

ЖИВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА**ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE**

УДК 636.4.053:612.017.2:612.1

Поступила в редакцию 07.06.2017

Received 07.06.2017

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

**КОМПЬЮТЕРНО-ЗООГИГИЕНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ
ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ,
ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ
ТОВАРНЫХ СВИНОКОМПЛЕКСОВ**

Аннотация: Большинство зоотехнических исследований базируется на установлении влияния факторов разведения, кормления и содержания поголовья на формирование более высокого уровня продуктивности животных. Одним из источников понимания механизма влияния одного или нескольких зоотехнических факторов на продуктивность живых организмов является уровень естественной резистентности организма животных и их гематологического профиля. Для подтверждения установленного исследователями биологического механизма в научных публикациях указывается количественное содержание в крови подопытных животных различных морфологических и биохимических показателей. В основном гематологический профиль представлен двумя-тремя параметрами, характеризующими углеводный, липидный и белковый обмены (глюкоза, холестерин, общий белок и его фракции, ферменты (АСТ, АЛТ) и др.), а также макро- и микроэлементы (кальций, фосфор, железа, медь и др.). Для установления биологического механизма естественного течения обменных процессов в организме растущего молодняка свиней разработаны компьютерные модели, которые учитывают криволинейную взаимозависимость показателей крови свиней и их продуктивности и позволяют количественно «описать» формирование среднесуточных приростов молодняка свиней и соответствующего уровня естественной резистентности и гематологического профиля животных, имеющих конкретный уровень продуктивности. Также по показателям естественной резистентности организма свиней, морфологическим и биохимическим показателям крови можно определить среднесуточный прирост для конкретного гематологического показателя. Созданные компьютерные программы взаимосвязи среднесуточных приростов свиней и параметров их крови для биохимиков и биофизиков могут послужить зоотехнической теоретической основой для разработки кинетических моделей формирования уровня прироста молодняка свиней.

Ключевые слова: молодняк свиней, гематологический профиль, естественная резистентность, компьютерное моделирование

Для цитирования: Компьютерно-зоологическое моделирование численных значений параметров естественной резистентности, гематологического профиля и продуктивности молодняка свиней товарных свиноккомплексов / С. В. Соляник, А. А. Хоченков, Л. А. Танана, М. В. Пестис // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – №4. – С. 76–91.

S.V. Solyanik¹, A.A. Khochenkov¹, L.A. Tanana², M.V. Pestis²

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

²The Grodno State Agrarian University, Grodno, Belarus

**COMPUTER AND VETERINARY HYGIENE SIMULATION OF NUMERICAL VALUES OF PARAMETERS
OF NATURAL RESISTANCE, HEMATOLOGICAL PROFILE AND PERFORMANCE OF YOUNG PIGS AT PIG
BREEDING COMPLEXES**

Abstract: Most of zoology engineering studies are based on determining of effect of factors of breeding, feeding and management of livestock on formation of a higher level of animals performance. One of the sources to understand the mechanism of effect of one or several zoology engineering factors on performance of live organisms is the level of natural resis-

tance of animal organism and hematological profile. To confirm the biological mechanism established by researchers, the quantitative content of morphological and biochemical indices in blood of experimental animals is indicated in publications. Basically, hematological profile is represented by two or three parameters characterizing the carbohydrate, lipid and protein metabolism (glucose, cholesterol, total protein and its fractions, enzymes (AST, ALT), etc.), as well as macro- and microelements (calcium, phosphorus, iron, copper, etc.). For establishing the biological mechanism of the natural course of metabolic processes in organism of growing young pigs, computer models have been developed taking into account the curvilinear correlation of pigs blood indicators and their performance and allow to make quantitative "description" of average daily weight gain growth of young pigs and the corresponding level of natural resistance and hematological profile of animals with a specific performance level. Also, according to the indicators of natural resistance of pigs' organism, morphological and biochemical indicators of blood, it is possible to determine the average daily weight gain for a specific hematological indicator. The developed computer programs for correlating the pigs average daily weight gain and their blood parameters can serve for biochemists and biophysicists as a zoology engineering theoretical basis for development of kinetic models for forming the level of young pigs weight gain.

Keywords: young pigs, hematological profile, natural resistance, computer simulation

For citation: 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'nay akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2017, no 4, pp. 76–91 (in Russian).

Введение. Ученым-зоотехникам как представителям сельскохозяйственной отрасли науки больше, чем исследователям в биологической или ветеринарной науке, 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 [1].

По рекомендациям ученых в области ветеринарии и зоогигиены, у 3–5 % животных от общего поголовья, находящегося в помещении, путем взятия образцов крови определяют концентрацию в биологическом материале различных морфологических, биохимических параметров, а также исследуют гуморальные и клеточные факторы защиты организма животных, т.е. их уровень естественной резистентности¹. 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.

За последние полвека количество исследований, посвященных повышению продуктивности свиней, во всем мире исчисляется тысячами, если не десятками тысяч. В большинстве исследований указывают количественное содержание в крови подопытных животных различных морфологических и биохимических показателей. При этом, как правило, те животные, которые имеют более высокий уровень продуктивности, «обладают» и более высокими значениями гематологических показателей, но никогда не выходящими за физиологическую норму (референтные³ (референсные⁴) границы)⁵.

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

² Справочник по болезням сельскохозяйственных животных / Д. Д. Бутьянов, И. М. Карпуть, М. В. Якубовский, С. С. Абрамов, П. Я. Конопелько, В. М. Лемеш, Ф. Ф. Порохов, В. М. Воскобойников, Э. И. Веремей, М. А. Антюков, Т. Г. Никулин]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1990. – 352 с.

³ Рекомендации по клинико-биохимическому контролю состояния здоровья свиней / [А. П. Курдеко, А. А. Мацинович, В. В. Емельянов, И. З. Севрюк, А. П. Демидович, С. В. Кирпиченко] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины – Витебск, 2003. – 56 с. ; Лабораторные методы исследования в клинике : справочник / В. В. Меньшиков [и др.] ; под ред. В. В. Меньшикова. – Москва : Медицина, 1987. – 368 с. ; Мацинович, А. А. Микроэлементозы сельскохозяйственных животных: диагностика, лечение и профилактика : справочник / А. А. Мацинович, А. П. Курдеко, Ю. К. Коваленок. – Витебск : ВГАВМ, 2005. – 169 с. ; Рекомендации по диспансеризации свиноматок в условиях промышленных комплексов / [А. П. Курдеко, Ю. К. Коваленок, А. О. Сидоренко, С. В. Петровский, Н. К. Хлебус, С. А. Николаенко] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины, Кафедра клинической диагностики. – Витебск, 2009. – 34 с.

⁴ Референтные значения. Что это значит? [Электрон. ресурс] // Ситилаб. – 2005–2017. – Режим доступа: <https://citilab.ru/shelkovskaya/about/nashi-tehnologii/ref-ranges.aspx> – Дата доступа: 15.05.2017.

⁵ Биохимический контроль состояния здоровья свиней : рекомендации для руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, врачей ветеринарной медицины, слушателей ФПК, аспирантов, магистрантов,

Анализ научных публикаций на соискание ученой степени в сельскохозяйственной отрасли науки по специальности зоотехнического и ветеринарного профиля показал, что в них присутствует информация о различиях между опытными и контрольными группами по гематологическим показателям подопытных животных. Уровень таких различий обычно не высокий (до 5–10 %), но достоверный. Авторы обычно указывают достоверно большую концентрацию эритроцитов и гемоглобина и высказывают предположение о том, что это «связано» с положительным действием селекционного (кормленческого, зоогигиенического, технологического и др.) фактора, который «стимулирует обменные процессы в организме животных». Однако как в действительности влияет исследуемый технологический фактор на кроветворение вообще и на образование эритроцитов в частности, а тем более на концентрацию в них гемоглобина, никаких достоверных данных не приводится.

