckling first litter gilts. Macro- and trace elements in blood of first litter gilts

Параметры	M	σ	Cv	Взаимосвязь		
				1	2	3
<i>Ферменты сыворотки</i>						
Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	34,8	8,3	24	+	+	–
Аспаратаминотрансфераза, ИЕ/л	36,0	9,4	26	+	+	+
Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	223	69	31	+	+	+
Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	65,2	50	76	+	+	+
Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	43,7	24	54	+	+	–
Креатинкиназа, ИЕ/л	216	101	47	–	+	+
Амилаза, ИЕ/л	486	524	108	+	+	–
<i>Макро- и микроэлементы крови</i>						
Кальций, ммоль/л	2,4	0,2	8	–	–	–
Фосфор, ммоль/л	2,5	0,4	15	–	–	–
Калий, ммоль/л	8,2	1,4	17	–	–	+
Натрий, ммоль/л	119	32	27	–	–	+
Медь, мкмоль/л	3,1	1,6	51	–	–	+
Железо, ммоль/л	5,3	0,7	13	–	+	–
Кобальт, мкмоль/л	1,0	1,2	111	+	+	+
Марганец, мкмоль/л	0,5	0,3	56	–	+	–
Цинк, мкмоль/л	4,1	1,8	44	–	–	+

* Взаимосвязь: 1 – многоплодие, 2 – среднесуточный прирост, 3 – сохранность; тенденция: «+» – положительная, «–» – отрицательная.

Устаноўлена станоўчая сувязь паміж узроўнем кобальта і параметрамі прадукцывнасці (многплодіе, сярэднесуточны прырост, захоўнасць) (см. табл. 7). Пры гэтым па кобальту адзначена максімальная велічыня каэфіцыента варыяцыі. Вызначана станоўчая сувязь сярэднесуточнага прыроста з узроўнем жалеза і марганца, а захоўнасці паросят – з каліем, натрыем, медзю і цынкам.

Праведзена мадэліраванне прадукцывнасці па змяненні параметраў гематалагічнага профіля на аснове прамалінейных [13, 14] і крыволінейных залежнасцей (см. табл. 1). Устаноўлена, што выкарыстанне крыволінейных матэматычных залежнасцей павышае дакладнасць разліку (табл. 8). У асаблівасці, калі па многплодію лінейная залежнасць давала памылку ў абсалютных велічынях больш за 6 %, то крыволінейная – 0,5 %; па сярэднесуточнаму прыросту – 30 і 20 %, а па захоўнасці паросят – 15 і 7 % адпаведна.

Таблица 8. Значение продуктивности по изменению параметров крови опоросившихся свиноматок при использовании прямолинейных и криволинейных моделей

Table 8. Performance value according to blood parameters change of sows at farrowing using rectilinear and curvilinear models

Показатель	Свинки-первоопороски: многплодие, гол.	Поросята-сосуны на 21-й день жизни	
		среднесуточный прирост, г	сохранность, %
Фактическое значение	10	217	100
Линейная зависимость	9,2	152	85
Криволинейная зависимость	9,9	173	93

Выкарыстанне камп'ютарнай праграмы (табл. 9) па ўзаімарасчэту паказатэляў прадукцывнасці свінак-перваопоросак і паросят-сосунов пазволіла ўстаноўваць, што разлічаны многплодіе па захоўнасці і сярэднесуточнаму прыросту ніжэй фактычнага на 3–4 %; сярэднесуточны прырост па многплодію і захоўнасці – ніжэй 16 %; захоўнасць па многплодію і сярэднесуточнаму прыросту – на 6 %.

Таблица 9. Пример взаиморасчета показателей продуктивности свинок-первоопоросок и поросят-сосунов по фактическим данным

Table 9. Example of mutual calculation of performance indicators of first litter gilts and suckling piglets according to actual data

Показатель	Фактическое значение	Пересчет по:		
		многплодию	среднесуточному приросту	сохранности
Многплодие, гол.	10			
Среднесуточный прирост, г	217	183	9,7	9,6
Сохранность, %	100	94	94	181

Устаноўлены некаторыя адрозніжжы ў фарміраванні ўзроўня сярэднесуточнага прыроста у паросят-сосунов і у моладняка свіней на вырашчванні і откорме [12]. У нашых даследаваннях сярэднесуточны прырост паросят стаў следствам спажывання малака ў свінак-перваопоросак, ад якіх мы і бралі апрабкі крыві. Імянна біяхімічныя абменныя працэсы ў арганізме маток, накіраваныя на вытворчасць малака, апаасрадавана адразіліся на ўзроўні іх млочнасці, т.е. на масе гнезда паросят у ўзросте 21 дзень. Пры гэтым асноўная прычына адрозніжжы ў механізме фарміравання прадукцывнасці ў паросят-сосунов і свіней пасля отъема ад маток заключаецца ў тым, што сярэднесуточны прырост паросят-сосунов у першыя тры тыдні іх жыцця фарміруецца ісклучачна за ліч спажываемага ў гэты перыяд малака свіноматок, у той час як у свіней на дараціванні і откорме – за ліч камбікорма, у большасці сваёй прамысловага вытворчасці.

