

УДК 636.52/.58:612.11

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМАТИКИ МОРФОФИЗИОЛОГИИ  
КЛЕТОК КРОВИ НЕОНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА КУР.  
СООБЩЕНИЕ II. ХАРАКТЕРИСТИКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ  
МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ  
ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ ПТИЦ**

**Е. А. Колесник, М. А. Дерхо**

Представлена морфофункциональная характеристика ансамбля клеток периферической крови бройлерных кур *Gallus gallus* (L.) раннего постнатального онтогенеза, основанная на анализе цветных с высоким разрешением микрофотографий, выполненных методом светооптической микроскопии. Работа является практическим итогом в продолжение комплексного изучения морфофизиологии картины клеток крови цыплят-бройлеров раннего периода онтогенеза после рождения.

*Ключевые слова:* морфология крови, эритробласты, эритропоэз, митоз, гемоцитопоэз, гетерофилы, эозинофилы, базофилы, лимфоциты, моноциты, тромбоциты, куры.

В.Н. Никитин отмечает, что из распространенных прописей окрашивания мазков крови, предложенных Артуром Паппенгеймом (A. Pappenheim), протокол гистологического метода позволяет наиболее качественно фиксировать и выделять цветовую гамму гранул гетерофилов птиц, соответственно, надежно проводить дифференциальную диагностику данных полиморфноядерных лейкоцитов от других гранулоцитов в мазке крови птицы [1, с. 47].

Однако только в единичных публикациях представлены качественные цветные микрофотографии клеток крови птиц, полученных методом светооптической микроскопии, в основном в зарубежных источниках [2–4] и других.

В нормальной картине периферической крови птенцов встречаются эритробласты в различных стадиях митоза [2, с. 182, 183; 5, с. 27, с. 54–61, с. 70], это важно учитывать в процессе клинической диагностики во избежание ошибок в различении физиологических и патофизиологических состояний. При этом в специальной литературе весьма редко встречаются микрофотографии данных пролиферирующихся эритробластов. Имеются единичные цветные микрофотографии митотических полихроматофильных эритробластов собаки (*Canis lupus familiaris*) («mitotic polychromatophilic rubricyte»: [4, с. 247, см. рис. «В», с. 249, см. рис. «А»]). Gallo S. S. M. et al. [6] приводят цвет-



ную микрофотографию митотического эритробласта из периферической крови птицы – обыкновенный нанду (*Rhea americana*) в фазе поздней анафазы [6, см. fig. 1. (F)]. Авторы [5] приводят черно-белые с низким разрешением изображения микрофотографии некоторых стадий митоза молодых клеток эритроидного ряда в периферической крови цыплят постнатального периода [5, см. рис. 54–57].

Цветные микрофотографии митотических эритробластов кур *Gallus gallus* (L.) в известной авторам литературе отсутствуют.

Исходя из этого, **целью работы** избрано выявление и характеристика дифференциальных морфофизиологических маркеров форменных элементов крови птиц на основе морфофункционального анализа микрофотографий клеток периферической крови бройлерных кур раннего периода онтогенеза после рождения.

#### Материалы и методы

Исследования проведены в составе комплексной программы изучения физиологических адаптаций гомеостаза бройлерных кур неонатального онтогенеза, выращиваемых в условиях стандартизированных промышленных технологий [7; 8] (Руководство Hubbard ISA, URL: <http://hubbardbreeders.com/>, дата обращения 10 января 2014 г.). Мазки крови цыплят кросса *Hubbard F15* возрастных групп – 1, 7, 23 и 42 суток (в каждой группе:  $n = 10$ ) окрашивали по Паппенгейму (A. Pappenheim) [8]. Микрофотографии выполняли на большом биологическом микроскопе («МББ-1 А», «ЛОМО», Россия) микрографической окулярной видеокамерой с матрицей разрешением 5 мегапикселей (Full HD High resolution «HAYEAR» CMOS 5.0 Megapixel microscope video camera, КНР), с визуализацией, в программе «ToupView» («ToupTek Photonics», КНР, URL: <http://www.touptek.com/>, дата обращения 20 апреля 2017 г.). С построенной светодиодной системой освещения микропрепаратов белым спектром по принципу Келера (A. Köhler). Для наиболее качественного изображения клеток крови применяли 90-кратный апохроматический объектив масляной иммерсии с апертурой 1,3 («ЛОМО», Россия). Калибровку видеокамеры производили по шкале объекта-микрометра для проходящего света с ценой деления 0,01 мм («ОМП» ГОСТ 7513-55 «ЛОМО», Россия) в программе «ToupView».

#### Результаты и обсуждение

Лимфоциты птиц (*Aves*) сравнительно меньше по размеру, чем у млекопитающих (*Mammalia*). Выделяют малые, средние и большие лимфоциты (рис. 1: 1.1–1.4). Данное подразделение основывается не только на величинах собственно клеток лимфоидных агранулоцитов, классификация включает особенности ядерно-цитоплазматического соотношения, группирования нуклеарного хроматина и локализации (ориентации) ядра в клетке, окрашивания протоплазмы и ядра. Малые лимфоциты в полтора-два раза меньше эритроцитов (рис. 1: 1.4). Малые и средние лимфоциты имеют узкую полоску цитоплазмы, перинуклеарная зона в малых лимфоцитах практически не выражена, у средних также отсутствует или весьма слабо проявляется. Вполне закономерно выглядит наиболее пикнотичным ядро малого лимфоцита, учитывая порядок созревания незернистых лейкоцитов от больших форм к зрелым малым. Рисунок ядерного хроматина малых и средних лимфоцитов напоминает «лунную поверхность», хроматин темно-фиолетового цвета, насыщенный, особенно у малых клеток, структурированный (в сравнении с гомогенным в ядре лимфоцитов млекопитающих), плотный, образует глыбки (базихроматин) [1, с. 14] неправильной формы (рис. 1: 1.3, 1.4). Большие лимфоциты в сопоставлении с узкоплазменными малыми и средними представлены широкоплазменными клетками (рис. 1: 1.2). При этом обычно эксцентрично расположенное в одном из полюсов клетки ядро содержит хорошо структурированный гетерогенный хроматин с глыбками неправильной формы и различного размера. Хроматин в данных клетках фиолетового цвета, немного более светлого оттенка, чем в малых и средних лимфоцитах, испещрен бороздками (оксихроматин) выраженного светлорозового цвета (рис. 1: 1.2). Однако в картине крови распространены и большие лимфоциты, имеющие весьма тонкую полоску цитоплазмы и центрально расположенное крупное, немного пикнотичное ядро с глыбчатым бороздчатым хроматином (рис. 1: 1.1). Хроматин данных больших лимфоцитов в сравнении с широкоплазменными формами существенно более компактный, бороздчатый, фиолетового цвета, оттенком схожего со средними агранулоцитами (рис. 1: 1.1, 1.3). Цитоплазма всех форм лимфоцитов структурирована (в отличие от клеток

белой крови млекопитающих), в основном равномерного синего цвета у узкоплазменных незернистых лейкоцитов, в широкоплазменных агранулоцитах синего цвета с более светлым оттенком и выраженной распространенной перинуклеарной зоной (рис. 1: 1.1–1.4).