Например, в защищенном недавно диссертационном исследовании автор писал, что «состояние естественной резистентности организма – одно из важнейших физиологических проявлений устойчивости и жизнедеятельности животных. Увеличение фагоцитарной активности указывает на усиление защитных сил организма. Снижение уровня показателя бактерицидной активности сыворотки крови указывает на глубокие нарушения в иммунных процессах, повышение уровня оценивается положительно» [2, с. 10–14].

Анализ научных исследований по зоотехнии показал, что не имеет значения, какие виды сельскохозяйственных животных участвуют в научно-практическом эксперименте, и неважно, какие зоотехнические и технологические факторы изучаются. В любом научно-исследовательской работе тот или иной фактор приводит к увеличению значений гематологических показателей крови и уровня естественной резистентности в опытных группах по сравнению с контрольными животными. При этом, согласно требованиям методик проведения зоотехнических экспериментов, от животных контрольных и опытных групп берут на гематологические исследования по 3–5 образцов крови (КРС, свиньи) или максимум 10 образцов (птица и другие мелкие животные).

Если проанализировать физиологические (референтные) нормы⁶, то можно заметить, что подавляющее число морфологических и биохимических показателей имеют значительные границы отличий между минимальными и максимальными величинами (в десятки процентов, а то и в разы) и, следовательно, высокий коэффициент вариации. Это указывает на то, что на гематологические показатели и уровень естественной резистентности оказывают влияние не столько технологические приемы и условия содержания поголовья, сколько индивидуальные особенности течения обменных процессов у конкретного животного. Возникает вопрос: как получается, что у подопытных животных, участвующих в научных экспериментах, различия в гематологических показателях находятся на минимальном уровне, причем разница статистически достоверна.

Одной из важнейших задач зоогигиенической и зоотехнической науки является разработка компьютерных моделей, позволяющих адекватно описывать тенденции формирования гематологического профиля, уровня естественной резистентности молодняка свиней и взаимосвязь этих параметров с продуктивностью [3].

студентов факультета ветеринарной медицины / А. П. Курдеко, Н. К. Хлебус, С. В. Петровский, И. Н. Дубина, А. П. Демидович, А. А. Мацинович ; Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред. О. Г. Толмачева. – Горки : БГСХА, 2013. – 48 с.; Андрушкевич, В. В. Биохимические показатели крови, их референсные значения, причины изменения уровня в сыворотке крови [г. Новосибирск, 2006] / В. В. Андрушкевич // Лабораторная диагностика INVITRO [Электрон. ресурс]. – ООО «Лабораторная диагностика ИНВИТРО», 2004–2011. – Режим доступа: http://www.labdiagnostic.ru/docs/specialists/bioxim_pokazat.shtml

⁶ Холод В. М., Ермолаев Г. Ф. Справочник по ветеринарной биохимии. – Минск : Ураджай, 1988. – 168 с. ; Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии / И. П. Кондрахин, П. В. Куринов, А. Г. Малахов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 287 с.; Лабораторные методы исследования в клинике : справочник / В. В. Меньшиков [и др.]; под ред. В. В. Меньшикова. – Москва : Медицина, 1987. – 368 с.; Рекомендации по диспансеризации свиноматок в условиях промышленных комплексов / [А. П. Курдеко, Ю. К. Коваленок, А. О. Сидоренко, С. В. Петровский, Н. К. Хлебус, С. А. Николаенко] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины, Кафедра клинической диагностики. – Витебск, 2009. – 34 с. ; Биохимический контроль состояния здоровья свиней : рекомендации для руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, врачей ветеринарной медицины, слушателей ФПК, аспирантов, магистрантов, студентов факультета ветеринарной медицины / А. П. Курдеко, Н. К. Хлебус, С. В. Петровский, И. Н. Дубина, А. П. Демидович, А. А. Мацинович ; Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред. О. Г. Толмачева. – Горки : БГСХА, 2013. – 48 с.

Цель работы – компьютерно-зоогигиеническое моделирование численных значений параметров естественной резистентности, гематологического профиля и продуктивности молодняка свиной товарных свинокомплексов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Гродненском государственном аграрном университете в 2016–2017 гг. Для практического решения задач использовали возможности Data Mining⁷, Meta-analysis [4], которые позволили провести зоогигиенический скрининг [5].

Исходными данными для разработки компьютерной модели послужили первичные зоотехнические документы работы товарного свинокомплекса мощностью 3,8 тыс. т ежегодного валового привеса (ОАО «Агрокомбинат «Восход», Могилевский район). Свинокомплекс функционировал по двухфазной технологии, т.е. когда поросята от рождения до передачи на откорм в течение 12 недель находятся в тех же станках, в которых и родились. Почти весь период эксплуатации на свинокомплексе применялось трехпородное ротационное скрещивание свиней белорусской крупной белой, белорусской черно-пестрой и эстонской беконной (ландрас) пород и саморемонт маточного стада.

Для установления математической взаимосвязи естественной резистентности организма поросят, биохимических параметров крови и продуктивности свиней (живой массы и средне-суточного прироста) случайным образом было помечено пять станков, в которых содержались основные свиноматки с многоплодием 11 поросят, которые опоросились в один день. Спустя 70 дней только в двух станках осталось равное количество поросят (10 гол.). У каждого животного были отобраны образцы крови, также они были индивидуально взвешены на весах (точность до 0,1 кг). Аналогичным способом, т.е. взвешивание и взятие образцов крови, поступили, когда возраст подконтрольного поголовья составил 40 недель (средняя живая масса 125 кг).

Все животные подвергались плановым технологическим перемещениям, профилактическим вакцинациям, схемам забора крови и ветеринарно-зоотехническим обработкам. Кормление животных 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 зоогигиенических научно-производственные эксперименты.

Учитывая, что мы проводили наблюдения за животными в технологических условиях свинокомплекса, а не ставили зоотехнический эксперимент, то все группы были контрольными и обозначали их не цифрами (I, II, III и др.), а буквами (A, B, C). К группе A были отнесены животные с живой массой ≤ 20 кг включительно (8 гол.), к группе B – животные ≤ 25 кг (5 гол.), к группе C – поросята более 25 кг (7 гол.). Необходимо еще раз подчеркнуть, что в технологический процесс мы не вмешивались и искусственных условий для подконтрольного поголовья не создавали.

Кровь у свиней 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 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,

⁷ Горбунов Л. В., Клещев Н. Ф. Учебное пособие по курсу «Биометрия» для студентов специальности 7.092901 «Промышленная биотехнология». – Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. – 227 с.

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. Гостева⁸.

Все полученные первичные данные были статистически обработаны [6], а также на их основе созданы база данных, разработаны математические зависимости, для каждого из исследованного показателя крови и среднесуточных приростов подопытных животных, и компьютерные программы [7, 8].

Компьютерные программы (табл. 1, 2) позволяют осуществить моделирование численных значений гематологических показателей по среднесуточным приростам молодняка свиней на выращивании и до достижения половозрелости (табл. 1, диапазон ячеек A1:C54 листа табличного процессора MS Excel), а также определения среднесуточных приростов по гематологическим параметрам (табл. 2, диапазон ячеек A1:E49) [9].

В табл. 1 в ячейки B2 и C2 вручную вносятся значения продолжительности технологического периода (в днях), а в ячейки B3 и C3 – фактические среднесуточные приросты за эти периоды.

