БЕЛКОВЫЙ ОБМЕН У СВИНЕЙ КЕМЕРОВСКОЙ ПОРОДЫ

А. В. Назаренко, аспирант, научный сотрудник

О. И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

В. А. Андреева, аспирант, научный сотрудник

Т. В. Коновалова, старший научный сотрудник

О. С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

М. А. Романенко, аспирант

Е. А. Климанова, аспирант

Р. Т. Саурбаева, старший научный сотрудник

К. Н. Нарожных, заведующий лабораторией

В. Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

Н. Н. Кочнев, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru

Ключевые слова: белковый статус, сыворотка крови, кемеровская порода, свиньи, метаболизм, физиологическое состояние

Реферат. *Изложены результаты биохимического анализа белкового статуса свиней аборигенной кемеровской породы. Исследования проведены в Кузбассе на ООО «Чистогорский». Образцы крови у свиней были взяты по общепринятым методикам и проанализированы в лаборатории эколого-ветеринарной генетики и биохимии Новосибирского государственного аграрного университета с использованием стандартных наборов для биохимических исследований на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010 V5⁺. Содержание ряда показателей белкового обмена характеризовалось нормальным распределением: общий белок ($p\text{-value}=0,85$), альбумин ($p\text{-value}=0,06$), глобулин ($p\text{-value}=0,65$). Средние показатели по количеству общего белка и альбуминов укладывались в стандартные интервалы, за исключением уровня глобулинов, который был значительно ниже референсных значений, установленных для свиней, и подвергался наибольшим индивидуальным колебаниям (44 %). Содержание мочевины было незначительно ниже границы физиологической нормы, а также характеризовалось довольно высоким уровнем индивидуальной изменчивости (50 %). Установлено, что у исследованной группы свиней содержание мочевой кислоты было в 3,2 раза ниже нормы. Кроме того, содержание мочевой кислоты характеризовалось высоким уровнем индивидуальной изменчивости. Между кемеровской, чистогорской и скороспелой мясной (СМ-1) породами свиней выявлены межпородные различия по содержанию общего белка и альбумина. Корреляционный анализ показал, что между общим белком и глобулинами существует высокая положительная связь ($r=0,88$). Между мочевиной и мочевой кислотой была обнаружена средняя положительная связь ($r=0,58$). Полученные данные по белковому обмену являются одной из характеристик интерьера свиней кемеровской породы.*

PROTEIN EXCHANGE IN KEMEROVO PIGS

Nazarenko A.B., PhD-student, Research Fellow
Sebezshko O.I., Candidate of Biology, Associate Professor
Andreeva V.A., PhD-student, Research Fellow
Konovalova T.V., Senior Research Fellow
Korotkevich O.S., Doctor of Biological Sc., Professor
Romanenko M.A., PhD-student
Klimanova E.A., PhD-student
Saurbaeva R.T., Senior Research Fellow
Narozhnyh K.N., the Head of the Laboratory
Petukhov V.L., Doctor of Biological Sc., Professor
Kochnev N.N., Doctor of Biological Sc., Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: protein status, blood serum, Kemerovo breed, pigs, metabolism, physiological condition.

Abstract. The paper shows the results of biochemical analysis of the protein status of Kemerovo pigs. The research was carried out at OOO Chistogorskiy in Kuzbass. The blood samples from pigs were taken by means of the standard methods and analyzed in the laboratory of veterinary genetics and biochemistry of Novosibirsk State Agrarian University. The researchers used standard tools for biochemical tests on the biochemical semi-automatic analyzer Photometer 5010 V5+. The concentration of some protein metabolic parameters was characterized by a standard distribution: total protein (p -value=0.85), albumin (p -value=0.06), and globulin (p -value=0.65). The average values of total protein and albumins varied in standard intervals, except for the level of globulins, which was significantly lower than the reference values set for pigs. It was seen as one that had the greatest individual fluctuations (44%). The urea concentration was slightly lower than the physiological standard and was characterized by a rather high level of individual variability (50%). The researchers found that uric acid concentration was 3.2 times lower than the standard one in the investigated pigs. The authors observed the interbred differences in the content of total protein and albumin comparing the Kemerovo, Chistogorsk and early maturing pig breeds (CM-1). The correlation analysis has shown that there is a high positive correlation between total protein and globulins ($r=0.88$). The average positive relation between urea and uric acid was ($r=0.58$). The obtained data on protein metabolism is one of the basic characteristics of the Kemerovo pigs interior.