Форма ядра лимфоцитов обычно округлая, может быть слегка округлоовальной, у малых и средних форм ядра иногда бывают немного бухтообразными, то есть иметь небольшую инвагинацию поверхности (рис. 1: 1.3).

В отличие от крови млекопитающих позвоночных, в нормальной картине крови птиц регулярно могут встречаться плазмоциты (синонимы: плазматические клетки, реактивные лимфоциты, клетки Тюрка). Плазмоциты –

обычно большие и средние широкоплазменные лимфоциты, имеющие резко базофильную (ультрамариновую) цитоплазму [1, с. 15] с хорошо выявляемой перинуклеарной зоной и эксцентрично локализованным округлым ядром (рис. 1: 1.5, 1.6). Среди всех больших лимфоцитов наиболее плотное ядро в клетках Тюрка образовано множеством мелких глыбок базихроматина фиолетового цвета, со сравнительно узкими бороздками оксихроматина розоватого цвета в крупных клетках. Протоплазма реактивных лимфоцитов отличается наличием темно-синего градиентного перехода по краям (периметру) клетки (рис. 1: 1.5, 1.6).

Наиболее крупные форменные элементы представлены моноцитами (синонимы: моно-

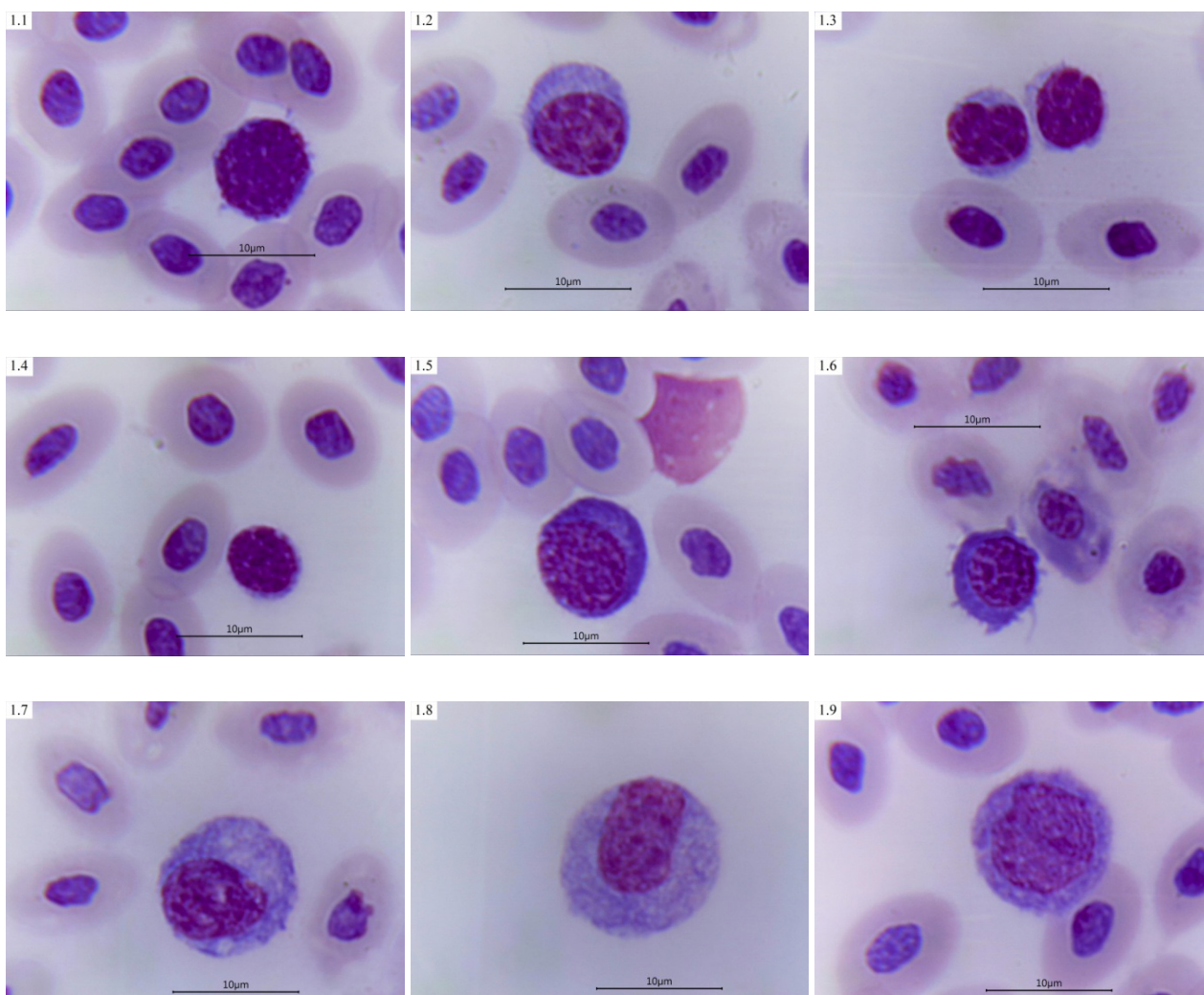


Рис. 1. Периферическая кровь цыплят-бройлеров (в скобках здесь и далее указан возраст птиц), агранулоциты: 1.1 узкоплазменный (42-е сут.) и 1.2 широкоплазменный (1-е сут.) – большие лимфоциты; 1.3 (42-е сут.) – средние лимфоциты; 1.4 (42-е сут.) – малый лимфоцит; 1.5 (42-е сут.) и 1.6 (1-е сут.) – плазмоциты; 1.7 и 1.8 (23-е сут.), 1.9 (42-е сут.) – моноциты. Здесь и далее цена деления масштабной линейки десять микрометров (10 µm)