Т а б л и ц а 1. Блок-программа определения гематологического профиля свиней по среднесуточным приростам

Table 1. Block-program for determination of hematological profile of pigs by the average daily weight gains

	A	B	C
1	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	Подсосный период и дорращивание	Откорм и выращивание ремонтного молодняка
2	Продолжительность периода, дни	70	182
3	Среднесуточный прирост за период, г	316	541
4	Прирост живой массы за период, кг	$=B2*B3/1000$	$=(C2-B2)*C3/1000$
5	Живая масса по окончанию выращивания, кг		$=B4+C4$
6	Среднесуточный прирост от рождения до окончания выращивания, г		$=(B4+C4)/C2*1000$
7	ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ		
8	Эритроциты, $10^{12}/л$	$=3,3677984+0,013282706*B3-0,000023304893*B3^2$	$=3,6644949+0,0099104147*C3-0,000012218181*C3^2$
9	Гемоглобин, г/л	$=2,5827797+0,048695812*B3-0,00008503*B3^2$	$=2,0594806+0,047469714*C3-0,000057880751*C3^2$
10	Лейкоциты, $10^9/л$	$=-22,9545+0,21861547*B3-0,000035839597*B3^2$	$=-20,478368+0,136852*C3-0,000015755572*C3^2$
11	Холестерин, ммоль/л	$=0,15812988+0,014281047*B3-0,0000218209*B3^2$	$=0,14626847+0,010088948*C3-0,000010845902*C3^2$
12	Триглицериды, ммоль/л	$=-0,34312642+0,0074141217*B3-0,000009911*B3^2$	$=-0,36967959+0,0053419767*C3-0,0000050578268*C3^2$
13	Бета-липопротеиды, ммоль/л	$=-0,31489552+0,0049930424*B3-0,0000090821371*B3^2$	$=-0,24533395+0,0029918173*C3-0,000003906093*C3^2$
14	Глюкоза, ммоль/л	$=-4,9748536+0,068344596*B3-0,000093975*B3^2$	$=-3,0716699+0,029765463*C3-0,000028705128*C3^2$

⁸ Шкала оценки уровней естественной резистентности сельскохозяйственных животных : учеб.-метод. пособие / С. И. Плященко [и др.]. – Минск : УП «Арти-Фекс», 2001. – 41 с.

Продолжение табл. 1

	А	В	С
15	Сиаловые кислоты, ед. опт. плотности	$=89,798\,937-0,42\,625\,779*B3+0,000\,699\,999\,323*B3^2$	$=115,10\,474-0,38\,390\,192*C3+0,000\,442\,272\,158*C3^2$
16	Общий белок, г/л	$=16,524\,939+0,34\,783\,849*B3-0,000\,062\,932\,523*B3^2$	$=21,056\,904+0,31\,409\,013*C3-0,000\,398\,998*C3^2$
17	Альбумины, всего, г/л	$=9,080\,1953+0,24\,834\,321*B3-0,000\,041\,756\,388*B3^2$	$=11,806\,664+0,22\,494\,804*C3-0,000\,026\,558\,002*C3^2$
18	Альфа-глобулины, г/л	$=6,6735\,441+0,026\,737\,744*B3-0,000\,061\,315*B3^2$	$=7,219\,839+0,021\,554\,517*C3-0,000\,034\,169\,737*C3^2$
19	Бета-глобулины, г/л	$=9,254\,7263+0,012\,824\,773*B3-0,000\,037\,127*B3^2$	$=10,120\,867+0,010\,060\,638*C3-0,000\,020\,287\,179*C3^2$
20	Гамма-глобулины, г/л	$=7,3504\,364+0,073\,988\,759*B3-0,000\,013\,450\,253*B3^2$	$=10,758\,532+0,076\,754\,625*C3-0,000\,097\,965\,989*C3^2$
21	Глобулины, всего, г/л	$=23,197\,685+0,113\,949*B3-0,000\,023\,353\,704*B3^2$	$=29,651\,226+0,102\,766\,85*C3-0,000\,014\,783\,361*C3^2$
22	Альбумины, всего, %	$=20,832\,669+0,13\,435\,843*B3-0,000\,001\,981\,847*B3^2$	$=20,894\,589+0,094\,731\,671*C3-0,000\,098\,142\,425*C3^2$
23	Альфа-глобулины, %	$=23,986\,479-0,055\,650\,156*B3+0,000\,000\,764\,998*B3^2$	$=21,018\,609-0,034\,210\,734*C3+0,000\,032\,968\,993*C3^2$
24	Бета-глобулины, %	$=26,354\,64-0,065\,377\,737*B3+0,000\,009\,438\,199*B3^2$	$=22,303\,548-0,038\,868\,439*C3+0,000\,039\,432\,308*C3^2$
25	Гамма-глобулины, %	$=29,299\,005-0,016\,422\,095*B3+0,000\,032\,350\,352*B3^2$	$=33,573\,003-0,013\,569\,395*C3+0,000\,018\,682\,593*C3^2$
26	Глобулины, всего, %	$=79,779\,975-0,138\,650\,002*B3+0,000\,020\,563\,042*B3^2$	$=79,520\,355-0,096\,877\,792*C3+0,000\,010\,086\,248*C3^2$
27	Мочевина, ммоль/л	$=4,0259\,632+0,011\,287\,124*B3-0,000\,001\,875\,395*B3^2$	$=3,9670\,885+0,0078\,153\,031*C3-0,000\,000\,091\,060\,487*C3^2$
28	Мочевая кислота, ммоль/л	$=24,314\,562+0,154\,296\,05*B3-0,000\,003\,872\,788*B3^2$	$=101,13\,024+0,459\,901\,119*C3-0,000\,080\,783\,101*C3^2$
29	Креатинин, мкмоль/л	$=6,4912\,823+0,719\,128*B3-0,000\,012\,471\,532*B3^2$	$=6,121\,7063+0,500\,851\,83*C3-0,000\,060\,990\,138*C3^2$
30	Общий билирубин, мкмоль/л	$=0,7388\,755+0,111\,727\,45*B3-0,000\,020\,857\,033*B3^2$	$=2,600\,992+0,208\,883\,22*C3-0,000\,027\,376\,468*C3^2$
31	Прямой билирубин, мкмоль/л	$=12,0486\,645-0,030\,913\,14*B3+0,000\,029\,441\,473*B3^2$	$=34,106\,465-0,064\,172\,158*C3+0,000\,044\,795\,094*C3^2$
32	Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	$=17,721\,027+0,094\,670\,741*B3-0,000\,019\,865\,588*B3^2$	$=16,500\,482+0,062\,526\,144*C3-0,000\,092\,035\,786*C3^2$
33	Аспаргатаминотрансфераза, ИЕ/л	$=56,994\,405-0,102\,993\,45*B3+0,000\,012\,169\,048*B3^2$	$=48,299\,563-0,061\,371\,308*C3+0,000\,050\,950\,744*C3^2$
34	Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	$=2207,1886-8,353\,046*B3+0,0085\,820\,976*B3^2$	$=1142,4648-3,036\,0976*C3+0,0021\,898\,724*C3^2$
35	Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	$=155,313\,43+1,814\,7955*B3-0,002\,903\,801*B3^2$	$=65,175\,712+0,533\,941\,35*C3-0,000\,059\,998\,961*C3^2$
36	Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	$=30,726\,037+0,466\,957\,29*B3-0,000\,084\,954\,801*B3^2$	$=37,698\,956+0,408\,873\,833*C3-0,000\,051\,208\,046*C3^2$
37	Креатинкиназа, ИЕ/л	$=672,764\,69-1,138\,425\,3*B3+0,001\,722\,257*B3^2$	$=575,4967-0,684\,833\,28*C3+0,000\,072\,764\,583*C3^2$
38	Амилаза, ИЕ/л	$=111,319\,32-0,1861\,496*B3+0,000\,031\,749\,673*B3^2$	$=375,85\,722-0,441\,251\,87*C3+0,000\,052\,842\,528*C3^2$
39	Кальций, ммоль/л	$=1,5819\,868+0,010\,680\,238*B3-0,000\,001\,837\,588*B3^2$	$=1,311\,3941+0,0060\,473\,965*C3-0,000\,000\,073\,220\,865*C3^2$
40	Фосфор, ммоль/л	$=4,0447\,286-0,011\,761\,918*B3+0,000\,000\,011\,511\,376*B3^2$	$=3,0497\,516-0,000\,046\,748\,141*C3+0,000\,000\,024\,995\,074*C3^2$
41	Медь, мкмоль/л	$=7,3613\,727-0,022\,336\,708*B3+0,000\,003\,249\,707*B3^2$	$=5,4673\,987-0,011\,478\,64*C3+0,000\,011\,693\,774*C3^2$