В настоящее время в агропромышленном комплексе нашей страны складывается определенная экологическая и социально-экономическая ситуация, при которой до сих пор остаются не разрешенными белковая и минеральная проблемы в животноводстве [1, 2].

Для повышения эффективности производства экологически безопасной продукции животноводства проводят мониторинг воды, почвы, растений на содержание макро- и микроэлементов в воде, почве, кормах, органах и тканях животных [3].

Кемеровская порода свиней является одной из немногих отечественных пород, которые находятся на грани исчезновения [4]. При ее создании использовались крупная бе-

лая и беркширская породы [5]. В генофонде кемеровской породы имеется геном диких кабанов через использование ландрас-кабаньих гибридов ИЦиГ СО РАН [6]. Показано, что митохондриальный геном диких кабанов Сибири отличается от митогенома диких свиней из тропических регионов [7].

Комплексное изучение генофонда и фенотипа пород сельскохозяйственных животных, в том числе выведенных в Сибири, является важной задачей [8].

Белки и их генетические полиморфные системы играют значительную роль в обмене веществ и энергии, они не могут быть заменены другими питательными веществами и поэтому должны поступать в организм с кормом

ежедневно [9]. От уровня белка и качества белкового рациона напрямую зависит интенсивность метаболических процессов, связанных с протеиновым комплексом, выражающихся в усвоении и всасывании минеральных веществ. В организме животного синтез ферментов, клеточных структур и тканей осуществляется посредством тех веществ, которые требуются в данный момент, остальные же вещества выводятся из организма. При недостатке белка, аминокислот, минеральных веществ происходит нарушение метаболических процессов, наблюдается снижение воспроизводительных и продуктивных качеств, а также заболевания различного генеза у продуктивных животных [8, 9].

Белки играют исключительную роль и в азотистом обмене (совокупности превращений белков, аминокислот, пептидов, амидов, промежуточных и конечных продуктов распада аминокислот), в ходе которого азотистые вещества корма, претерпевая изменения, превращаются в протеин, обеспечивая при этом увеличение продуктивности маток и активное наращивание мышечной ткани молодняка [10].

Белки и аминокислоты служат основным строительным материалом для мышц растущих животных, играя важную роль в обменных и энергетических процессах. Они обеспечивают рост, развитие, воспроизводительные качества, продуктивность, а также хорошее здоровье, крепкую конституцию и высокую резистентность организма (особенно молодняка и воспроизводящего поголовья) [11].

Альбумин является низкомолекулярным сывороточным белком. Его синтез осуществляется гепатоцитами печени в форме преальбумина, ковалентно связанного с пропептидом, являющимся шестичленным пептидом, который присоединен с N-конца альбумина. Этот комплекс освобождается протеолизом перед выходом альбумина из гепатоцита [11].

При интоксикации отмечается значительное снижение реактивности альбуминовой фракции по отношению к связыванию естественных метаболитов организма, желчных кислот, билирубина, гормонов щитовидной

железы. При этом общая концентрация белка при некоторых патологических состояниях может оставаться в пределах нормы, но эффективная концентрация как транспортного белка значительно снижается [11].

Глобулиновые фракции по составу более разнообразны. Фракция α_1 -глобулинов представлена такими белками острой фазы, как α_1 -антитрипсин, α -кислый гликопротеин, α_1 -липопротеины, протромбин и транспортные белки: тироксинсвязывающий глобулин, транскортин. Фракция α_2 -глобулинов состоит из α_2 -макроглобулина, гаптоглобина, церулоплазмينا, аполипопротеина В, участвующих в развитии инфекционных и воспалительных реакций, а также транспорте липидов. Основными компонентами фракции β -глобулинов являются трансферрин (белок – переносчик железа), гемопексин (связывает гем, предотвращая его выведение почками и потерю железа), компоненты комплемента (участвующие в реакциях иммунитета), бета-липопротеины (участвуют в транспорте холестерина и фосфолипидов) и часть иммуноглобулинов. Фракция γ -глобулинов состоит из иммуноглобулинов, (IgG, IgA, IgM, IgE), функционально представляющих собой антитела, обеспечивающие гуморальный иммунитет [11, 12].