нуклеары, макрофаги). Моноциты среди агранулярных лейкоцитов выделяются особенностями ядерно-цитоплазматического соотношения, с наибольшим смещением в сторону объема цитоплазма и плеоморфизмом ядра. Округлоовальные широкие лопасти образуют угловатое полигональное ядро мононуклеаров. Сетчатый рисунок гетерогенного хроматина сложен большим количеством сравнительно (с площадью ядра) мелких, разнокалиберных и различного оттенка фиолетового цвета глыбок. Так, оптически более плотные и крупные участки базихроматина совместно с более мелкими светло-фиолетовыми глыбками образуют мозаичную ретикулярную структуру ядра моноцитов (рис. 1: 1.7–1.9). Нормальные интактные моноциты округлой формы, с центрально или эксцентрично расположенным полиморфным ядром, при этом вследствие фагоцитоза и образования широких псевдоподий форма макрофагов неправильная распластанная. Протоплазма моноцитов фактически синего цвета, хорошо структурирована, имеет немного пенистый вид, нередко с небольшими разнокалиберными вакуолями (рис. 1: 1.7–1.9).

Гранулярные лейкоциты эволюционно являются первым звеном иммунных реакций в организме позвоночных [5]. Наиболее интенсивные и весьма скоротечные метаболические процессы зернистых лейкоцитов обеспечивают во внутренней среде организма немедленный аллергический и воспалительный ответ, первичные детоксикационные реакции и фагоцитоз на уровне микрофагов, в связи с этим период циркуляции гранулоцитов составляет не более 8–15 суток [3; 5]. Обозначенные функциональные характеристики зернистых форменных элементов определяют и морфологические особенности гранулоцитов, наблюдаемые в картине мазка крови.

По образному выражению авторов [3], морфофункциональная характеристика гетерофилов крови является «окном к состоянию здоровья птицы». Гетерофилы (форма нейтрофилов у птиц, устаревший синоним: псевдоэозинофилы) морфологически отличаются от типичных нейтрофилов большинства млекопитающих характеристиками гранулярного цитоплазматического аппарата и особенностями ядра. Зрелый гетерофил – это сегментоядерный лейкоцит, имеющий обычно эксцентрично расположенное двулопастное или трехлопастное ядро и многочисленные, часто заполняющие почти всю клетку в основном палочковидные,

а также веретенообразные, иногда округлоовальные и округлые цитоплазматические гранулы (рис. 2: 2.1–2.3). Обильная зернистость может частично маскировать контуры ядра, в результате чего визуально бывает сложно определить стадию сегментации ядра. «Нейтрофильная» или амфотрофная окраска протоплазматического матрикса типичных нейтрофилов млекопитающих, свойственна цитоплазматическим гранулам гетерофилов птиц. Так, зерна гетерофилов окрашиваются насыщенным, темно-розовым цветом и могут иметь небольшой сиреневый оттенок. Цитоплазма гетерофилов чаще бесцветная, однако может быть слабо базофильной, то есть голубоватой или наоборот слабо оксифильной (ацидофильной), соответственно, иметь светло-розовый оттенок (рис. 2: 2.1–2.3). Ядро гетерофилов существенно более пикнотичное, чем у типичных нейтрофилов млекопитающих, с хорошо структурированным гетерогенным хроматином, образованным глыбками фиолетового и светло-фиолетового цвета с темно-сиреневым оттенком. Глыбки хроматина ядерного аппарата гетерофилов морфологически ближе к нуклеолам, соответственно, глыбкам свойственна более правильная овальная и округлоовальная форма в сравнении с глыбками типичной неправильной формы, характерными для ядра лимфоцитов (рис. 2: 2.1–2.3, см. рис. 1: 1.1–1.4).

Наименее специфичными выглядят эозинофилы птиц. Это сегментоядерные гранулоциты, имеющие характерные, правильной круглой формы цитоплазматические гранулы, в основном одинакового размера, с выраженной оксифильной окраской, то есть розового цвета с насыщенным оранжевым оттенком (рис. 2: 2.4–2.6). В противоположность гетерофилам практически всегда хорошо визуализируется цитоплазма с типичным для эозинофилов слабо базофильным, то есть светло-голубого цвета окрасом (рис. 2: 2.4–2.6). При этом нередко цитоплазма структурирована (рис. 2: 2.5). Наиболее хорошо оформленное из всех зернистых лейкоцитов типичное «эозинофильное» двулопастное ядро (рис. 2: 2.5), иногда полисегментное, располагается эксцентрично (рис. 2: 2.6). В отличие от гетерофилов, оптически существенно более плотное ядро эозинофилов с четко выраженными контурами образовано в основном темно-фиолетовыми с неправильной формой глыбками (рис. 2: 2.4–2.6, см. 2.1–2.3). Встречаются палочкоядерные эозинофилы (рис. 2: 2.4).

Предельно малочисленные гранулоциты представлены базофилами. Базофилы отличаются структурированной синего цвета (базофильной) цитоплазмой с включенными в нее темно-фиолетовыми (базофильными) равномерными круглыми, иногда разного калибра гранулами (рис. 2: 2.7–2.9). Количество гранул в базофилах меньше, чем в других зернистых лейкоцитах (рис. 2: 2.7–2.9, см. 2.1–2.6).

В литературе встречается описание базофилов, зернистость которых во многом маскирует контуры сегментации ядра [2, с. 186]. Однако в наблюдаемых нами мазках крови цыплят действительно выраженность контуров ядра была еще меньшей, чем в гетерофилах, при этом количество гранул не было достаточным для маскирования сегментации ядра (рис. 2: 2.7–2.9). Маскировка сегментации ядра происходила вследствие и прежде всего, во-первых, оптически сравнительно мало выраженной структури-

рованности хроматина, можно сказать, самой «нежной» структурой хроматина ядра среди гранулоцитов птиц; во-вторых, весьма схожим градиентом окраски ядерного хроматина и цитоплазмы, а также частично и цитоплазматических гранул (рис. 2: 2.7–2.9). Особенность базофилов в близости оттенка окраски цитоплазмы и ядра согласуется с аналогичными данными, приводимыми И.А. Болотниковым и Ю.В. Соловьевым [5, с. 64].