Окончание табл. 1

	A	B	C
42	Железо, ммоль/л	$=-0,45651345+0,040747088*B3-0,000067973546*B3^2$	$=-0,66904725+0,031677684*C3-0,000037066225*C3^2$
43	Кобальт, мкмоль/л	$=2,1790225-0,013065175*B3+0,000022588254*B3^2$	$=12,10678-0,050954518*C3+0,000061840755*C3^2$
44	Марганец, мкмоль/л	$=0,78225501+0,015088333*B3-0,000024597102*B3^2$	$=0,25231563+0,0030428269*C3-0,000035140134*C3^2$
45	Цинк, мкмоль/л	$=-7,5200123+0,078056067*B3-0,00012328458*B3^2$	$=-5,2891569+0,03844761*C3-0,000042677864*C3^2$
46	Иммуноглобулин G, мг/дл	$=1911,4821-10,589429*B3+0,016399391*B3^2$	$=3931,489-15,297862*C3+0,016638265*C3^2$
47	Иммуноглобулин M, мг/дл	$=312,28253-1,6212696*B3+0,0025744938*B3^2$	$=468,22955-1,7081497*C3+0,0019050756*C3^2$
48	Бактерицидная активность, %	$=-4,2848698+0,16506489*B3-0,00025532401*B3^2$	$=-3,4950021+0,09287014*C3-0,00010092129*C3^2$
49	Лизоцимная активность, %	$=34,034477-0,083377505*B3+0,00013191811*B3^2$	$=35,359213-0,060720618*C3+0,0000674818*C3^2$
50	Нормальных агглютининов, титр	$=-11,773423+0,12552285*B3-0,00020921926*B3^2$	$=-11,848784+0,088518174*C3-0,00010362664*C3^2$
51	Фагоцитарная активность	$=-39,91152+0,67686891*B3-0,001317082*B3^2$	$=-38,47657+0,45647217*C3-0,0006304983*C3^2$
52	Фагоцитарное число	$=-0,84160539+0,042875051*B3-0,00009740937*B3^2$	$=-2,2440437+0,077446655*C3-0,00012339235*C3^2$
53	Фагоцитарный индекс	$=19,540533-0,06708036*B3+0,000085491716*B3^2$	$=54,36942-0,12995856*C3+0,00011561447*C3^2$
54	Фагоцитарная емкость	$=-60,902583+1,2002057*B3-0,002376216*B3^2$	$=-135,34949+1,8672466*C3-0,0025961061*C3^2$

Изменение гематологических значений (табл. 2), вносимых в диапазон В3:В49 и D3:D49 автоматически пересчитывает уровень среднесуточного прироста для конкретного морфологического, биохимического и иммунологического показателя.

Т а б л и ц а 2. Блок-программа определения среднесуточного прироста по гематологическим показателям молодняка свиней

T a b l e 2. Block-program for determining the average daily weight gain by hematological parameters of young pigs

	A	B	C	C
1	Технологический период	Подсосный и дорастивание		
2		Среднесуточный прирост, г		
3	Эритроциты, $10^{12}/л$	5,2	$=506195,97-196399,99*B3+19057,112*B3^2$	316
4	Гемоглобин, г/л	9,5	$=111814,68-24316,178*B4+1324,3369*B4^2$	316
5	Лейкоциты, $10^9/л$	10,3	$=18098,167-3804,9322*B5+201,66218*B5^2$	316
6	Холестерин, ммоль/л	2,5	$=-80648,618+66883,575*B6-13801,669*B6^2$	316
7	Триглицериды, ммоль/л	1,0	$=6527,8796-13984,189*B7+7756,251*B7^2$	316
8	Бета-липопротеиды, ммоль/л	0,4	$=-27094,763+179132,35*B8-286898,4*B8^2$	316
9	Глюкоза, ммоль/л	7,2	$=8137,6793-2465,7311*B9+191,36366*B9^2$	316
10	Сиаловые кислоты, ед. опт. плотности	25,0	$=33951,755-2523,4929*B10+47,122507*B10^2$	316
11	Общий белок, г/л	63,6	$=-772519,32+25527,844*B11-210,31989*B11^2$	316

Продолжение табл. 2

	А	В	С	С
12	Альбумины, всего, г/л	27,7	$=42355,702-3173,4588*B12+59,775451*B12^2$	316
13	Альфа-глобулины, г/л	9,0	$=-2544,9256+747,15775*B13-47,697459*B13^2$	316
14	Бета-глобулины, г/л	9,6	$=-2010,0557+591,74776*B14-36,401072*B14^2$	316
15	Гамма-глобулины, г/л	17,3	$=-395024,51+47548,016*B15-1427,5123*B15^2$	316
16	Глобулины, всего, г/л	35,9	$=-11081,105+687,56528*B16-10,309113*B16^2$	316
17	Альбумины, всего, %	43,5	$=-344777,59+16189,311*B17-189,79598*B17^2$	316
18	Альфа-глобулины, %	14,0	$=61936,768-8406,3686*B18+286,14138*B18^2$	316
19	Бета-глобулины, %	15,1	$=-797340,72+102244,69*B19-3273,1225*B19^2$	316
20	Гамма-глобулины, %	27,3	$=-755676,47+54752,343*B20-991,25187*B20^2$	316
21	Глобулины, всего, %	56,5	$=-528273,39+18441,361*B21-160,81055*B21^2$	316
22	Мочевина, ммоль/л	5,7	$=1257092,8-443282,68*B22+39085,045*B22^2$	316
23	Мочевая кислота, ммоль/л	34,4	$=4,8704837+31,602599*B23-0,65575978*B23^2$	316
24	Креатинин, мкмоль/л	109,2	$=63676,113-1208,5549*B24+5,7539753*B24^2$	316
25	Общий билирубин, мкмоль/л	13,7	$=-14429,497+2379,7676*B25-95,093693*B25^2$	316
26	Прямой билирубин, мкмоль/л	5,2	$=1178,382-244,60823*B26+15,210908*B26^2$	316
27	Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	27,8	$=-6375,6274+533,76214*B27-10,541587*B27^2$	316
28	Аспаргатаминотрансфераза, ИЕ/л	36,6	$=11039,676-539,2168*B28+6,7273273*B28^2$	316
29	Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	424,6	$=532,40378-0,64919994*B29+0,00032862666*B29^2$	316
30	Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	128,2	$=-48807,818+815,74976*B30-3,3741704*B30^2$	316
31	Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	32,0	$=-23948,678+1778,1964*B31-31,872662*B31^2$	316
32	Креатинкиназа, ИЕ/л	485,0	$=-504088,4+2055,3503*B32-2,0934872*B32^2$	316
33	Амилаза, ИЕ/л	84,2	$=640647,5-15041,617*B33+88,322202*B33^2$	316
34	Кальций, ммоль/л	3,1	$=242126,95-157912,81*B34+25771,605*B34^2$	316
35	Фосфор, ммоль/л	3,8	$=185299,38-95295,808*B35+12265,511*B35^2$	316
36	Медь, мкмоль/л	3,5	$=-162002,92+87730,289*B36-11832,265*B36^2$	316
37	Железо, ммоль/л	5,6	$=79238,162-28990,903*B37+2659,3989*B37^2$	316
38	Кобальт, мкмоль/л	0,3	$=2712,9922-13111,023*B38+17247,434*B38^2$	316
39	Марганец, мкмоль/л	3,1	$=676176,53-445951,54*B39+73532,392*B39^2$	316
40	Цинк, мкмоль/л	4,8	$=-17389,417+7886,2387*B40-873,69424*B40^2$	316
41	Иммуноглобулин G, мг/дл	202,8	$=-1437,4665+14,544893*B41-0,0290855839*B41^2$	316
42	Иммуноглобулин M, мг/дл	57,0	$=-9942,1254+325,8705*B42-2,5601261*B42^2$	316
43	Бактерицидная активность, %	22,4	$=-54674,052+5088,4422*B43-117,5755*B43^2$	316
44	Лизоцимная активность, %	20,9	$=-368197,83+34770,796*B44-819,97817*B44^2$	316
45	Нормальных агглютининов, титр	7,0	$=12138,922-3697,1362*B45+286,87821*B45^2$	316
46	Фагоцитарная активность	41,0	$=-133,57007+35,507926*B46-0,59860495*B46^2$	316
47	Фагоцитарное число	3,0	$=351,60489+48,679324*B47-20,344723*B47^2$	316
48	Фагоцитарный индекс	6,9	$=2990,817-665,0819*B48+40,159935*B48^2$	316
49	Фагоцитарная емкость	81,1	$=-214,24731+20,160805*B49-0,16799136*B49^2$	316

