

DOI: 10.37925/0039-713X-2024-4-53-57

УДК 636.4.033/636.02/637.661

Оценка изменчивости показателей биохимии крови гибридов свиней с использованием модели линейного уравнения



А.Ф. КОНТЭ, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: alexandrconte@ya.ru, И.С. НЕДАШКОВСКИЙ, кандидат биолог. наук, научный сотрудник, e-mail: nedashkovsky_is@mail.ru, О.А. ВОРОНИНА, кандидат биолог. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru, Н.С. КОЛЕСНИК, мл. научный сотрудник, e-mail: kominisiko@mail.ru, А.А. САВИНА, научный сотрудник, e-mail: kirablackfire@mail.ru, С.Ю. ЗАЙЦЕВ, доктор биолог. наук, вед. научный сотрудник, e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста

В современном свиноводстве при производстве мясной продукции особое внимание уделяется межпородному скрещиванию и гибридизации. Помеси характеризуются более высоким уровнем продуктивности, что обусловлено лучшим жизненным тонусом по сравнению с чистопородными животными.

Биохимические исследования крови животных всегда занимали видное место среди методов объективной оценки обменных процессов в организме и закономерностей формирования хозяйственно полезных признаков. Изучение показателей крови позволяет произвести объективную прижизненную оценку интенсивности и направленности обмена веществ, течения физиологических процессов в организме, уровня полноценности кормления животных, состояния их здоровья. Поэтому в соответствии с вышесказанным особый интерес представляет знание характера и закономерности изменчивости биохимических показателей гибридов свиней. В статье отражены результаты исследования биохимических параметров крови трехпородных гибридов свиней.

Ключевые слова: трехпородные гибриды свиней, биохимические показатели крови, модель смешанного уравнения, дисперсионная модель, генетические и фенотипические корреляции.

Assessment of variability indicators of blood biochemistry of pig hybrids using a linear equation model

A.F. KONTE, candidate of agricultural sciences, senior researcher, e-mail: alexandrconte@ya.ru, I.S. NEDASHKOVSKY, candidate of biological sciences, researcher, e-mail: nedashkovsky_is@mail.ru, O.A. VORONINA, candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: voroninaok-senia@inbox.ru, N.S. KOLESNIK, junior researcher, e-mail: kominisiko@mail.ru, A.A. SAVINA, junior researcher, e-mail: kirablackfire@mail.ru, S.Yu. ZAITSEV, doctor of biological sciences, leading researcher, e-mail: s.y.zaitsev@mail.ru, Federal Research Center for Animal Husbandry named after academy member L.K. Ernst

In modern pig farming, when producing meat products, special attention is paid to interbreeding and hybridization. Crossbreeds are characterized by a higher level of productivity, which is due to better vitality compared to purebred animals.

Biochemical studies of animal blood have always occupied a prominent place among the methods for objective assessment of metabolic processes in the body and the patterns of formation of economically useful traits. The study of blood parameters makes it possible to observe an objective lifetime assessment of the intensity and direction of metabolism, the course of physiological processes in the body, the level of nutrition of animals, and their health status. Therefore, in accordance with the above, knowledge of the nature and patterns of variability in the biochemical parameters of pig hybrids is of particular interest. Our article reflects the results of a study of biochemical blood parameters of three-breed hybrid pigs.

Key words: three-breed pig hybrids, biochemical blood parameters, mixed equation model, dispersion model, genetic and phenotypic correlations.

■ Введение

Интенсификация современного животноводства при производстве свинины требует высокого уровня продуктивности, что достигается межпородным скрещиванием и гибридизацией. Помеси отличаются хорошим уровнем продуктивности и лучшим жизненным тонусом по сравнению с чистопородными животными.

В то же время двух- и трехпородный молодняк превосходит чистопородный по восприимчивости к различным заболеваниям на 1,5–1,9%. Считается, что скрещивание влияет на повышение устойчивости организма свиней к факторам внешней среды и ведет к более эффективному откорму, а также способствует увеличению продуктивности свиноматок [1–3].

Использование межпородного скрещивания позволяет повысить продуктивные качества свиней и способствует увеличению уровня белкового обмена веществ, содержания общего белка и альбумина в сыворотке крови двух- и трехпородного молодняка свиней [4].

Биохимическое исследование крови животных – один из надежных и научно обоснованных методов объективной оценки обмена веществ продуктивных животных и формирования их хозяйственно полезных признаков [5].