Единично встречаются миелоцитарные формы базофилов, отличающиеся следующими особенностями цитоплазматических гранул: во-первых, сравнительно небольшим количеством зерен в протоплазме клеток. Во-вторых, выраженной разнокалиберностью гранул, в-третьих, метахромазией, то есть наличием небольшого количества метахроматической зернистости [5, с. 64], имеющей розово-фиолетовые оттенки (рис. 2: 2.7).

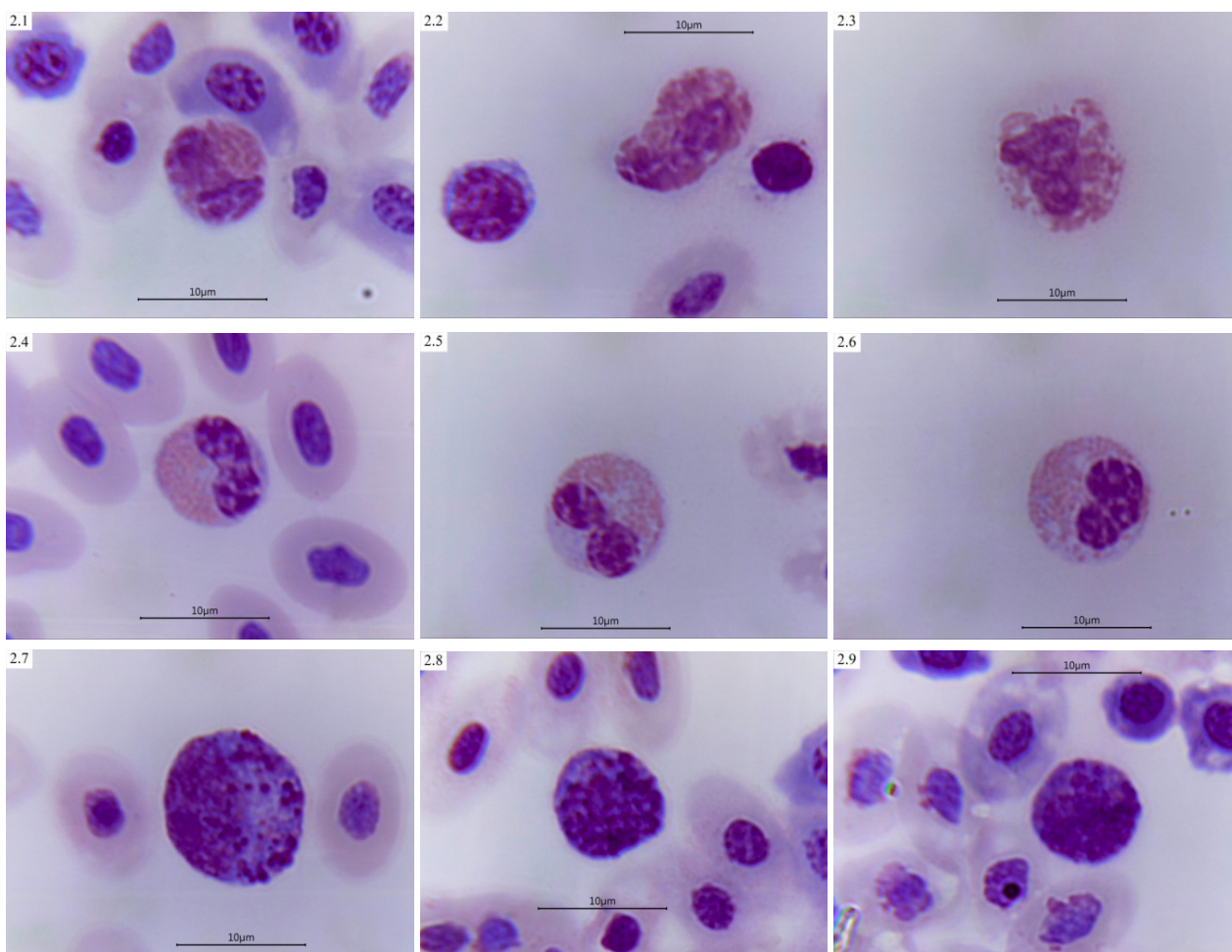


Рис. 2. Гранулоциты: 2.1 (1-е сут.), 2.2 и 2.3 (23-е сут.) – сегментоядерные гетерофилы; 2.4 (42-е сут.) палочкоядерный, 2.5 двухсегментоядерный и 2.6 полисегментоядерный (23-е сут.) – эозинофилы; 2.7 – базофильный метамиелоцит, 2.8 и 2.9 – базофилы: (1-е сут.)



Одними из принципиально отличающихся функционально и морфологически клетками крови птиц от форменных элементов млекопитающих являются тромбоциты. Морфофизиологически тромбоциты в крови птиц подразделяются на две основные группы: молодые интактные, готовые к выполнению своих функций клетки, и реактивные тромбоциты, задействованные (и (или) уже прореагировавшие) в процессах гемостаза, а также тромбоцитарного фагоцитоза. Известно, что тромбоцитам птиц свойственна фагоцитарная активность (J.A. Claver, A.I.E. Quaglia, 2009; W. Zhao [et al.], 2015).

Первая группа тромбоцитов даже в мазках крови далеко не всегда объединена в кластеры, в полях зрения микроскопа клетки могут располагаться по отдельности (рис. 3: 3.2). Однако встречаются и сгруппированные тромбоциты (рис. 3: 3.1). Данная морфофункциональная группа тромбоцитов имеет следующие характеристики. Это сравнительно крупные полноценные ядерные клетки округлоовальной или веретенообразной формы, примерно только в полтора раза меньше нормальных ядросодержащих эритроцитов, свойственных птицам (рис. 3: 3.1, 3.2). Оптически весьма плотное центрально или немного эксцентрично локализованное ядро округлоовальной, иногда немного угловатой формы, образовано четко выраженным гетерогенным хроматином, состоящим из глыбок базихроматина фиолетового цвета и бороздочек оксихроматина с розово-фиолетовым оттенком (рис. 3: 3.1, 3.2). Хорошо сформированная и оптически выраженная цитоплазма данной группы тромбоцитов структурирована, обычно бесцветная, может быть слабо базофильной, то есть окрашенной голубоватым цветом. Цитоплазма может включать большое количество хорошо сформированных разнокалиберных

оксифильных (ацидофильных) и базофильных гранул (рис. 3: 3.1, 3.2).