Окончание табл. 2

	A	D	E	E
1	Технологический период	Откорм и выращивание ремонтного молодняка		
2			Среднесуточный прирост, г	
3	Эритроциты, 10 ¹² /л	5,4	=755625,7–271752,07*D3+24441,177*D3 ²	541
4	Гемоглобин, г/л	10,8	=120070,43–21190,397*D4+937,30159*D4 ²	541
5	Лейкоциты, 10 ⁹ /л	7,4	=25757,193–6085,9271*D5+362,51579*D5 ²	541
6	Холестерин, ммоль/л	2,4	=–115115,74+95523,975*D6–19723,708*D6 ²	541
7	Триглицериды, ммоль/л	1,0	=10769,207–23085,185*D7+12740,741*D7 ²	541
8	Бета-липопротеиды, ммоль/л	0,2	=–7089,8889+58637,5*D8–110694,44*D8 ²	541
9	Глюкоза, ммоль/л	4,6	=11206,874–5447,0939*D9+678,93077*D9 ²	541
10	Сиаловые кислоты, ед. опт. плотности	37,0	=48389,823–2809,917*D10+40,993672*D10 ²	541
11	Общий белок, г/л	74,2	=–1111710,2+28631,621*D11–183,85056*D11 ²	541
12	Альбумины, всего, г/л	32,2	=60349,946–3514,2758*D12+51,447292*D12 ²	541
13	Альфа-глобулины, г/л	8,9	=–4093,8953+1057,5872*D13–60,319767*D13 ²	541
14	Бета-глобулины, г/л	9,6	=–2923,7356+779,58626*D14–43,595588*D14 ²	541
15	Гамма-глобулины, г/л	23,6	=–565044,5+46215,622*D15–942,83291*D15 ²	541
16	Глобулины, всего, г/л	42,0	=–15700,743+761,16539*D16–8,9155073*D16 ²	541
17	Альбумины, всего, %	43,4	=–490826,44+22967,169*D17–268,32228*D17 ²	541
18	Альфа-глобулины, %	12,2	=83659,468–12950,398*D18+502,87807*D18 ²	541
19	Бета-глобулины, %	12,8	=–971857,44+147261,63*D19–5570,3213*D19 ²	541
20	Гамма-глобулины, %	31,7	=–1118827,9+70925,99*D20–1123,4911*D20 ²	541
21	Глобулины, всего, %	56,6	=–762737,45+26697,04*D21–233,4222*D21 ²	541
22	Мочевина, ммоль/л	5,5	=1886594,8–674654,11*D22+60324,695*D22 ²	541
23	Мочевая кислота, ммоль/л	113,5	=1,0772189+10,799245*D23–0,053235383*D23 ²	541
24	Креатинин, мкмоль/л	98,6	=90515,432–1737,0247*D24+8,3619034*D24 ²	541
25	Общий билирубин, мкмоль/л	30,8	=–20609,3+1279,2407*D25–19,240371*D25 ²	541
26	Прямой билирубин, мкмоль/л	12,5	=1740,2274–135,60833*D26+3,1736111*D26 ²	541
27	Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	23,4	=–9117,3925+815,77082*D27–17,222853*D27 ²	541
28	Аспаратаминотрансфераза, ИЕ/л	30,0	=15745,915–908,159*D28+13,378787*D28 ²	541
29	Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	140,9	=757,61652–1,7832403*D29+0,0017429908*D29 ²	541
30	Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	48,1	=–69428,037+2775,4158*D30–27,457482*D30 ²	541
31	Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	29,3	=–34177,056+2082,1712*D31–30,623026*D31 ²	541
32	Креатинкиназа, ИЕ/л	418,0	=–716746,29+3418,1048*D32–4,0720228*D32 ²	541
33	Амилаза, ИЕ/л	291,8	=917228,09–6378,3099*D33+11,092594*D33 ²	541
34	Кальций, ммоль/л	2,4	=354668,19–283215,92*D34+56590,91*D34 ²	541
35	Фосфор, ммоль/л	2,9	=154602,57–102469,98*D35+16999,996*D35 ²	541
36	Медь, мкмоль/л	2,7	=–308401,36+221851,67*D36–39766,666*D36 ²	541
37	Железо, ммоль/л	5,6	=111164,05–37695,538*D37+3204,9326*D37 ²	541
38	Кобальт, мкмоль/л	2,6	=3871,3921–3370,9043*D38+799,01216*D38 ²	541
39	Марганец, мкмоль/л	0,9	=475560,99–1065825*D39+597499,99*D39 ²	541
40	Цинк, мкмоль/л	3,0	=–25216,188+16404,906*D40–2607,9665*D40 ²	541
41	Иммуноглобулин G, мг/дл	524,7	=–2043,8048+10,074877*D41–0,00981247*D41 ²	541
42	Иммуноглобулин M, мг/дл	101,7	=–14181,52+310,6516*D42–1,6311444*D42 ²	541
43	Бактерицидная активность, %	17,2	=–77831,918+9077,0035*D43–262,81732*D43 ²	541
44	Лизоцимная активность, %	22,3	=–533053,74+48393,938*D44–1097,1665*D44 ²	541
45	Нормальных агглютининов, титр	5,7	=17120,001–5214,3887*D45+404,70858*D45 ²	541
46	Фагоцитарная активность	23,9	=–189,78123+52,761486*D46–0,92882016*D46 ²	541
47	Фагоцитарное число	3,5	=500,2104+27,237115*D47–4,439161*D47 ²	541
48	Фагоцитарный индекс	17,9	=4079,5182–320,7405*D48+6,874745*D48 ²	541
49	Фагоцитарная емкость	115,0	=–299,4891+12,908463*D49–0,048694455*D49 ²	541

В табл. 2 значение биохимических показателей крови фиксируются в ячейки в диапазоне В3:В49 и D3:D49. Программа по численным гематологическим параметрам, которые вводятся пользователем вручную, рассчитывает продуктивность свиней для конкретного технологического периода.