Изучение показателей крови позволяет произвести объективную прижизненную оценку интенсивности и направленности обмена веществ, течения физиологических процессов в организме, уровня полноценности кормления животных, состояния их здоровья [6].

Кровь представляет собой жидкую материю, создающую внутреннюю среду организма, необходимую для оптимальной жизнедеятельности cito- и гистологических систем. Находящиеся в ней компоненты представляют собой пластические вещества, обеспечивающие вязкость крови, транспортные и протекторные функции, создающие коллоидно-осмотическое давление и поддерживающие кислотно-щелочное равновесие [7].

Физиологический гомеостаз у сельскохозяйственных животных обеспечивается сложной системой адаптационных механизмов, которые направлены на устранение или ограничение вредных факторов как внешней, так и внутренней среды, действующих на организм. Они по-

зволяют организму сохранять постоянство состава физиологических и биохимических свойств внутренней среды, несмотря на изменения, происходящие во внешней среде, и сдвиги, возникающие в процессе жизнедеятельности органов и тканей [8].

Поэтому в соответствии с вышесказанным особый интерес представляет знание характера и закономерности изменчивости биохимических показателей гибридов свиней.

Целью работы было изучение изменчивости основных показателей биохимического состава крови гибридных особей свиней с использованием модели смешанного уравнения.

■ Материалы и методы

Для исследования фенотипической и генетической изменчивости биохимических показателей сыворотки крови были выбраны трехпородные гибриды F2 (крупная белая х ландрас х дюрок) численностью 58 голов.

Изучены основные биохимические параметры – общий белок, альбумин, глобулин, А/Г, мочевины, креатинин, глюкоза, общий билирубин, триглицериды, холестерин, АЛТ, АСТ, коэффициент де Ритиса АСТ/АЛТ, щелочная фосфатаза, Са, Р, Са/Р, Mg, Fe, хлориды.

На базе данных изучаемых показателей мы применили модель

смешанного уравнения на основе процедуры REMLF90 для получения в ходе расчета показателей значений вариантов и корреляций.

Для вычисления значений генетических вариантов и ковариансов признаков применяли метод ограниченного максимального правдоподобия согласно модели с использованием программ REMLF90:

$$Y_{ijk} = \mu + FFG_i + O_k + G_k + Sire_l + e_{ijk}, \quad (1)$$

где Y_{ijk} – оцениваемый показатель k -го хрячка, μ – популяционная константа, FFG_i – фиксированный эффект i -го «период откорма х конечная живая масса х прирост», $Sire_l$ – рандомизированный эффект l -го производителя ($l=1...3$ головы), e_{ijk} – эффект неучтенных факторов.

Для определения силы влияния фиксированного эффекта «период откорма х конечная живая масса х прирост» (факторы период откорма, конечная живая масса, прирост объединены и включены в модель как один комбинированный фактор FFG. В результате учитывается влияние не только каждого фактора в отдельности, но и всевозможные взаимодействия между ними) использовали дисперсионный анализ.

Обозначим через x_{ik} значение k -й величины в i -й группе. Уравнение модели однофакторного дисперсионного анализа можно представить в виде:

Таблица 1. Показатели состава крови гибридных свиней

Биохимический показатель	X	±x	σ	Cv	Kurt	Min	Max
Общий белок, г/л	76,93	1,59	12,08	15,70	0,51	47,10	96,40
Альбумин, г/л	38,17	0,61	4,61	12,09	0,86	26,50	44,60
Глобулин, г/л	38,77	1,32	10,03	25,88	0,04	19,90	60,00
А/Г	1,03	0,03	0,21	20,25	0,11	0,60	1,39
Мочевина, мм/л	5,49	0,13	1,00	18,22	-0,02	2,59	6,92
Креатинин, мкм/л	144,47	3,04	23,12	16,01	0,11	88,46	194,83
Глюкоза, мм/л	2,90	0,10	0,75	25,94	-1,17	1,54	4,18
Общий билирубин, мкм/л	1,08	0,04	0,30	27,41	3,57	0,47	2,27
Триглицериды, мм/л	0,30	0,01	0,10	33,65	1,46	0,13	0,67
Холестерин, мм/л	2,14	0,05	0,40	18,49	1,15	1,15	2,85
АЛТ, МЕ/л	61,65	2,17	16,55	26,84	-0,08	35,40	102,50
АСТ, МЕ/л	54,82	1,65	12,56	22,92	3,19	19,70	102,60
Коэффициент де Ритиса	0,93	0,03	0,24	25,90	2,17	0,50	1,71
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	157,28	8,30	63,20	40,18	0,17	68,00	300,00
Са, мм/л	2,89	0,06	0,43	14,95	1,38	1,74	3,32
Р, мм/л	5,04	0,09	0,69	13,74	0,66	2,97	6,21
Са/Р	0,58	0,01	0,07	12,01	-0,42	0,44	0,76
Mg, мм/л	1,40	0,04	0,29	20,88	1,22	0,87	2,29
Fe, мкм/л	26,70	0,70	5,30	19,85	2,00	17,22	44,13
Хлориды, мм/л	101,49	0,95	7,24	7,14	2,94	80,30	112,70