Выводы

1. Проведен регрессионный анализ по выявлению положительных и отрицательных взаимосвязей между 50 показателями гематологического профиля свинок-первоопороков на 3–4-й день после рождения поросят с их многоплодием, среднесуточным приростом поросят-сосунов и их сохранностью за первые три недели жизни.

2. По многоплодию положительная взаимосвязь установлена с иммуноглобулинами G, лизоцимной активностью сыворотки крови; титром нормальных агглютининов; фагоцитарной активностью; бета-липопротеидами; альфа-, бета-, гамма-глобулинами; глобулинами; мочевиной; аланинаминотрансферазой; аспаратаминотрансферазой; лактатдегидрогеназой; щелочной фосфатазой; гамма-глутамилтрансферазой; амилазой; кобальтом.

3. Среднесуточный прирост имеет положительную взаимосвязь с бактерицидной и лизоцимной активностью сыворотки крови; эритроцитами; холестерином, бета-липопротеидами; альбумином; гамма-глобулинами, глобулинами; мочевиной; креатинином; общим билирубином; аспаратаминотрансферазой; лактатдегидрогеназой; щелочной фосфатазой; креатинкиназой; железом; кобальтом; марганцем.

4. Сохранность поросят имеет положительную взаимосвязь с иммуноглобулинами G и M, бактерицидной и лизоцимной сыворотки крови; холестерином; триглицеридами; бета-липопротеидами; глюкозой; сиаловыми кислотами; альбумином; мочевиной; креатинином; общим билирубином; аланинаминотрансферазой; аспаратаминотрансферазой; лактатдегидрогеназой; щелочной фосфатазой; гамма-глутамилтрансферазой; креатинкиназой; амилазой; калием; натрием; медью; кобальтом; цинком.

5. На основе криволинейных математических зависимостей разработана компьютерная программа, позволяющая на основе морфологических, биохимических и иммунологических показателей крови свинок-первоопороков моделировать их многоплодие, среднесуточный прирост поросят-сосунов в возрасте 21 день и сохранность поросят в течение первых трех недель жизни.

6. Использование программного продукта, основанного на криволинейных зависимостях по сравнению с прямолинейными, позволяет снизить фактическую ошибку моделирования по многоплодию с 6 до 0,5 %; среднесуточному приросту – с 30 до 20 %; сохранности поросят – с 15 до 7 %. При этом данные показатели были получены при сравнении граничных (крайних) показателей по выборке, которые не входят в диапазон двух стандартных отклонений (2 сигма), т.е. за пределами 95 % случаев. Если же моделировались данные, входящие в нормальное распределение, то при использовании криволинейных зависимостей ошибка не превышала 1–2 %.

Список использованных источников

1. *Никитченко, И. Н.* Адаптация, стрессы и продуктивность сельскохозяйственных животных / И. Н. Никитченко, С. И. Плященко, А. С. Зеньков. – Минск : Ураджай, 1988. – 200 с.
2. *Соляник, В. В.* Программно-математический метод для аналитического описания биологических и технологических процессов в животноводстве / В. В. Соляник // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т животноводства. – Минск, 2001. – Т. 36. – С. 348–359.
3. *Ершов, Ю. А.* Кинетика и термодинамика биохимических и физиологических процессов / Ю. А. Ершов, Н. Н. Мушкваров. – М. : Медицина, 1990. – 208 с.
4. *Соляник, А. В.* Общетеоретические основы использования численных методов в принятии управленческих решений в свиноводстве / А. В. Соляник, В. В. Соляник, А. А. Соляник ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2013. – 412 с.
5. *Понд, У. Дж.* Биология свиньи = The biology of the pig / У. Дж. Понд, К. А. Хаупт ; пер. В. В. Попов. – М. : Колос, 1983. – 334 с.
6. *Patten, B. M.* Embryology of the pig / B. M. Patten. – 3rd ed. – Philadelphia : Blakiston Co, 1948. – 352 p.
7. Growth including reproduction and morphological development / ed.: P. L. Altman, D. S. Dittmer. – Washington : Federation of Amer. Soc. for Experimental Biology, 1962. – 608 p.
8. Компьютерно-зоогигиеническое моделирование численных значений параметров естественной резистентности, гематологического профиля и продуктивности молодняка свиней товарных свиноккомплексов / С. В. Соляник [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2017. – №4. – С. 76–91.
9. *Соляник, С. В.* Компьютерная программа для расчета суточного гематологического профиля и естественной резистентности свиней в зависимости от их возраста и физиологической стадии / С. В. Соляник // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., с. Солоньево Займище, 18–19 мая 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост.: Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – Солоньево Займище, 2017. – С. 1468–1477.