Результаты и их обсуждение. С точки зрения сельскохозяйственных наук, в том числе зоотехнии и зоогигиены, критерием оптимального течения обменных процессов в организме животных является комплексный показатель, включающий: технологически приемлемый уровень сохранности поголовья, зоотехнически обоснованный уровень продуктивности животных и продуктивное долголетие животных основного стада.

Условная градация подконтрольного поголовья (табл. 3) показала, что поросята группы В имели большую живую массу на 70-й день жизни и среднесуточный прирост за 10-недельный период по сравнению с животными группы А на 30 и 32 % соответственно, но меньше по отношению к животным группы С – на 17 и 20 %, при этом поросята группы С превосходила животных группы А по живой массе на 55,2 %, а по среднесуточному приросту – 59 %.

Т а б л и ц а 3. Показатели продуктивности поросят в возрасте 70 дней
T a b l e 3. Pigs performance indicators at the age of 70 days

Группы	Живая масса поросенка, кг	Среднесуточный прирост, г
А	17,9±0,64	238±9,12
В	23,3±0,86** ab, bc	316±12,2** ab, bc
С	27,8±0,52*** ac	380±7,48***ac

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$; ab, bc, ac – сравнение групп.

Статистическая обработка данных по наблюдению за поросятами от рождения до достижения ими 10-недельного возраста показало, что вариабельность живой массы составила 20 %, а среднесуточного прироста – 21,9 %. Таким образом, природно-технологическое течение производственного процесса и достаточно высокая вариабельность формирования живой массы поросят приводят к «естественному расслоению» их по среднесуточным приростам за подсосный период и дорастивание. Так, в группе А среднесуточный прирост был в пределах 194–266 г, в группе В – 282–348 г, в группе С – 357–411 г.

С ветеринарной точки зрения, животные должны быть клинически и лабораторно здоровы, т.е. исследуемые физиологические параметры не должны быть ниже или выше референсных норм. Биохимический анализ крови – это практически зеркало всего нашего организма. Малейшее изменение в его состоянии отражается и в анализе крови. Биохимический анализ крови помогает поставить диагноз, определить стадию заболевания и назначить лечение⁹.

На основе полученных и статистически обработанных данных установлено (см. табл. 3), что естественное распределение поросят одинакового возраста, по мере их роста по весовым условиям приводит к изменению естественной резистентности их организма и гематологического профиля (табл. 4–8).

Установлены следующие достоверные различия по биохимическим и иммунологическим показателям между группами:

1) группой А и группой С: фагоцитарное число ($P < 0,001$), фагоцитарная емкость ($P < 0,05$), триглицериды ($P < 0,05$), глюкоза ($P < 0,05$), общий белок ($P < 0,05$), альфа-глобулины, г/л ($P < 0,01$), глобулины, г/л ($P < 0,05$), альбумины, % ($P < 0,001$), альфа-глобулины, % ($P < 0,01$), бета-глобулины, % ($P < 0,01$), глобулины, % ($P < 0,001$), креатинин ($P < 0,05$), ЛДГ ($P < 0,01$), ГГТ ($P < 0,05$);

2) группой А и группой В: иммуноглобулин М ($P < 0,05$), альбумины, % ($P < 0,01$); альфа-глобулины, % ($P < 0,01$); бета-глобулины, % ($P < 0,001$); глобулины, % ($P < 0,01$); цинк ($P < 0,05$);

3) группой В и группой С: креатинин ($P < 0,05$), кобальт ($P < 0,05$).

Остальные различия, несмотря на тенденции наличия связи, были недостоверны. Вероятно, в этом случае негативную роль сыграла малая статистическая выборка.

⁹ Биохимический анализ крови // Научно-производственный центр реабилитации и здоровья [Электрон. ресурс]. – 2012–2017. – Режим доступа : http://npriz.ru/products_and_services/services/survey_program/base/biochemical_analysis_of_blood/ – Дата доступа: 12.05.2017.

Таким образом, установлено, что достоверные различия в показателях гематологического профиля свиней, естественной резистентности их организма и продуктивности отмечаются, если животные по среднесуточному приросту отличаются на 17 %, а по живой массе – на 20 % и более. При этом средняя и высокая степень достоверности различий показателей гематологического профиля отмечалась, когда продуктивность между группами отличалась на 55 % и более.

В опубликованных научных работах, описывающих зоотехнические эксперименты, авторы указывают, что в опытных и контрольных группах различия между продуктивностью животных этих групп редко превышают 5–12 %. Однако исследователи часто говорят о достоверном увеличении (уменьшении) большинства морфологических и биохимических показателей крови подопытных животных.

Т а б л и ц а 4. Гуморальные и клеточные факторы защиты организма поросят

Table 4. Humoral and cellular factors of pigs' organism protection

Показатель	Группа А	Группа В	Группа С
Иммуноглобулин G, мг/дл	320±37,1	203±54,5	256±16,9
Иммуноглобулин М, мг/дл	72,3±7,24	57,0±5,40* ab	68,0±5,34
Бактерицидная активность, %	20,5±0,69	22,4±0,78	21,6±0,57
Лизоцимная активность, %	21,7±0,67	20,9±0,61	21,4±0,37
Нормальных агглютининов, титр	1:6,25±0,82	1:7,00±1,22	1:5,71±0,71
Фагоцитарная активность	45,8±0,95	41,0±11,2	25,0±12,0
Фагоцитарное число	3,85±0,18	2,98±1,00	1,39±0,33*** ac
Фагоцитарный индекс	8,42±0,27	6,88±0,70	6,40±1,76
Фагоцитарная емкость	90,1±1,98	81,1±7,73	52,1±18,85* ac

* $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$; ab, bc, ac – сравнение групп.

Из табл. 4 видно, что параметры клеточной активности с повышением уровня продуктивности снижаются, в то время как гуморальные факторы естественной резистентности в граничных условиях, т.е. при минимальных и максимальных среднесуточных приростах, всегда выше среднего значения показателя продуктивности (группа В).

Морфологические показатели крови подконтрольных животных (табл. 5) не имеют достоверных отличий между собой, хотя имеется тенденция, указывающая на то, что граничные показатели минимальны по отношению к группе В.

Т а б л и ц а 5. Морфологические показатели крови поросят

Table 5. Morphological parameters of piglets' blood

Показатель	Группа А	Группа В	Группа С
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,21±0,11	5,24±0,20	5,05±0,07
Гемоглобин, г/л	9,36±0,31	9,48±0,53	8,81±0,08
Лейкоциты, $10^9/л$	8,78±0,77	10,3±1,09	8,37±0,55

* $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$; ab, bc, ac – сравнение групп.

Т а б л и ц а 6. Показатели липидного и углеводного обмена сыворотки крови поросят

Table 6. Indicators of lipid and carbohydrate metabolism of piglets' blood serum

Показатель	Группа А	Группа В	Группа С
Холестерин, ммоль/л	2,32±0,10	2,49±0,12	2,43±0,08
Триглицериды, ммоль/л	0,86±0,06	1,01±0,13	1,04±0,04* ac
Бета-липопротеиды, ммоль/л	0,36±0,04	0,36±0,11	0,27±0,03
Глюкоза, ммоль/л	5,97±0,29	7,24±0,50	7,43±0,55* ac
Сиаловые кислоты, ед. опт. плотности	28,0±1,21	25,0±3,73	28,9±1,08

* $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$; ab, bc, ac – сравнение групп.

Из табл. 6 видно, что по мере увеличения среднесуточного прироста увеличивается концентрация триглицеридов и глюкозы в сыворотке крови поросят.