Примечание: X – среднее значение, ±x – ошибка среднего значения, σ – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации, Kurt (kurtosis) – коэффициент эксцесса, Min – минимальное значение, Max – максимальное значение.

Таблица 2. Дисперсионный анализ влияния фактора «период откорма х конечная живая масса х прирост»

Биохимический показатель	Множественный R	Множественный R ²	Скорректированный R ²	SS	Степень свободы (ф)	MS	SS	Степень свободы (о)	MS	F	P
Общий белок, г/л	0,71	0,50	0,44	4146	6	691	4171	51	81,802	8,44	0,000002
Альбумин, г/л	0,59	0,35	0,27	418	6	69	795,1	51	15,591	4,47	0,001030
Глобулин, г/л	0,69	0,48	0,42	2747	6	457	2989	51	58,611	7,81	0,000005
A/Г	0,64	0,42	0,35	1,04	6	0,173	1,5	51	0,029	6,04	0,000079
Мочевина, мм/л	0,53	0,28	0,19	15,87	6	2,644	41,1	51	0,805	3,28	0,008274
Креатинин, мкМ/л	0,51	0,26	0,18	8009	6	1334	22464	51	440,48	3,03	0,013028
Глюкоза, мм/л	0,47	0,22	0,13	7,07	6	1,178	25,3	51	0,495	2,37	0,042121
Общий билирубин, мкМ/л	0,49	0,24	0,15	1,21	6	0,202	3,8	51	0,074	2,71	0,022830
Триглицериды, мм/л	0,36	0,13	0,03	0,08	6	0,013	0,5	51	0,010	1,29	0,278309
Холестерин, мм/л	0,72	0,52	0,46	4,59	6	0,765	4,3	51	0,085	9,03	0,000001
АЛТ, МЕ/л	0,65	0,42	0,35	6527	6	1087	9083	51	178,10	6,10	0,000071
АСТ, МЕ/л	0,47	0,22	0,13	1972	6	328	7025	51	137,75	2,38	0,041515
Коэффициент де Ритиса АСТ/АЛТ	0,35	0,12	0,02	0,40	6	0,066	2,9	51	0,056	1,16	0,338216
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	0,38	0,15	0,05	33710	6	5618	193952	51	3802,99	1,47	0,204668
Ca, мм/л	0,65	0,42	0,36	4,50	6	0,750	6,1	51	0,120	6,23	0,000059
P, мм/л	0,57	0,33	0,25	8,95	6	1,491	18,4	51	0,360	4,13	0,001839
Ca/P	0,66	0,44	0,37	0,12	6	0,020	0,2	51	0,003	6,62	0,000032
Mg, мм/л	0,30	0,09	-0,02	0,43	6	0,071	4,5	51	0,088	0,81	0,565498
Fe, мкМ/л	0,41	0,17	0,07	273	6	45	1327	51	26,02	1,75	0,128143
Хлориды, мм/л	0,58	0,33	0,25	994	6	165	1996	51	39,14	4,23	0,001559

Примечание: полужирным шрифтом выделены показатели с достоверным влиянием на них анализируемого фактора. Множественный R – множественный коэффициент корреляции, характеризует тесноту связи между зависимой переменной и предиктором, множественный R² – коэффициент детерминации, скорректированный R² – коэффициент детерминации, скорректированный на число факторов, SS(ф) – внутригрупповая изменчивость, SS(o) – дисперсия ошибки, MS(ф) – межгрупповой разброс факториальной дисперсии, называемый средним квадратом эффекта, MS(o) – межгрупповой разброс остаточной дисперсии (или дисперсии ошибки), степень свободы (ф) – число степеней свободы для фактора (эффекта) $p(f)=r-1$, степень свободы (o) – число степеней свободы для остаточной (случайной) дисперсии $p(o)=N-r$, F-критерий оценивает статистическую значимость различия средних в группах, P – вероятность ошибочного результата.

$$x_{ik} = a + m_i + \varepsilon_{ik}, \quad (2)$$

где a – генеральное среднее всех результатов наблюдений, то есть $M(X)$, m_i – эффект влияния на X , вызванный i -м уровнем фактора A , иначе отклонение математического ожидания a_i результативного признака при i -м уровне фактора от общего математического ожидания a , то есть $m_i = a_i - a$, ε_{ik} – случайный остаток, отражающий влияние на величину x_{ik} всех других неконтролируемых факторов.