10. 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. Солёное Займище, 18–19 мая 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост.: Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – Солёное Займище, 2017. – С. 1491–1497.

11. Соляник, В.В. Компьютерное моделирование изменения морфо-биохимических показателей крови и естественной резистентности организма супоросных и подсосных свиноматок / В.В. Соляник, С.В. Соляник // Свиноводство : міжвідом. темат. наук. зб. / Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т свинарства і агропром. вир-ва. – Полтава, 2014. – Вип. 65. – С. 209–215.

12. Соляник, В.В. Математическое описание суточных изменений показателей крови свиноматок в супоросный и подсосный периоды / В.В. Соляник, С.В. Соляник // 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 ; ред.: И. П. Шейко [и др.]. – Гродно, 2015. – С. 388–399.

13. Соляник, С.В. Компьютерное моделирование взаимосвязи гематологического профиля маток-первопороков с их продуктивностью / С.В. Соляник, В.В. Соляник // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., с. Солёное Займище, 18–19 мая 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост.: Н. А. Щербакова, А. П. Селиверстова. – Солёное Займище, 2017. – С. 1509–1514.

14. Соляник, А.В. Зоотехническая статистика в электронных таблицах / А.В. Соляник, В.В. Соляник, В.А. Соляник ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2012. – 433 с.

References

1. Nikitchenko I. N., Plyashchenko S. I., Zen'kov A. S. *Adaptation, stresses and performance of farm animals*. Minsk, Uradzhai Publ., 1988. 200 p. (in Russian).
2. Solyanik V. V. Program and mathematical method for analytical description of biological and technological processes in animal husbandry. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Zootechnical science of Belarus: collection of scientific papers]. Minsk, 2001, vol. 36, pp. 348–359 (in Russian).
3. Ershov Yu. A., Mushkambarov N. N. *Kinetics and thermodynamics of biochemical and physiological processes*. Moscow, Meditsina Publ., 1990. 208 p. (in Russian).
4. Solyanik A. V., Solyanik V. V., Solyanik A. A. *General theoretical bases of using numerical methods in making managerial decisions in pig breeding*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2013. 412 p. (in Russian).
5. Pond W. G., Houpt K. A. *The biology of the pig*. Ithaca, N.Y., Comstock Pub. Associates, 1978. 371 p. (Russ. ed.: Pond U. Dzh., Khaupt K. A. *Biologiya svin'i*. Moscow, Kolos Publ., 1983. 334 p.).
6. Patten B. M. *Embryology of the pig*. 3rd ed. Philadelphia, Blakiston Co, 1948. 352 p.
7. Altman P. L., Dittmer D. S. (eds.) *Growth including reproduction and morphological development*. Washington, Federation of American Societies for Experimental Biology 1962. 608 p.
8. Solyanik S. V., Khochenkov 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. *Vesti Natsyonal'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).
9. Solyanik S. V. Computer program for calculation of the daily hematological profile and natural resistance of pigs, depending on their age and physiological stage. *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. 1468–1477 (in Russian).
10. 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).
11. Solyanik V. V., Solyanik S. V. Computer simulation of changes of morphological and biochemical parameters of blood and natural resistance of organism of gestating and lactating sows. *Svinarstvo: mizhvidomchii tematichnii naukovii zbirnik* [Pork: Interdepartmental thematic scientific collection]. Poltava, 2014, iss. 65, pp. 209–215 (in Russian).
12. Solyanik V. V., Solyanik S. V. Mathematical description of daily variations in blood indicators of sows during gestation and suckling periods. *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: collection of materials of the 22nd International scientific and practical conference, Grodno, September 9–11, 2015]. Grodno, 2015, pp. 388–399 (in Russian).
13. Solyanik S. V., Solyanik V. V. Computer modeling of the relationship between the hematologic profile of first litter sows with their performance. *Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsial'no-ekonomicheskoe obespechenie sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferen-*

tsiya, s. Solenoye 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. 1509–1514 (in Russian).

14. Solyanik A. V., Solyanik V. V., Solyanik V. A. *Zootechnical statistics in spreadsheets*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2012. 433 p. (in Russian).

Информация об авторе

Соляник Сергей Валерьевич – аспирант, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, г. 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, г. Жодино, Республика Беларусь). E-mail: 28111959@mail.ru

Танана Людмила Александровна – доктор с.-х. наук, профессор, Гродненский государственный аграрный университет (ул. Терешковой, 28, 230008, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: nn_klimov@mail.ru

Пестис Мария Вацлавовна – кандидат экономических наук, доцент, Гродненский государственный аграрный университет (ул. Терешковой, 28, 230008, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: nn_klimov@mail.ru

Information about author

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. (Agriculture), 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

Tanana Lyudmila A. – D.Sc. (Agriculture), Professor. Grodno State Agrarian University (28 Tereshkovoi Str., Grodno 230008, Republic of Belarus). E-mail: nn_klimov@mail.ru

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