Медицинским работникам хорошо известно, что глюкоза необходима нам для получения энергии и нормального функционирования организма. Повышение уровня глюкозы происходит при сахарном диабете, иногда скачок этого показателя может быть в первые часы инсульта, инфаркта, при травмах, инфекциях, панкреатите. Физические нагрузки также могут способствовать увеличению уровня сахара в крови. Повышают уровень глюкозы и некоторые лекарства, особенно гормоны для лечения бронхиальной астмы и ревматоидного артрита. Если глюкоза немного повышена, то для того, чтобы выяснить, это проявления диабета или нет, необходимы дополнительные исследования¹⁰.

Если имеется взаимосвязь между увеличением среднесуточного прироста свиней и повышением концентрации глюкозы в крови выше референтных границ, то можно предположить наличие негативных процессов в организме молодняка. Вероятно, это становится одной из причин появления пороков мяса в виде PSE, DFD и др., что делает его неполноценным. На наш взгляд, если ремонтные свинки входят в воспроизводительный процесс с повышенным содержанием глюкозы, то после первого и последующих опоросов может проявиться сахарный диабет II типа со всеми вытекающими из этого негативными последствиями. Данное предположение основано исключительно на зоотехнических и зооигиенических знаниях в области гематологии и заболеваний. Для подтверждения или опровержения высказанной гипотезы необходимо мнение врачей ветеринарной медицины.

Как ни странно, но по мере увеличения среднесуточного прироста концентрация общего белка падает (табл. 7), это происходит за счет снижения всех фракций. Однако по структуре белковых фракций при увеличении продуктивности поросят увеличивается процент альбуминов и гамма-глобулинов, но уменьшается процент альфа-глобулинов. С повышением среднесуточного прироста снижается концентрация мочевой кислоты, общего и прямого билирубина. Уровень продуктивности поросят сказывается на ферментах сыворотки крови. Так, с увеличением среднесуточного прироста имеется тенденция к снижению АЛТ и АСТ, ЛДГ, ГГТ.

Повышение среднесуточного прироста поросят сопровождается тенденцией снижения фосфора (табл. 8). Для остальных макро- и микроэлементов установлено большее или меньшее значение среднего показателя продуктивности по отношению к граничным вариантам.

Физиологические (референтные) гематологические нормы у сельскохозяйственных животных подтверждаются уровнем продуктивности. Например, нижние и верхние количественные значения морфологических и биохимических показателей крови соответствуют для молодняка свиней, имеющих за подсосный период и период дорастивания среднесуточный прирост 150–400 г, за период откорма и при выращивании ремонтного молодняка – 300–650 г. Превышение этих значений привесов указывает на то, что получаемая свинина будет биологически неполноценной (незрелой). Причиной является усиление обменных процессов, индикатором которых будет или верхний предел референтных норм, или даже их превышение. Поэтому, чтобы избежать снижения качества мяса у свиней, достигающих живой массы 100 кг в возрасте 160–180 дней, их необходимо более длительное время выращивать: до 30–35-недельного возраста, чтобы конечная живая масса составляла 120–150 кг.

В производственных условиях уровень продуктивности животных может быть ниже физиологически обусловленных значений. Основными причинами такой ситуации являются нарушения (явные или скрытые) в гигиене кормления и содержания животных. Прежде всего, это касается загрязнения кормов микотоксинами, некачественное покрытие полов, отсутствие подстилки и др.

При использовании компьютерной программы «рабочими диапазонами» по среднесуточному приросту молодняка являются (в среднем за весь период): для подсосного периода и дорастивания – 150–400 г; для откорма молодняка и выращивания ремонтных свинок – 300–650 г.

¹⁰ Биохимический анализ крови [Электрон. ресурс] // Научно-производственный центр реабилитации и здоровья. – 2012–2017. – Режим доступа : http://npcriz.ru/products_and_services/services/survey_program/base/biochemical_analysis_of_blood/ – Дата доступа: 12.05.2017.

Т а б л и ц а 7. **Общий белок и белковые фракции, показатели белкового и пигментного обмена и ферменты сыворотки крови поросят**T a b l e 7. **Total protein and protein fractions in piglets' blood serum, indicators of protein and pigment metabolism and enzymes in piglets' blood serum**

Показатель	Группа А	Группа В	Группа С
<i>Общий белок и белковые фракции</i>			
Общий белок, г/л	63,7±1,13	63,6±5,50	57,8±2,49* ac
Альбумины, всего, г/л	26,4±0,50	27,7±2,41	25,0±1,04
Альфа-глобулины, г/л	9,56±0,22	9,0±0,93	7,98±0,27** ac
Бета-глобулины, г/л	10,2±0,16	9,6±0,81	8,8±0,41* ac
Гамма-глобулины, г/л	17,3±0,40	17,3±1,41	16,0±0,82
Глобулины, всего, г/л	37,1±0,61	35,9±3,11	32,8±1,47* ac
Альбумины, всего, %	41,6±0,14	43,5±0,40* ab	43,3±0,25*** ac
Альфа-глобулины, %	15,1±0,19	14,0±0,26* ab	13,9±0,20** ac
Бета-глобулины, %	16,1±0,26	15,1±0,14*** ab	15,1±0,06** ac
Гамма-глобулины, %	27,2±0,30	27,3±0,58	27,7±0,39
Глобулины, всего, %	58,4±0,13	56,5±0,40** ab	56,8±0,24*** ac
<i>Белковый и пигментный обмен</i>			
Мочевина, ммоль/л	5,65±0,30	5,72±0,72	5,61±0,22
Мочевая кислота, ммоль/л	39,1±6,77	34,4±9,27	27,0±2,82
Креатинин, мкмоль/л	107±1,20	109±3,28* bc	100±2,27* ac
Общий билирубин, мкмоль/л	14,0±1,96	13,7±3,39	11,6±0,90
Прямой билирубин, мкмоль/л	6,36±1,52	5,22±1,18	4,55±0,39
<i>Ферменты</i>			
Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	29,0±1,69	27,8±3,51	25,0±1,28
Аспаргатаминотрансфераза, ИЕ/л	39,4±4,78	36,6±2,93	35,4±1,00
Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	705±120	425±149	272±21,7** ac
Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	112±8,65	128±9,83	115±3,95
Гамма-глутамилтрансфераза, ИЕ/л	32,3±2,95	32,0±8,58	24,0±2,00* ac
Креатинкиназа, ИЕ/л	499±90,7	485±71,0	489±63,6
Амилаза, ИЕ/л	85,0±1,34	84,2±2,62	86,4±0,92

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$; ab, bc, ac – сравнение групп.

Т а б л и ц а 8. **Макро- и микроэлементы крови поросят**T a b l e 8. **Macro- and microelements in piglets' blood**

Показатель	Группа А	Группа В	Группа С
Кальций, ммоль/л	3,08±0,09	3,12±0,18	2,99±0,06
Фосфор, ммоль/л	3,83±0,10	3,79±0,10	3,76±0,05
Медь, мкмоль/л	3,89±0,18	3,55±0,30	3,57±0,12
Железо, ммоль/л	5,39±0,25	5,63±0,27	5,21±0,15
Кобальт, мкмоль/л	0,35±0,06	0,31±0,06* bc	0,48±0,04
Марганец, мкмоль/л	2,98±0,19	3,09±0,25	2,96±0,07
Цинк, мкмоль/л	4,07±0,18	4,83±0,27* ab	4,34±0,25

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$; ab, bc, ac – сравнение групп.

На основе указанных диапазонов среднесуточных приростов молодняка свиней разработаны все математические зависимости в программе. Безусловно, можно «выходить» за приведенные выше значения по среднесуточному приросту, однако это скажется на достоверности всего гематологического профиля товарных свиней крупной белой породы мясо-сального направления продуктивности.