Обратим внимание на следующие особенности ацидофильной зернистости протоплазмы тромбоцитов. Детальное рассмотрение отдельных клеток при большом увеличении (светоптического) микроскопа позволяет обнаруживать как сравнительно крупные гранулы розово-красного цвета, так и оптически гомогенную, слабо выделяющуюся многочисленную зернистость с легким розовым оттенком (рис. 3: 3.1, 3.2).

Наиболее оптически плотным ядром среди всех форменных элементов крови цыплят отличается вторая морфофункциональная группа тромбоцитов, в мазках крови образующая скопления. Округлоовальное или слегка угловатое ядро сформировано гетерогенным хроматином из глыбок базихроматина темно-фиолетового цвета вплоть до черного оттенка и бороздочек оксихроматина, имеющего фиолетовый цвет (рис. 3: 3.3). Данные тромбоциты, в отличие от первой группы, это узкоплазменные клетки со сравнительно тонкой полоской цитоплазмы (рис. 3: 3.3). Тем не менее, цитоплазма этих клеток может включать ацидофильную и базофильную зернистость (рис. 3: 3.3).

Знаковой особенностью зрелых эритроцитов птиц является наличие полноценно сформированного ядра (см. рис. 1–5). Это обстоятельство определяет сложность дифференциальной морфологии форменных элементов, с тотальным наличием схожих ядерных клеток в мазках периферической крови птиц. Это тем более делает весьма трудоемкой морфофункциональную диагностику клеток периферической крови в мазках, полученных от птенцов, у которых, как известно, в раннем постнатальном (неонатальном) онтогенезе циркулирует обилие незрелых и даже клеток предшественников

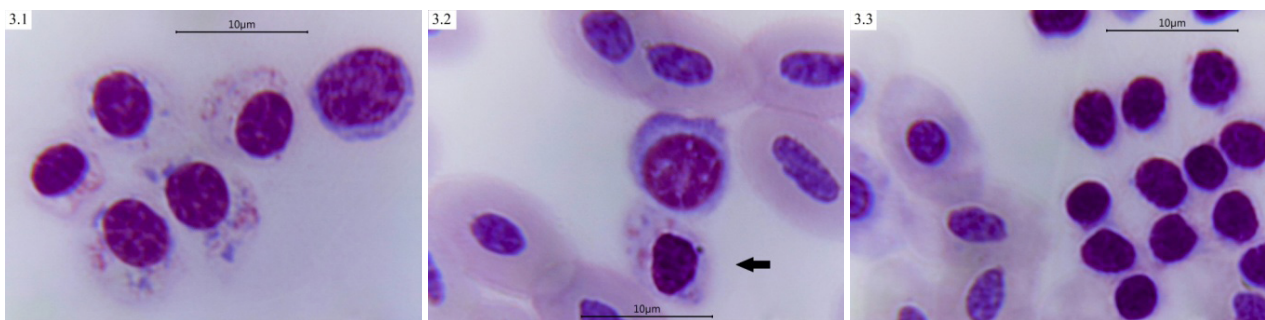


Рис. 3. Тромбоциты: 3.1 (23-е сут.), 3.3 (1-е сут.) – агрегированные, 3.2 (7-е сут.) – отдельный. Здесь и далее стрелкой показан обозначаемый объект

эритропоэза [4–6] (см. рис. 4), которые, к примеру, у млекопитающих в принципе в норме не должны быть [4]. Однако есть некоторые специфические особенности формы, цитоплазмы и ядра в морфофизиологии незрелых форм и клеток предшественников эритроцитов, которые позволяют проводить их дифференциацию как между собой, так и от лимфоцитов [1; 4; 5] (см. рис. 4 и рис. 1: 1.1–1.6). Также форма клеток и рисунок хроматина ядра зрелых эритроцитов различаются в зависимости от возрастного периода в неонатальном онтогенезе цыплят (рис. 1–5). Данные особенности морфофизиологии эритропоэза напрямую взаимосвязаны с возрастной динамикой глюкокортикоидных, а также тропных гормонов, прежде всего таких, как адренкортикотропный, саматотропный, тиреотропный гормоны [7; 8], которые в совокупности с эритропоэтином и другими факторами определяют морфофункциональное развитие

и созревание эритроцитов, а соответственно и особенности в каждые периоды постнатального роста и развития цыплят [4; 5; 7; 8].

Строение ядра эритроцитов у цыплят в возрасте первых суток схоже с таковым у 42-суточных птенцов. Ядро слегка пикнотичное, овальное, иногда может быть немного округлоовальным, образовано структурированным гетерогенным хроматином, из плотных, темно-фиолетовых глыбок базихроматина, на светло-фиолетовом фоне оксихроматина. Форма клеток в основном эллипсоидная. В возрасте 7 суток эритроцитарные ядра отличаются вытянутой продолговатой и иногда даже палочковидной формой. Весьма четко структурированный хроматин ядра образован темно-фиолетовыми округлоовальными нуклеолами базихроматина, выделяющегося из светло-фиолетового или розово-фиолетового фона оксихроматина. Форма клеток преимущественно овальная или эллип-