■ Результаты исследований

На основе статистического анализа показателей биохимического и аминокислотного состава белков сыворотки крови гибридных свиней получены данные, представленные в **таблице 1**.

Все проанализированные показатели крови исследуемых гибридов обладали значениями в пределах физиологически допустимых норм. При этом общий билирубин был

близок к нижнему пределу допустимой нормы, а щелочная фосфатаза наиболее близка к верхней границе допустимого предела. Относительно же показателей, определяющих параметры изменчивости и стабильности распределения данных значений выборки, здесь не было установлено существенных отклонений.

Медиана, представляющая среднее значение набора чисел, практически совпадает со средней статистической величиной. Что касается стандартного отклонения (σ) и коэффициента вариации, то среди биохимических показателей наибольшей долей изменчивости характеризовались глобулин, глюкоза, билирубин, альбумин-глобулиновый коэффициент, аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспаратаминотрансфераза (АСТ), коэффициент де Ритиса, магний.

Относительно же пика распределения случайных величин показателей и коэффициента эксцесса (kurtosis) практически все данные имели незначительные отклонения,

за исключением показателя билирубина и аминокислоты цистеин, что подтверждается и коэффициентом вариации.

Для уравнения смешанной модели в качестве фиксированного эффекта был выбран «период откорма х конечная живая масса х прирост», и посредством дисперсионного анализа определяли степень и характер влияния его на исследуемые показатели (**табл. 2**). Обычно в исследованиях по ряду видов сельскохозяйственных животных при использовании линейных уравнений и зачастую BLUP как фиксированный фактор применяют HYS касательно крупного рогатого скота.

Установлено, что в качестве фиксированного эффекта можно использовать FFG. Для определения правильности подхода к расчету на основе уравнения смешанной модели применили дисперсионный анализ, который позволяет наиболее полно и правильно охарактеризовать степень взаимосвязи между фактором

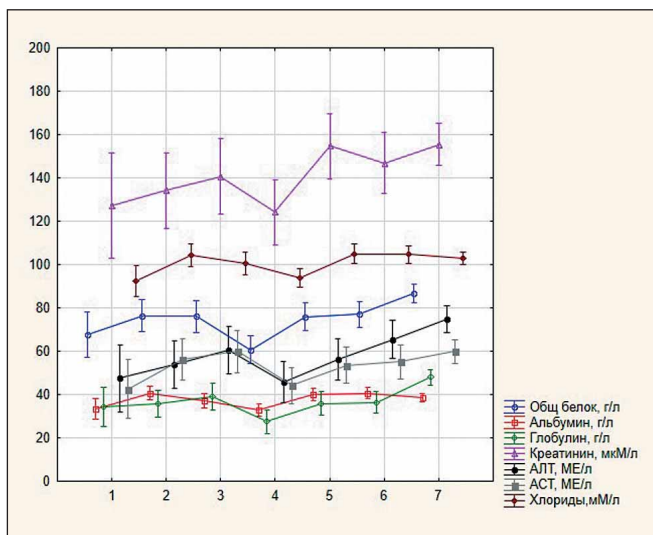


Рис. 1. Декомпозиция средних значений биохимических показателей в зависимости от фактора влияния (А)

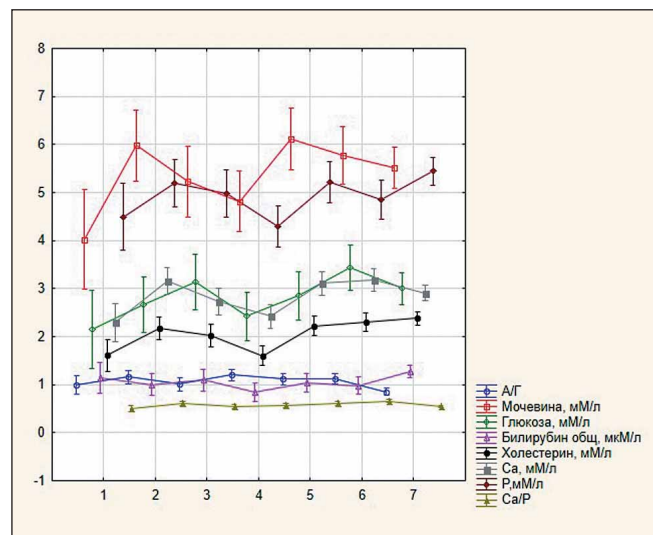


Рис. 2. Декомпозиция средних значений биохимических показателей в зависимости от фактора влияния (Б)