Некоторые белки (продукты регуляторных, структурных, гомеостатических генов, транскрипционные факторы), а также РНК и низкомолекулярные эффекторы регулируют экспрессию отдельных генов и целых геномов эукариот, включая процессинг, различные виды транскрипции, сплайсингов, перестановок, редактирования РНК, рекомбинаций, трансляцию, интерференцию РНК [11–13].

Биохимические показатели крови являются косвенным отражением обмена веществ и процессов, происходящих в организме животных [11–13].

Цель работы – изучить особенности белкового статуса свиней кемеровской породы как одного из характерных показателей интегратора и фенотипа животных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследован биохимический профиль 19 свиней кемеровской породы ООО СПК «Чистогорский» в возрасте 6–7 месяцев. Образцы крови брали у свиней в утренние часы до кормления из хвостовой вены. При заборе использовали вакуумные пробирки с активатором образования сгустка для более эффективного получения сыворотки. Для анализа всех изучаемых биохимических показателей брали образцы сыворотки без признаков гемолиза.

Исследования проводили в лаборатории эколого-ветеринарной генетики и биохимии Новосибирского государственного аграрного университета (г. Новосибирск, Россия). Всего было проведено 95 исследований сыворотки крови для установления белкового статуса свиней кемеровской породы.

В регионах разведения сельскохозяйственных животных проводится постоянный мониторинг воды, почвы, кормов, органов и тканей животных. Показано, что в районах, в которых разводились исследуемые породы, содержание макро- и микроэлементов не превышало ПДК [14].

Были изучены показатели, отражающие метаболизм белков в организме животных. Для определения всех метаболитов и ферментов использовали реактивы фирмы «Вектор-Бест» (Россия, НСО, р.п. Кольцово). Общий белок определяли биуретовым методом; концентрацию альбумина в сыворотке крови – ферментативным методом; уровень мочевины в сыворотке крови – с помощью набора реактивов «Мочевина-Ново» ферментативным уреазным методом при длине волны 578 нм; концентрацию мочевой кислоты в сыворотке крови – с помощью набора реактивов «Мочевая кислота-Ново» ферментативным уриказным методом при длине волны 550 нм.

Исследования проводились на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010V5⁺ (ROBERT RIELE GmbH & Co KG, Германия).

Для анализа полученных данных использовали стандартные методы описательной

статистики. Для всех показателей проводили проверку на нормальность распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка (W). Рассчитывали по каждому из изучаемых параметров среднюю арифметическую $\bar{X}$ и ошибку средней ($\pm SE$). В ряде случаев распределение признаков не соответствовало нормальному. В связи с этим для определения показателей описательной статистики был использован метод, разработанный для небольших ($15 < n < 70$) выборок независимо от характера распределения [15]:

$$\bar{x} \approx \frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2m + b}{4n},$$

$$S^2 \approx \frac{1}{n-1} \left[a^2 + m^2 + b^2 + \left(\frac{n-3}{2} \right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2m + b}{4n} \right)^2 \right],$$

где n – величина выборки;

a – минимальное значение признака;

b – максимальное значение признака;

m – медиана;

$\bar{x}$ – средняя арифметическая;

σ^2 – дисперсия.

Сопряженность между нормально распределенными признаками оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона, а для ненормально распределенных признаков использовали коэффициент корреляции Спирмена.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартного программного обеспечения из пакета Microsoft Office и среды R.

Работа является составной частью государственной темы «Изучение генофонда и фенотипа пород сельскохозяйственных животных Сибири» (РК 01201362239).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метаболиты белкового обмена характеризуют разнообразное значение молекул белков в обменных процессах у животных, отражают адекватность кормления физиологическим потребностям. На белковый статус влияют видовая и породная принадлежность, условия

кормления и содержания, воздействие физических, химических и биологических факторов [16–19].