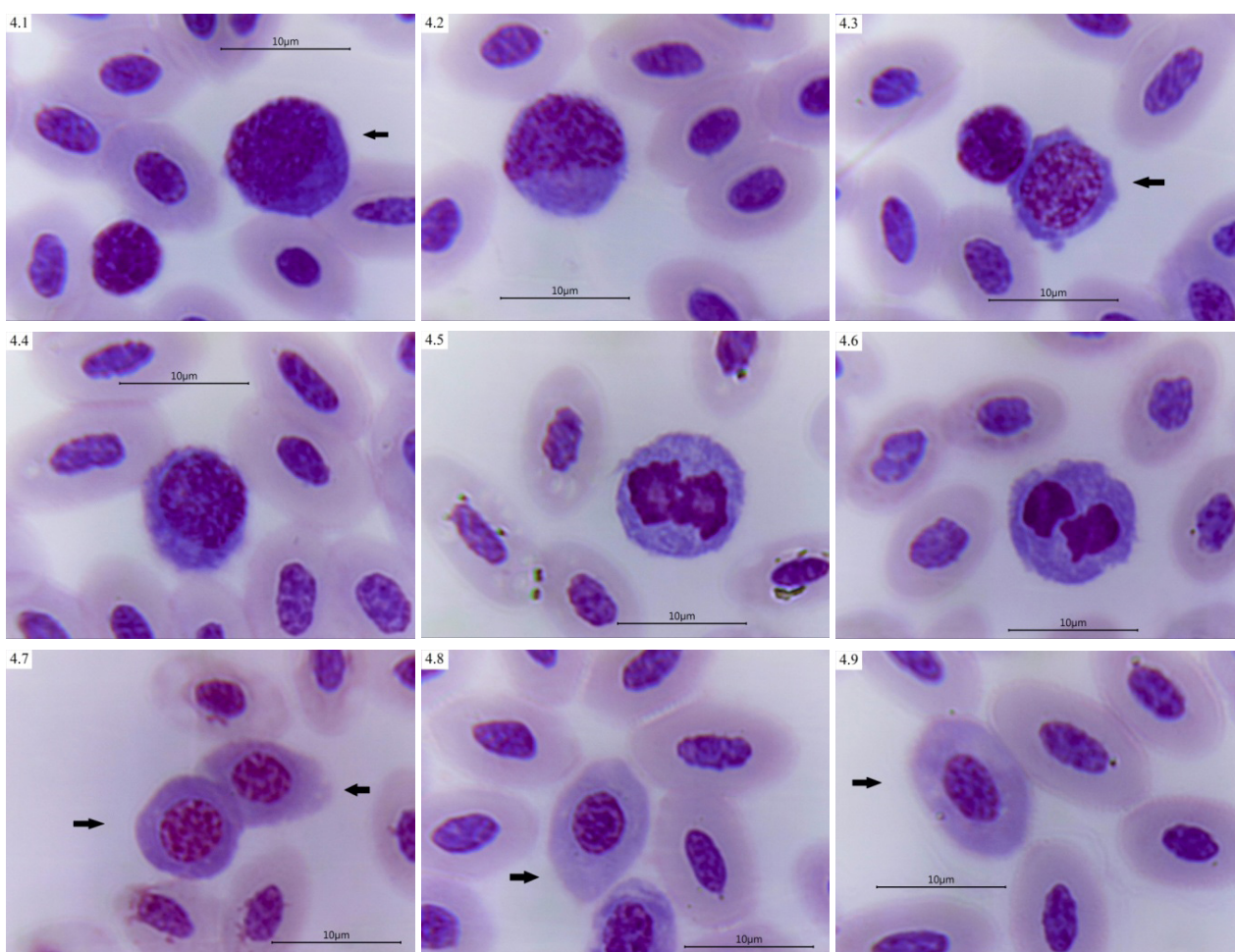


Рис. 4. Предшественники эритроцитов: 4.1, 4.2, 4.3 (7-е сут.) – молодые формы базофильных эритробластов; фазы митоза базофильных эритробластов: 4.4 (7-е сут.) – профаза, 4.5 – ранняя анафаза и 4.6 – поздняя анафаза: (23-е сут.); 4.7 (1-е сут.) – полихроматофильные эритробласты; 4.8 – полихроматофильный нормобласт и 4.9 – полихроматофильный нормоцит: (7-е сут.)



соидная. Особенностью эритроцитов цыплят в 23-суточном возрасте является более выраженная пикнотичность ядер (см. рис. 1–5).

В периферической крови цыплят в норме циркулируют такие предшественники эритроцитов, как эритробласты [1; 2; 4–6] (рис. 4: 4.1–4.7). Эритробласты – синтетически активные митотически пролиферирующие клетки, вышедшие в кровяное русло из красного костномозгового пула [2; 4–6]. В зависимости от формы бластных клеток окраса цитоплазмы и организации хроматина ядра в мазках периферической крови птенцов выделяют: базофильные эритробласты (рис. 4: 4.1–4.6), полихроматофильные эритробласты (рис. 4: 4.7) и полихроматофильные нормобласты (рис. 4: 4.8) [2; 5]. В картине крови цыплят встречаются молодые стадии эритробластов – более ранние формы базофильных эритробластов (рис. 4: 4.1–4.3). Клетки округлой формы, в протоплазме этих предшественников активно происходят синтетические и предмитотические процессы, в связи с этим цитоплазма богата рибонуклеиновой кислотой [5, с. 67], поэтому имеет выраженную базофилию, то есть окрашена ультрамариновым цветом (рис. 4: 4.1–4.6). Ядро клеток отличается от последующих полихроматофильных эритробластов эксцентричным расположением и темно-синим окрасом, однако встречаются клетки с центральным расположением ядра и характерными псевдоподиями цитоплазмы (рис. 4: 4.3).

Свойственный птицам интраваскулярный эритропоэз [5, с. 60] характеризуется активным формированием пула клеток за счет митотической пролиферации эритробластов, в основном базофильных [5, с. 70; 6]. В мазках крови встречаются эритробласты на стадии профазы, в этой фазе митоза становятся видными хромосомы (рис. 4: 4.4). В анафазе митоза цитоплазма эритробласта очень хорошо структурирована, даже немного пенистого вида, хромосомы расположены в полюсах клетки (рис. 4: 4.5). Картина поздней анафазы эритробласта характеризуется наличием двух отдельных формирующихся ядер, протоплазма эритробласта также хорошо структурирована, слегка пенистого вида (рис. 4: 4.6).

Наиболее часто встречающаяся форма предшественников эритроцитов – это полихроматофильные эритробласты [2; 5]. Круглое ядро полихроматофильного эритробласта с четко структурированным хроматином, образованным нередко прямыми нитями округлых

нуклеол базихроматина на фоне розово-фиолетового или светло-фиолетового оксихроматина (рис. 4: 4.7). В связи с высокой синтетической активностью ядро полихроматофильного эритробласта в составе хроматина содержит большое количество белков-гистонов, поэтому имеет темно-фиолетовый с выраженным красноватым оттенком (белково-обусловленная оксифилия) окрас (рис. 4: 4.7). В протоплазме полихроматофильных эритробластов активно происходят синтетические процессы, прежде всего гема и глобина [5, с. 67], в связи с этим цитоплазма сменяет ультрамариновый окрас (свойственный базофильным эритробластам) на оттенки светло-фиолетового (рис. 4: 4.7).