«период откорма x конечная живая масса x прирост» и показателями биохимии крови, а также аминокислотным составом белков крови. Дисперсионный анализ помогает еще и определить коэффициент детерминации или силу влияния фактора как элемента воздействия.

Между фактором FFG и рядом биохимических параметров, а также

аминокислотного состава белков крови имеется положительная достоверная связь согласно критерию Фишера (F) и в соответствии с процедурой дисперсионного анализа. Высокая степень детерминации соответственно коэффициенту (R^2) указывает на сильное влияние фактора FFG на такие показатели, как общий белок, альбумин, глобулин, А/Г, моче-

вину, креатинин, глюкозу, билирубин, холестерин, АЛТ и АСТ, Ca, P, Ca/P и хлориды. Значительное количество биохимических показателей подвержены достоверному воздействию данного фактора (рис. 1, 2).

Стоит отметить, что декомпозиция средних значений биохимических показателей разбита на два графических рисунка в связи с разной числовой размерностью изучаемых параметров, то есть часть из них имеет примерные значения в пределах от 0 до 10 и часть – от 20 до 200.

На основе проведенных расчетов с использованием линейного уравнения смешанной модели при применении подпрограммы REMLF90 BLUPF90 получены генетические и фенотипические варианты и корреляции, отражающие изменчивости изучаемых показателей.

Биохимические показатели обладают своими закономерностями генетических и фенотипических корреляций (рис. 3).

Наибольшими значениями коэффициента генетических корреляций обладают такие биохимические показатели, как общий белок – он достоверно положительно связан с альбумином, глобулином, креатинином, глюкозой, билирубином, триглицеридами, холестерином и АСТ. В этом случае корреляции находились на уровне $r=0,59-0,90$.

Отрицательно сильной достоверной связью общий белок обладал с АЛТ, щелочной фосфатазой, кальцием, Ca/P, железом и хлоридами – корреляции на уровне $r=-0,7-0,9$.

Альбумин и глобулин противоположно коррелируют с креатинином, глюкозой, билирубином, триглицери-