В экстремальных условиях Сибирского региона важно, чтобы устойчивость породы к внешним условиям была довольно высокой. При этом воздействие факторов окружающей среды отражается на фенотипе пород. В связи с этим может наблюдаться нарушение биохимических процессов из-за дисбаланса химических элементов, поступающих в организм с пищей, водой и воздухом, что выражается в виде канцерогенного, мутагенного и тератогенного эффектов [20–23].

Содержание некоторых показателей белкового обмена характеризовалось нормальным распределением с фактическим значением критерия Шапиро-Уилка по общему белку – $W=0,98$ ($p\text{-value}=0,85$), альбумину –

$W=0,9$ ($p\text{-value}=0,06$), глобулину – $W=0,97$ ($p\text{-value}=0,65$). В случае с мочевиной и мочевой кислотой, распределение признаков которых не соответствовало нормальному распределению, был применен метод S. P. Nozo [15].

Уровень общего белка является важным показателем обмена веществ в организме животного, который взаимосвязан с энергией роста и продуктивностью. Общее количество белка характеризуется относительным постоянством его отдельных фракций в крови, однако они зависят от многих факторов: видовой принадлежности, породы, возраста, типа конституции, рациона, условий содержания, физиологического состояния [24–26].

Именно количество общего белка и соотношение фракций сывороточных белков являются одними из наиболее важных параметров оценки интерьера (табл. 1).

Таблица 1

Показатели белкового обмена
Parameters of protein metabolism

Показатель	Норма	$\bar{x} + S\bar{x}$	Me	$\sigma \pm S_{\sigma}$	Lim	Q1	Q3	IQR
Общий белок, г/л	65–85	77,7 $\pm$ 3,4	80,0	14,7 $\pm$ 2,4	52–105	64,3	89,8	25,5
Альбумин, г/л	35–50	43,4 $\pm$ 1,7	45,0	7,41 $\pm$ 1,2	26–53	41,2	48,0	6,83
Глобулин, г/л	53–64	35,0 $\pm$ 3,6	31,0	15,5 $\pm$ 2,51	11–63	24,0	49,8	25,8
Альбумин-глобулиновый коэффициент	1,5–3,0	1,6 $\pm$ 0,23	1,3	1,01 $\pm$ 0,16	0,41–4,82	0,84	1,9	1,06
Мочевина, ммоль/л	2,5–8,3	2,47 $\pm$ 0,3	2,0	1,23 $\pm$ 0,2	1,1–5,3	1,55	3,07	1,52
Мочевая кислота, мкмоль/л	142–339	44,0 $\pm$ 7,0	27,7	30,1 $\pm$ 4,9	8,2–103,7	22,7	63,2	40,5

Примечание. Q1 – первая квартиль; Q3 – третья квартиль; IQR – межквартильный размах.

Note: Q1 – first quartile; Q3 – third quartile; IQR – interquartile range.

Средние показатели по количеству общего белка и альбуминов укладываются в стандартные интервалы, за исключением уровня глобулинов, который был значительно ниже референсных значений, установленных для свиней. Следует отметить, что содержание глобулинов также подвергалось и наибольшим колебаниям ($C_v=44\%$), что характеризуется относительным непостоянством данной фракции, а также видовой компонентой. Альбумин-глобулиновый коэффициент был практически на нижней границе нормы.

При сравнении полученных данных по содержанию общего белка, альбуминов, глобулинов и альбумин-глобулинового коэффициента с данными литературы [27, 28], опи-

сывающими белковый статус 6-месячных свиней чистогорской и скороспелой мясной (СМ-1) пород, были обнаружены межпородные различия (табл. 2).

При этом чистогорская и кемеровская породы имели одинаковые условия содержания, кормления и разведения [29].

Чистогорская порода по отношению к кемеровской и скороспелой мясной породам отличалась более низким содержанием общего белка и альбуминов в сыворотке крови, что может свидетельствовать о генетической компоненте, характеризующей разный уровень этих элементов в зависимости от породной группы.