Дальнейшее созревание полихроматофильных эритробластов приводит к появлению в картине крови полихроматофильных нормобластов (рис. 4: 4.8). Процессы превращения полихроматофильных эритробластов в нормобласты характеризуются следующими изменениями. Происходит постепенное снижение синтетической и прекращение митотической активности, а соответственно формирование зрелого ядра, следовательно, его формы и организации хроматина [5]. Ядро становится более округловальным, с хроматином, приобретающим фиолетовый окрас без красноватого оттенка (рис. 4: 4.8). Накопление гемоглобина в протоплазме обуславливает постепенное снижение уровня ее базофилии, соответственно, градиентного изменения окраса цитоплазмы со светло-фиолетового на голубой (рис. 4: 4.8). Превращение эритробластов в нормобласты завершается формированием овальной эллипсоидальной формы клеток (рис. 4: 4.8). В последующем полихроматофильные нормобласты преобразуются в полихроматофильные нормоциты, включающие стадию ретикулоцитов. Полихроматофильным нормоцитам свойственна типичная полихроматизация цитоплазмы (рис. 4: 4.9). Так, еще большее накопление гемоглобина в протоплазме нормоцитов способствует постепенному переходу голубого окраса цитоплазмы в оксифильный (ацидофильный), то есть розовый оттенок и цвет, свойственный зрелым эритроцитам (рис. 4: 4.9, см. рис. 1–5). Форма клетки и строение ядра нормоцитов приближаются к зрелым эритроцитам (рис. 4: 4.9).

Учитывая высокоактивный гемоцитопоэз, свойственный молодым животным, закономерным выглядит наличие в мазках крови цыплят различных по происхождению и морфологии



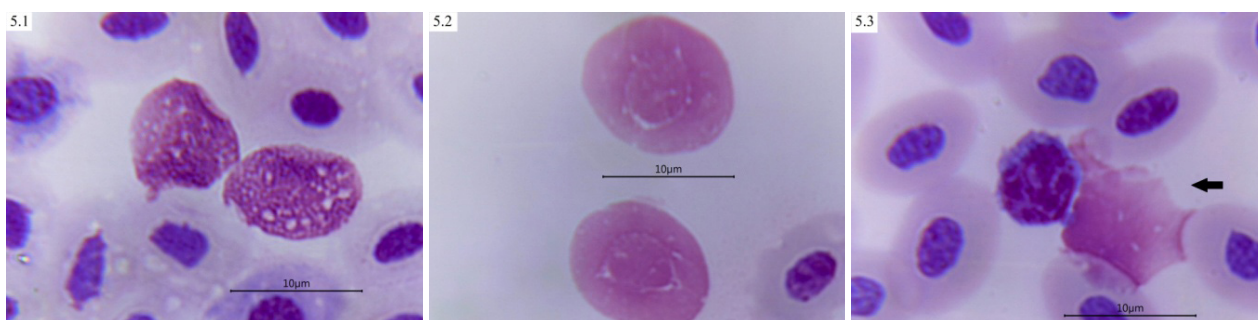


Рис. 5. «Тени» клеток: 5.1 (1-е сут.), 5.2 (23-е сут.), 5.3 (42-е сут.)

дегенеративных стадий завершения жизни клеток, а именно теней клеток, в основном эритроидного ряда [1; 2, с. 182, 183].

Тени клеток чаще всего красно-фиолетового окраса, представлены аморфными образованиями (рис. 5: 5.3) или имеющими очертания клетки и ядра, нередко с характерным рельефом, свойственным типичным форменным элементам крови (рис. 5: 5.1, 5.2).

#### Выводы

Таким образом, на основе анализа качественных цветных микрофотографий клеток красной и белой крови бройлерных кур неонатального онтогенеза, выполненных методом оптической микроскопии, были обозначены и охарактеризованы дифференциальные морфофизиологические маркеры форменных элементов крови птиц.

#### Список литературы

1. Никитин В. Н. Атлас клеток крови сельскохозяйственных и лабораторных животных. М. : Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1949. 120 с.
2. Campbell T. W. Hematology / In: V. W. Ritchie, G. J. Harrison, L. R. Harrison (Eds.) // In book: Avian Medicine: Principles and Applications. Lake Worth, Florida: Wingers Publishing, Inc., 1994. P. 176–198.

3. Maxwell M. H., Robertson G. W. The avian heterophil leucocyte: a review // World's Poultry Science Journal. 1998. Vol. 54. № 2. P. 155–178. doi: 10.1079/WPS19980012.

4. Harvey J. W. Veterinary Hematology: A Diagnostic Guide and Color Atlas. St. Louis, Missouri: Saunders / Elsevier Inc., 2012. 384 p. doi: 10.1111/vcp.12007.

5. Болотников И. А., Соловьев Ю. В. Гематология птиц / отв. ред. А. А. Кудрявцев. Л. : Наука, 1980. 116 с.

6. Hematological, morphological and morphometric characteristics of blood cells from rhea, *Rhea Americana* (Struthioniformes: Rheidae): a standard for Brazilian birds / S. S. M. Gallo, N. B. Ederli, M. O. Bôa-Morte, F. C. R. Oliveira // Brazilian Journal of Biology. 2015. Vol. 75. № 4. P. 953–962. doi: 10.1590/1519-6984.03414.

7. Колесник Е. А., Дерхо М. А. К вопросу об адаптационном гомеостазисе животных в модели организма бройлерных кур в технологической среде жизнедеятельности // АПК России. 2016. Т. 23. № 5. С. 1011–1015.

8. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Об участии гипофизарно-адренкортикальных гормонов в регуляции клеточного пула крови у цыплят-бройлеров // Проблемы биологии продуктивных животных. 2018. № 1. С. 64–74. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64–74.

**Колесник Евгений Анатольевич**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН».

E-mail: evgeniy251082@mail.ru.

**Дерхо Марина Аркадьевна**, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

\* \* \*



27. Orawan C., Aengwanich W. Blood Cell Characteristics, Hematological Values and Average Daily Gained Weight of Thai Indigenous, Thai Indigenous Crossbred and Broiler Chickens // Pakistan Journal of Biological Sciences. 2007. Vol. 10. № 2. P. 302-309.

28. Morphofunctional parameters of erythrocytes in blood of chickens at adaptation to different light status / L. K. Buslovskaya [et al.] // International Journal of Green Pharmacy. 2017. Vol. 11. № 3. P. S460-S464. doi: 10.22377/ijgp.v11i03.1157.

**Kolesnik Evgeny Anatolyevich**, Cand. Sc. (Biology), senior researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Center, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: evgeniy251082@mail.ru.