Таким образом, если установлены различия в среднесуточных приростах у подопытных свиней под действием технологических факторов, то вероятный гематологический профиль для животных, участвовавших в эксперименте, может быть определен с помощью разработанных нами компьютерных программ. Это позволяет отказаться от забора крови и проведения дорогостоящих анализов, так как уже установлен механизм взаимосвязи среднесуточных приростов и морфологических, биохимических показателей крови и уровня естественной резистентности растущего молодняка свиней. На наш взгляд, разработанные компьютерные программы достаточно адекватно информируют исследователя о биохимических процессах, происходящих в организме свиней под действием зоотехнических мероприятий.

По сути, компьютерные программы могут послужить зоотехнической основой для составления таблиц с показателями крови, так как будет показан механизм влияния того или иного технологического фактора. Достоверность работы программ позволяет, моделируя среднесуточные приросты у подопытных животных, не выходить за рефератные границы (физиологические нормы) для свиней данной половозрастной группы.

В то же время, имея в распоряжении значения гематологических показателей для молодняка свиней и зная их возраст, можно достаточно объективно рассчитать среднесуточный прирост для конкретных животных. Это также позволяет минимизировать затраты на исследование крови, так как по имеющимся морфологическим и биохимическим показателям, а также уровню защитных сил организма можно рассчитать продуктивность свиней, т.е. их среднесуточный прирост.

У современных импортных чистопородных и помесных мясных свиней, имеющих тонкий шпик, высокий среднесуточный прирост и выход постного мяса, вероятно, имеется иной механизм формирования продуктивности, не схожий с молодняком мясо-сального направления. Это предположение подтверждается катастрофическим снижением белкового качественного показателя мяса и потребительских свойств свиного сала. Следовательно, для новых пород мясных свиней необходимо проводить дополнительные исследования и разрабатывать свои математические зависимости.

Заключение. Опубликованные в открытой печати эмпирические зоотехнические данные о влиянии селекционных, кормленческих, зоогигиенических факторов на гематологические показатели крови и естественной резистентности организма животных не позволяют говорить о достоверно установленных закономерностях в цепочке «фактор – результат». Проблема в том, что авторы научных публикаций, указывая на то, что животных опытных группах, на которых было оказано действие того или иного зоотехнического фактора привело к достоверному увеличению морфологических и биохимических показателей крови, говорят лишь о предполагаемом биологическом механизме взаимосвязи. При этом не приводятся хотя бы примерные математические зависимости, которые бы позволяли смоделировать течение обменных процессов в организме животных под влиянием селекционных, кормленческих, технологических факторов.

Разработанные нами компьютерные модели позволяют количественно «описать» формирование среднесуточных приростов молодняка свиней и соответствующего уровня естественной резистентности и гематологического профиля животных, имеющих конкретный уровень продуктивности.

Следующим этапом развития предложенных нами компьютерных моделей параметров крови свиней является разработка биохимиками и биофизиками кинетических моделей формирования конкретного уровня приростов молодняка свиней.

Список использованных источников

1. *Лебедев, П. Т.* Методы исследования кормов, органов и тканей животных / П. Т. Лебедев, А. Т. Усович. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Россельхозиздат, 1976. – 389 с.
2. *Шамсуддин, Л. А.* Продуктивность и естественная резистентность свиней на дорашивании и откорме при использовании кормовой добавки «Ватер Трит® жидкий» : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.10 / Л. А. Шамсуддин ; Науч.-практ. центр нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2017. – 24 с.

3. Соляник, А. В. Программно-математическая оптимизация рационов кормления и технологии выращивания свиней / А. В. Соляник, В. В. Соляник ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : [б. и.], 2007. – 159 с.
4. Bonett, D. G. Meta-analytic interval estimation for standardized and unstandardized mean differences / D. G. Bonett // *Psychol. Methods*. – 2009. – Vol. 14, N3. – P. 225–238. doi: 10.1037/a0016619.
5. Соляник, С. В. Методика экономико-технологического скрининга эффективности функционирования свиноводческого предприятия / С. В. Соляник // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования : II Междунар. науч.-практ. интернет-конф., с. Соленое Займище, 28 февр. 2017 г. / Прикасп. науч.-исслед. ин-т арид. земледелия ; сост. Н. А. Щербакова. – Соленое Займище, 2017. – С. 1437–1445.
6. 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.
7. 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.
8. Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки : БГСХА, 2012. – 321 с.
9. Соляник, С. В. Компьютерное моделирование численных значений показателей крови свиней по среднесуточным приростам молодняка на выращивании и откорме / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства : 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. 1503–1508.

References

1. Lebedev P. T., Usovich A. T. *Metody issledovaniya kormov, organov i tkaney zhivotnykh. Izd. 3-e* [Methods for studying animal feed, organs and tissues. 3rd ed.]. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1976. 389 p. (In Russian).
2. Shamsuddin L. A. *Produktivnost' i estestvennaya rezistentnost' sviney na dorashchivanii i otkorme pri ispol'zovanii kormovoy dobavki «Water Treat® zhidkiy»*. Avtoref. diss. kand. s.-kh. nauk [Productivity and natural resistance of pigs to be reared and fattened with the use of the feed additive “Water Treat® Liquid”. Abstract diss. cand. agr. science]. Zhodino, 2017. 24 p. (In Russian).
3. Solyanik A. V., Solyanik V. V. *Programmno-matematicheskaya optimizatsiya ratsionov kormleniya i tekhnologii vyrashchivaniya sviney* [Program and mathematical optimization of pig diet and technologies of pig rearing]. Gorki, 2007. 159 p. (In Russian).
4. Bonett D. G. Meta-analytic interval estimation for standardized and unstandardized mean differences. *Psychological Methods*, 2009, vol. 14, no. 3, pp. 225–238. doi: 10.1037/a0016619.
5. Solyanik S. V. *Metodika ekonomiko-tekhnologicheskogo skringinga effektivnosti funktsionirovaniya svinovodcheskogo predpriyatiya* [The technique of economic and technological screening of the efficiency of a pig-production enterprise]. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodo-pol'zovaniya: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya Internet-konferentsiya, s. Solenoe Zaymishche, 28 fevralya 2017 g.* [Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: II International Scientific and Practical Internet Conference, p. Salted Zaimishche, February 28, 2017]. Solenoye Zaimishche, 2017, pp. 1437–1445. (In Russian).
6. Solyanik A. V., Solyanik V. V., Solyanik V. A. *Zootekhnicheskaya statistika v lektronnykh tablitsakh* [Zootechnical statistics in spreadsheets]. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2012. 433 p. (In Russian).
7. Solyanik A. V., Solyanik V. V., Solyanik A. A. *Obshcheteoreticheskie osnovy ispol'zovaniya chislennykh metodov v prinyatii upravlencheskikh resheniy v svinovodstve* [General theoretical bases of using numerical methods in managerial decision making in pig breeding]. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2013. 412 p. (In Russian).
8. Solyanik A. V., Solyanik V. V., Solyanik S. V. *Teoreticheskaya i prakticheskaya razrabotka spetsializirovannogo programmnogo obespecheniya dlya svinovodstva* [Theoretical and practical development of specialized software for pig breeding]. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2012. 321 p. (In Russian).
9. Solyanik S. V., Solyanik V. V. *Komp'yuternoe modelirovanie chislennykh znacheniy pokazateley krovi sviney po srednesutochnym priroстам molodnyaka na vyrashchivanii i otkorme* [Computer modeling of numerical values of pig blood indicators in accordance with average daily growth of young animals to be reared and fattened]. *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]. Salenoye Zaimishche, 2017, pp. 1530–1508. (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 зооигиены, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: 28111959-@mail.ru

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

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

Information about 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), Assistant 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. (Agricultural), Professor. Grodno State Agrarian University (28 Tereshkovo Str., Grodno 230008, Republic of Belarus). E-mail: nn_klimov@mail.ru

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

Нацыянальная акадэмія навук Беларусі