Таблица 2

Некоторые белковые показатели разных пород свиней
Some protein parameters of different pig breeds

Порода	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Глобулин, г/л	Альбумин-глобулиновый коэффициент
Кемеровская	77,7±3,4	43,4±1,7	35,0±3,6	1,6±0,23
Чистогорская	71,4±2,0	34,6±3,8	-	-
СМ-1	78,07±1,95	44,1±0,2	34,0±2,7	1,3±0,21

Конечные этапы катаболизма белков включают в себя процессы образования азот-содержащих метаболитов, таких как моче-вина, креатинин, аммиак и моче-вая кислота, а также их экскреции из организма.

Содержание мочевины было на нижней границе физиологической нормы, а также характеризовалось довольно высоким уровнем индивидуальной изменчивости. Конечным продуктом метаболизма пуринов является моче-вая кислота. В ходе ферментативного расщепления ксантиноксидазой они окисляются вначале до гипоксантина, затем до ксантина и на последнем этапе до моче-вой кислоты. При этом пурины входят в состав нуклеотидов и нуклеопротеидов, являющихся кофер-ментами ферментативных систем [30].

Следует отметить, что у свиней практически весь объём моче-вой кислоты остаётся в мясе, тогда как из организма выводится всего лишь около 2 %. Конечным продуктом ката-болизма пуринов на 90–95 % является аллан-тоин, образующийся в печени свиней и пред-ставляющий собой растворимый продукт

окисления моче-вой кислоты. Установлено, что у исследованной группы свиней содер-жание моче-вой кислоты было в 3,2 раза ниже нормы. По-видимому, данное состояние отра-жает достаточно высокую скорость окисления моче-вой кислоты уриказой печени, катализи-рующей окисление моче-вой кислоты до более растворимого аллантаина, который соответ-ственно легче выводится почками. Моче-вая кислота характеризуется также очень низким коэффициентом растворимости. Кроме того, содержание моче-вой кислоты у свиней отли-чалось высоким уровнем индивидуальной из-менчивости ($C_v=68,5\%$).

Корреляционный анализ показал, что между общим белком и глобулинами суще-ствует высокая положительная связь ($r=0,88$), обусловленная тем, что глобулины как тако-вые присутствуют в общем белке, их суммар-ное количество в десятки раз меньше, чем альбуминов, и данный показатель характе-ризуется высокой индивидуальной изменчи-востью (табл. 3). Альбуминовая фракция, на-против, характеризуется довольно низкой ин-

Таблица 3

Корреляции между показателями белкового статуса
Correlations among the parameters of protein status

Коррелирующие признаки	$r \pm S_r$	R^2	$y=bx+a$	F	P
Метод Пирсона					
Общий белок – альбумин	0,015±0,243	-	-	-	-
Общий белок – глобулин	0,881±0,115***	0,77	0,84x+48,5	58,7	<0,001
Альбумин – глобулин	-0,442±0,218	-	-	-	-
Метод Спирмена					
Мочевина – моче-вая кислота	0,580±0,20**	0,25	0,02x+1,57	5,7	<0,01

P<0,01; *P<0,001.

дивидуальной изменчивостью ($C_v=17,1\%$), поскольку функциональная активность данных белков в организме опосредована меньшим накоплением низкомолекулярных метаболитов, характерных для опухолевого роста при патологических состояниях.

Наличие отрицательной связи между альбуминовой и глобулиновой фракциями белковой сыворотки является констатацией факта, что альбумины и глобулины выполняют существенно различные роли в организме, поэтому синергизм данных показателей отсутствует.

Между мочевиной и мочевой кислотой была обнаружена средняя положительная связь ($r=0,58$), поскольку оба этих метаболита являются главными конечными продуктами катаболизма пуриновых оснований в организме.

На основании изученных связей между общим белком и глобулиновой фракцией белка было рассчитано уравнение прямолинейной регрессии, с помощью которого можно

прогнозировать уровень общего белка с использованием полученных данных по глобулиновой фракции.

ВЫВОДЫ

1. Определены параметры белкового статуса свиней кемеровской породы. Показано, что некоторые показатели были ниже установленных физиологических норм и характеризовались высокой индивидуальной изменчивостью.

2. Между кемеровской, чистогорской и скороспелой мясной (СМ-1) породами свиней выявлены межпородные различия по содержанию общего белка и альбумина.