**Derkho Marina Arkadyevna**, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Natural Sciences, South Ural State Agrarian University.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

### **Characterizing the morphophysiology problems of blood cells of chickens' neonatal ontogenesis. Report II. Characterizing the differential morphophysiological markers of chickens' blood cells**

**E. A. Kolesnik, M. A. Derkho**

The morphofunctional characteristic of the peripheral blood cell ensemble of broiler chickens *Gallus gallus* (L.) of early postnatal ontogenesis is presented. It is based on the analysis of high-resolution color micrographs made with light-optical microscopy. The work is a practical result to continue the comprehensive study of the morphophysiology of the blood cells of broiler chickens in the early period of ontogenesis after birth.

*Keywords:* blood morphology, erythroblasts, erythropoiesis, mitosis, hemocytopoiesis, heterophiles, eosinophils, basophils, lymphocytes, monocytes, platelets, hens.

#### **References**

1. Nikitin V. N. Atlas kletok krovi sel'skokhozyajstvennykh i laboratornykh zhivotnykh. M. : Gos. izd-vo s.-kh. lit-ry, 1949. 120 s.
2. Campbell T. W. Hematology / In: B. W. Ritchie, G. J. Harrison, L. R. Harrison (Eds.) // In book: Avian Medicine: Principles and Applications. Lake Worth, Florida: Wingers Publishing, Inc., 1994. P. 176-198.
3. Maxwell M. H., Robertson G. W. The avian heterophil leucocyte: a review // World's Poultry Science Journal. 1998. Vol. 54. № 2. P. 155-178. doi: 10.1079/WPS19980012.
4. Harvey J. W. Veterinary Hematology: A Diagnostic Guide and Color Atlas. St. Louis, Missouri: Saunders / Elsevier Inc., 2012. 384 p. doi: 10.1111/vcp.12007.
5. Bolotnikov I. A., Solov'ev Yu. V. Gematologiya ptits / otv. red. A. A. Kudryavtsev. L. : Nauka, 1980. 116 s.
6. Hematological, morphological and morphometric characteristics of blood cells from rhea, Rhea Americana (Struthioniformes: Rheidae): a standard for Brazilian birds / S. S. M. Gallo, N. B. Ederli, M. O. Bôa-Morte, F. C. R. Oliveira // Brazilian Journal of Biology. 2015. Vol. 75. № 4. P. 953-962. doi: 10.1590/1519-6984.03414.
7. Kolesnik E. A., Derkho M. A. K voprosu ob adaptatsionnom gomeostazise zhivotnykh v modeli organizma brojlernykh kur v tekhnologicheskoy srede zhiznedeyatel'nosti // APK Rossii. 2016. T. 23. № 5. S. 1011-1015.
8. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Ob uchastii gipofizarno-adrenokortikal'nykh gormonov v regulyatsii kletochnogo pula krovi u tsyplyat-brojlerov // Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2018. № 1. S. 64-74. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.1.64-74.

**Kolesnik Evgeny Anatolyevich**, Cand. Sc. (Biology), senior researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Center, the Russian Academy of Sciences.

E-mail: evgeniy251082@mail.ru.

**Derkho Marina Arkadyevna**, D. Sc. (Biology), Professor, Head of the Department of Natural Sciences, South Ural State Agrarian University.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

**Characterizing the status and capabilities of the sympatho-adrenal and hypothalamic-pituitary-adrenal systems in piglets with various degrees of physiological maturity under different growing conditions**

**A. I. Kuznetsov, N. P. Smolyakova, A. S. Mizhevikina, I. M. Samorodova**

The studies were carried out with the aim of studying the features of the development of vegetative reactions and adaptive capabilities in piglets of different degrees of maturity and grown under different conditions. Piglets of various degrees of development were used for studying. Piglets were obtained from sows of large white breed inseminated by Landrace boars. The functional activity of the adrenergic system in piglets born with a low degree of maturity was found to be low. In the blood, the concentration of adrenaline is 74.7-77.5, norepinephrine is 74.0-76.8, and the sum of amines is 75.9-77.5% in comparison with the values of such indicators at this age in mature animals. They have low adaptive capabilities. The blood in these animals contains 11-OCS (71.42%), with 17-OCS (76.76%) in the daily urine volume being totally as compared to the level of similar indicators in mature ones. Growing of antenatally immature piglets in the absence of competition with mature pigs for life in the nest provides the development of the functional activity of the sympatho-adrenal and adaptation systems close in nature to those of mature ones. When immature piglets grown with mature ones, the development and formation of the sympatho-adrenal and hypothalamic-pituitary-adrenal systems is less progressive. High stress of the adrenergic system occurs from the first days of life up to the age 40 days. During this period, there is a change in the ratio between some amines in their total amount aiming at adrenaline increasing. The functional state of the hypothalamic-pituitary-adrenal system is characterized by high voltage. At the age of 60 days its tonus level is 10.4% higher, and the potential is 62.1% lower than that of immature piglets raised without competition to ensure their safety at the level of 52.0%.

*Keywords:* sympatho-adrenal system, hypothalamic-pituitary-adrenal system, oxycorticosteroid (OCS), different degrees of physiological maturity of piglets, different growing conditions, adaptive capabilities of piglets.

**References**

1. Lysov V. F. Funktsional'nye osobennosti i vozmozhnosti fiziologicheskoi zrelykh novorozhdennykh zhivotnykh // Fiziologiya molodnyaka sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh. Kazan', 1977. S. 22-43.
2. Arshavskij I. A. K probleme obosnovaniya profilaktiki fiziologicheskoi nezrelosti v svyazi s zadachami produktivnosti zhivotnovodstva // Zakonomernosti individual'nogo razvitiya sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh. M., 1962. T. 1. S. 3-4.
3. Kuznetsov A. I. Profilaktika postnatal'noj gipotrofii porosyat v promyshlennykh kompleksakh // Fiziologicheskoe osnovy razvitiya, rezistentnosti i produktivnosti zhivotnykh : sb. nauch. rabot. Kazan', 1992. S. 41.
4. Kuznetsov A. I. O mekhanizme razvitiya antenatal'noj nezrelosti porosyat // Aktual'nye problemy veterinarii, zhivotnovodstva i podgotovki kadrov na Yuzhnom Urale : sb. nauch. rabot. Chelyabinsk, 1994. S. 52-54.
5. Kuznetsov A. I. Sostoyanie adaptatsionnykh mekhanizmov u zrelykh i nezrelykh porosyat // Aktual'nye problemy veterinarii, zhivotnovodstva i podgotovki kadrov na Yuzhnom Urale : sb. nauch. rabot. Chelyabinsk, 1995. S. 30-35.