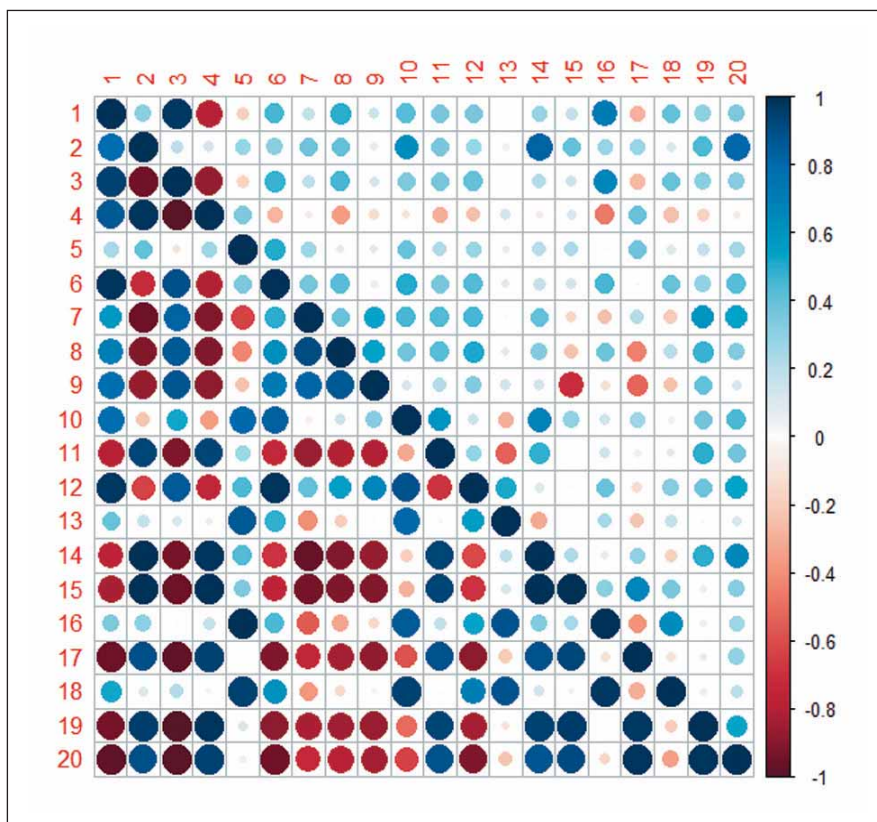


Рис. 3. Коррелограмма связей (генотипических и фенотипических) между показателями биохимии крови гибридов свиней

Примечание: 1 – общий белок, 2 – альбумин, 3 – глобулин, 4 – А/Г, 5 – мочеви́на, 6 – креатинин, 7 – глюкоза, 8 – общий билирубин, 9 – триглицериды, 10 – холестерин, 11 – АЛТ, 12 – АСТ, 13 – коэффициент де Ритиса АСТ/АЛТ, 14 – щелочная фосфатаза, 15 – Ca, 16 – P, 17 – Ca/P, 18 – Mg, 19 – Fe, 20 – хлориды. Ниже диагонали – генетические корреляции, выше – фенотипические корреляции.

дами, АЛТ и АСТ. При этом альбумин – отрицательно ($r=-0,6-0,9$), а глобулин – положительно ($r=0,8-0,9$).

Достаточно плотной взаимосвязью обладают глюкоза, билирубин и триглицериды, а также ряд микро-элементов.

Это касается характера генетической связи. Относительно же фенотипической связи несколько иная картина. Высокая фенотипическая достоверная связь установлена между общим белком/глобулином

($r=0,9$) и альбумин-глобулиновым соотношением ($r=-0,8$). А/Г сильно коррелирует и с глобулином ($r=-0,9$).

■ Заключение

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать следующее заключение: кровь представляет собой лабильную буферную систему и ее показатели характеризуются достаточной изменчивостью.

Уравнение смешанной модели позволяет нам получить более глубокое

представление о характере данной изменчивости. Для более полного и углубленного изучения показателей на уровне генетики следовало бы увеличить количество исследуемых проб.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №20-16-00032-П

Авторы благодарят Р.В. Рыкова за техническую помощь в измерениях биохимических показателей

Литература

1. Перевойко Ж.А. Воспроизводительная способность свиноматок крупной белой породы и ее двух-трехпородных помесей/Ж.А. Перевойко, В.И. Косилов. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2014. №6(50). С. 161–163.

2. Fatkullin R.R. Biochemical status of animal organism under conditions of technogenic agroecosystem/R.R. Fatkullin, E.M. Ermolova. V.L. Kosilov. Advances in Engineering Research, 2018. P. 182–186.

3. Панькова Е.К. Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов/Е.К. Панькова.

Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2021. №3(89). С. 292–296.

4. Хрипунова Л.В. Продуктивные качества свиней разного генотипа ирландской селекции/Л.В. Хрипунова, С.В. Бурцева. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. №5(175). С. 130–135.

5. Шейко Р.И. Биотехнологические приемы и методы улучшения качественных показателей свинины/Р.И. Шейко. Молекулярная и прикладная генетика, 2019. №27. С. 80–89.

6. Skripkin V.S. Morphological and functional activity dynamics of

blood lymphocytes in Large White breed pigs in postnatal ontogenesis and during pregnancy/V.S. Skripkin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. Vol. 852. P. 439–449.

7. Сорокин А.Е. Влияние люпина на биохимические показатели крови животных/А.Е. Сорокин, В.И. Рущкая. Эффективное животноводство, 2021. №1(167). С. 100–102.

8. Gerasimovich A. Influence of experimental feed additives on growth development and productivity of young pigs/A. Gerasimovich. E3S Web of Conferences, 2020. Vol. 203. P. 287–289.



**ШЕЛКОВСКИЙ
БИОКОМБИНАТ**

Создавая здоровое будущее!

100 лет
1924-2024

АУСВАК



**Вакцина против болезни Ауески
живая сухая маркированная**

ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Напряженный и стабильный иммунитет
- Надежная защита всего поголовья
- Безопасность для всех групп свиней
- Безвредна и ареактогенна
- Предупреждает возможные экономические потери
- Рекомендуется для программ по контролю и искоренению болезни Ауески