3. Обнаружены положительные корреляции между общим белком и глобулином ($r=0,88$) и между мочевиной и мочевой кислотой ($r=0,58$) в сыворотке крови свиней, что свидетельствует о высоких метаболических процессах животных, а также о макросинергизме некоторых продуктов распада белкового обмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башлакова О.И. Проблемы экологической безопасности России // Вестник МГИМО Университета. – 2015. – № 3 (42). – С. 112–121.
2. Агрохимическая характеристика пашни экологически благополучной территории Кемеровской области / Н.И. Шишин, Е.В. Фихман, А.В. Назаренко [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СФНЦ РАН, НГАУ. – 2017. – Т. 1. – С. 491–495.
3. Кислинская Л.Г., Мешков В.М., Жуков А.П. Биохимические показатели сыворотки крови помесных свиней в возрасте 2 и 6 мес [Электрон. ресурс] // Изв. ОГАУ. – 2014. – № 3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-pokazateli-syvorotki-krovi-pomesnyh-sviney-v-vozraste-2-i-6-mes> (дата обращения: 06.10.2019).
4. Генофонд и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Прометей, 2012. – 579 с.
5. Тихонов В.Н., Жучаев К.В. Микроэволюционная теория и практика породообразования свиней. – Новосибирск, 2008. – 394 с.
6. Кемеровская порода свиней / И.И. Гудилин, Е.А. Тараканов, А.А. Фридчер [и др.]. – Новосибирск, 2003. – 388 с.
7. *Selective constraints in cold-region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes* / J. Chen, P. Ni, T.N. Thi Tran, E.V. Kamalidinov [et al.] // Ecology and evolution. – 2018. – Vol. 8, N. 16. – P. 8102–8114.

8. Патент № 2004113866/13 РФ. Способ сохранения редких и исчезающих пород животных: № 2270562. 2004: заявл. 05.05.2004: опубл. 27.02.2006 / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – 8 с.
9. *Полиморфизм белков сыворотки крови свиней сибирской северной породы* / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов [и др.] // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2010. – № 4. – С. 49–51.
10. *Саломатин В.В., Ряднов А.А., Шперов А.С.* Белковый обмен у молодняка свиней при скармливании селенорганических препаратов [Электрон. ресурс] // Изв. НВ АУК. – 2013. – № 2 (30). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/belkovyy-obmen-u-molodnyaka-sviney-pri-skarmlivanii-selenorganicheskikh-preparatov> (дата обращения: 06.10.2019).
11. *Biochemical, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia* / O.I. Sebezheko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food. – ISAF, 2017. – P. 100.
12. *Себежко О.И., Короткевич О.С., Петухов В.Л.* Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Уч. зап. Витеб. ордена «Знак Почета» акад. вет. медицины. – 2014. – Т. 50, вып. 1, ч. 2. – С. 310–314.
13. *Себежко О.И., Короткевич О.С., Назаренко А.В.* Биохимический профиль свиней кемеровской породы // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. конф. Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. – С. 250–256.
14. *Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia* / A.I. Syso, M.A. Lebedeva, A.S. Cherevko [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 4. – P. 368–374.
15. *Hozo S.P., Djulbegovic B., Hozo I.* Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample// BMC Medical Research Methodology. – 2005. – Vol. 5 (1). – P. 13.
16. *Себежко О.И., Короткевич О.С., Петухов В.Л.* Влияние лазерного излучения низких интенсивностей на гематологический статус поросят раннего возраста // Уч. зап. Витеб. ордена «Знак Почета» гос. акад. вет. медицины. – 2015. – Т. 51, № 1–1. – С. 136–140.
17. *Себежко О.И., Короткевич О.С., Назаренко А.В.* Гематологический статус свиней кемеровской породы // Пища. Экология. Качество: тр. XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2017. – С. 183–191.
18. *Бирюля И.К., Короткевич О.С.* Гематологический статус свиней породы ландрас в условиях промышленного свиного комплекса «Алтаймясопром» // Актуальные проблемы развития АПК в работах молодых ученых Сибири: материалы XI Регион. науч.-практ. конф. молодых ученых Сиб. федерал. округа. – Новосибирск, 2015. – С. 112–115.
19. Патент № 2377772 РФ. Способ стимуляции репродуктивных качеств свиноматок: № 2377772: заявл. 02.06.2008: публ. 10.01.2010 / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко [и др.]. – 5 с.
20. *Heavy metals in pig muscles* / O.A. Zaiko, V.L. Petukhov, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich [et al.] // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract, Guiyang, China. – 2014. – P. 74.
21. *Зайко О.А.* Содержание макро- и микроэлементов в печени свиней скороспелой мясной породы (СМ-1) и их связь с уровнем свободных аминокислот в сыворотке крови / О.А. Зайко, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2013. – № 5. – С. 51–53.
22. *Масть как селекционный признак у свиней* / В.Н. Дементьев, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, В.Г. Маренков [и др.] // Вестн. НГАУ. – 2015. – № 3 (36). – С. 122–130.
23. *Characteristic of siberian northern pig breed for immune genetic system of blood proteins* / V.L. Petukhov, A.I. Zheltikov, E.V. Kamaldinov, O.S. Korotkevich, O.A. Zheltikova // XX International Congress of Genetics. – Berlin, 2008. – P. 266.

24. Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Экологические проблемы отрасли свиноводства в России // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 93. – С. 165–173.
25. Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева, О.И. Себежко [и др.] // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2003. – № 5. – С. 38–40.
26. Желтиков А.И., Кочнева М.Л., Петухов В.Л. Иммуногенетическая характеристика скороспелой мясной породы свиней (СМ-1) новосибирской селекции // Перспективы развития свиноводства: материалы 10-й Междунар. науч.-произв. конф. – Гродно, 2003. – С. 108–114.
27. Генофонд скороспелой мясной породы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков, А.А. Фридчер [и др.]. – Новосибирск: Юпитер, 2005. – 631 с.
28. Чистогорская порода: монография / А.П. Гришкова, А.А. Аришин, Н.А. Чалова [и др.]. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2018. – 111 с.
29. Теоретические и практические основы интенсивного производства свинины: монография / А.П. Гришкова, А.А. Аришин, Н.А. Чалова [и др.]. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2014. – 213 с.
30. Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, Y.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44, N 2. – P. 217–220.

REFERENCES

1. Bashlakova O.I. *Vestnik MGIMO universiteta*, 2015, N 3 (42), pp. 112–121. (In Russ.)
2. Shishin N.I., Shabanov A.S., Fedyaev Y.I., Sebezhko O.I., Saurbaeva R.T., Fikhman E.V., Nazarenko A.V. *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii, Sb. nauch. dokl. XX Mezhdunar. nauch. – prakt. konf.*, Novosibirsk, SFNTs RAN, NGAU, 2017, Vol. 1, pp. 491–495. (In Russ.)
3. Kislinskaya L.G., Meshkov V.M., Zhukov A.P. *Izv. OGAU*, 2014, No. 3, Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskie-pokazateli-syvorotki-krovi-pomesnyh-sviney-v-vozraste-2-i-6-mes> (October 06, 2019)
4. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Fridcher A.A. *Prometei*, Novosibirsk, 2012, 579 p.
5. Tikhonov V.N., Zhuchayev K.V. *Microevolutionary theory and practice of pig breeding*, Novosibirsk, 2008, 394 p.
6. Gudilin I.I., Tarakanov E.A., Fridcher A.A. *Kemerovo breed of pigs* Novosibirsk, 2003, 388 p.
7. Chen J., Ni P., Thi Tran T.N., Kamaldinov E.V., Petukhov V.L., Han J., Liu X., Šprem N., Zhao S. *Ecology and evolution*, 2018, Vol. 8, No. 16, pp. 8102–8114.
8. Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Gart V.V., Zheltikova O.A., Petukhov I.V., Gart E.V., Marenkov V.G., Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Chysyma R.B. Patent № 2004113866/13 RF, *Sposob sokhraneniya redkikh i ischezayushchikh porod zhivotnykh*, № 2270562, 2004, zayavl. 05.05.2004, opubl. 27.02.2006, 8 p.
9. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Fridcher A.A. *Doklady Rossiiskoi akademii s. – kh. nauk*, 2010, No. 4, pp. 49–51. (In Russ.)
10. Salomatin V.V., Ryadnov A.A., Shperov A.S. *Izv. NV AUK*, 2013, No 2 (30), Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/belkovyy-obmen-u-molodnyaka-sviney-pri-skarmlivanii-selenorganicheskikh-preparatov> (October 06, 2019)

11. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Biryulya I.K., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V. *Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food*, ISAF, 2017, 100 p.
12. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. *Uch. zap. Viteb. ordena Znak Pocheta akad. vet. meditsiny*, 2014, Vol. 50, Issue 1, part 2, pp. 310–314. (In Russ.)
13. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Nazarenko A.V. *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa, Sb. tr. konf.*, 2016, pp. 250–256. (In Russ.)
14. Hozo S.P., Djulbegovic B., Hozo I. *BMC Medical Research Methodology*, 2005, Vol. 5 (1), 13 p.
15. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Sokolov V.A. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
16. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. *Uch. zap. Viteb. ordena Znak Pocheta akad. vet. meditsiny*, 2015, Vol. 51, No. 1–1, pp. 136–140. (In Russ.)
17. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Nazarenko A.V. *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo, Tr. XIV Mezhdunar. nauch. – prakt. konf.*, Novosibirsk, 2017, pp. 183–191.
18. Biryulya I.K., Korotkevich O.S. *Aktual'nye problemy razvitiya APK v rabotakh molodykh uchenykh Sibiri, Materialy XI Region. nauch. – prakt. konf. molodykh uchenykh Sibirskogo federal'nogo okruga*, Novosibirsk, 2015, pp. 112–115. (In Russ.)
19. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Konovalova T.V. Patent № 2377772 RF, *Sposob stimulyatsii reproduktivnykh kachestv svinomatok*, № 2377772, zayavl. 02.06.2008, publ. 10.01.2010, 5 p.
20. Zaiko O.A., Petukhov V.L., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Sebezhko O.I. *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract*, 2014, 74 p.
21. Zaiko O.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. *Dokl. Ros. akad. s. – kh. nauk*, Moskva, 2013, No 5, pp. 51–53. (In Russ.)
22. Dement'ev V.N., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Marenkov V.G., Kamaldinov E.V., Sebezhko O.I., Kulikova S.G., Zheltikov A.I., Gart V.V., Nezavitin A.G. *Vestnik NGAU*, 2015, No 3 (36), pp. 122–130. (In Russ.)
23. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Zheltikova O.A. *XX International Congress of Genetics*, Berlin, 2008, 266 p.
24. Shalavina E.V., Vasil'ev E.V. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 2017, No 93, pp. 165–173. (In Russ.)
25. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Kochneva M.L., Sebezhko O.I., Gart V.V., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V. *Dokl. Ros. akad. s. – kh. nauk*, Moskva, 2003, No. 5, pp. 38–40. (In Russ.)
26. Zheltikov A.I., Kochneva M.L., Petukhov V.L. *Perspektivy razvitiya svinovodstva, Mat. 10-oi Mezhdunar. nauch. – proizv. konf.*, Grodno, 2003, pp. 108–114. (In Russ.)
27. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Fridcher A.A., Gart V.V., Kamaldinov E.V., Kochneva M.L., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Zheltikova O.A. *The gene pool of precocious meat breed pigs*, Novosibirsk, *Yupiter*, 2005, 631 p.
28. Grishkova A.P., Arishin A.A., Chalova N.A., Volkov V.A., Tretyakova N.L. *Chistogorskaya breed*, Kemerovo, *Kuzbassvuzizdat*, 2018, 111 p.
29. Grishkova A.P., Arishin A.A., Chalova N.A., Volkov V.A., Grishkov V.A., Tretyakova N.L. *Theoretical and practical principles of intensive pork production*, Kemerovo, *Kuzbassvuzizdat*, 2014, 213 p.
30. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev Y.I., Shishin N.I., Syso A.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Osadchuk L.V., *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44, No 2, pp. 217–220.