

Учредитель и издатель:

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста»

И РАЗВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

Главный редактор:

Племяшов Кирилл Владимирович — член-корреспондент РАН, «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», Санкт-Петербург, Россия.

Редакционная коллегия:

Забродин Василий Александрович — академик РАН, «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН», Санкт-Петербург, Россия.

Зиновьева Наталия Анатольевна — академик РАН, «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, Россия.

Стекольников Анатолий Александрович — академик РАН, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия.

Стрекозов Николай Иванович — академик РАН, «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, Россия.

Лайшев Касим Анверович — член-корреспондент РАН, «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН», Санкт-Петербург, Россия.

Абилов Ахмедага Имаш оглы — доктор биологических наук, «ФИЦ животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, Россия.

Лаптев Георгий Юрьевич — доктор биологических наук, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», ООО «Биотроф», Санкт-Петербург, Россия.

Кузьмина Татьяна Ивановна — доктор биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФИЦ — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия.

Сердюк Григорий Николаевич — доктор биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФИЦ — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия.

Холодова Марина Владимировна — доктор биологических наук, Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия.

Editor-in-chief:

Plemyashov Kirill Vladimirovich — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, «St. Petersburg State University of Veterinary Medicine», St. Petersburg, Russia.

Editorial board:

Zabrodin Vasily Aleksandrovich — Academician of the Russian Academy of Sciences, «St. Petersburg Federal Research Center of the RAS, St. Petersburg, Russia.

Zinovieva Natalia Anatolyevna — Academician of the Russian Academy of Sciences, «Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst», Podolsk city district, Dubrovitsy, Russia.

Stekolnikov Anatoly Alexandrovich — Academician of the Russian Academy of Sciences, «St. Petersburg State University of Veterinary Medicine», St. Petersburg, Russia.

Strekozov Nikolay Ivanovich — Academician of the Russian Academy of Sciences, «Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst», Podolsk city district, Dubrovitsy, Russia.

Laishev Kasim Anverovich — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, «St. Petersburg Federal Research Center of the RAS», St. Petersburg, Russia.

Abilov Ahmedaga Imash oglu — Dr. Habil. (Bio. Sci.), «Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst», Podolsk city district, Dubrovitsy village, Russia.

Laptev Georgy Yurievich — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State Agrarian University, «Biotroph», St. Petersburg, Russia.

Kuz'mina Tatiana Ivanovna — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia.

Serdyuk Grigory Nikolaevich — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia.

Kholodova Marina Vladimirovna — Dr. Habil. (Biol. Sci.), Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia.

Максимов Владимир Ильич — доктор биологических наук, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия.

Никиткина Елена Владимировна — кандидат биологических наук, Всероссийский НИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФИЦ — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия.

Armin Towhidi — PhD, профессор, Тегеранский Университет, Тегеран, Иран.

Knut Røed — PhD, профессор, Норвежский университет естественных наук, Ос, Норвегия.

Margherita Maranesi — PhD, профессор, Университет Перуджи, Перуджа, Италия.

Øystein Holand — PhD, профессор, Норвежский университет естественных наук, Ос, Норвегия.

Редактор:

Ширяев Геннадий Владимирович — кандидат сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «ФИЦ — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия.

Дизайн и верстка

Панкевич Аркадий Владиславович

Maksimov Vladimir Ilyich — Dr. Habil. (Biol. Sci.), FSB EI of Higher Education «Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA by K.I. Skryabin», Moscow, Russia.

Nikitkina Elena Vladimirovna — PhD (Biol. Sci.), Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia.

Armin Towhidi — PhD, Professor, University of Tehran, Tehran, Iran.

Knut Røed — PhD, Professor, Norwegian University of Life Sciences, As, Norway

Margherita Maranesi — PhD, Professor, University of Perugia, Perugia, Italy.

Øystein Holand — PhD, Professor, Norwegian University of Life Sciences, As, Norway.

Editor:

Shiryayev Gennady Vladimirovich — PhD (Agr. Sci.), Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia.

Design and layout:

Pankevich Arkady Vladislavovich

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Научные статьи рецензируются. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Генетика и разведение животных» возможна только с письменного разрешения редакции и со ссылкой на журнал. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Подписной индекс: 43354

Тираж: 1000 экз.

Свидетельство о регистрации
СМИ ПИ № ФС 77-77502 от 31 декабря 2019 г.

Адрес издателя, учредителя, редакции:

196625, г. Санкт-Петербург, Пушкин,
Московское шоссе, д. 55а
Tel.: (812) 451 76 63
Fax: (812) 465 99 89
e-mail: spbvniigen@mail.ru
сайт: <http://www.vniigen.ru/>

Периодичность — ежеквартальная.
Подписано в печать — 28.09.2023 г.
Печать офсетная. Цена подписная.

Отпечатано в: ООО «УК Борвик»
Формат А4, печ. л. 10.

Содержание

Рубрика: Биология развития

Е. Н. Шедова, Е. В. Цындрина.

Получение культуры соматических клеток с использованием тканевого материала уха погибшего гибрида овцы и снежного барана.....5

Рубрика: Разведение животных

Е. С. Слепцов, К. В. Племяшов, Г. Н. Мачахтыров, В. А. Мачахтырова, М. В. Андреева, Я. Л. Шадрина, Л. Ю. Гаврильева, И. В. Алфёров.

Разнообразие инфузорной симбиофауны крупного рогатого скота13

А. В. Петрова, Е. А. Романова, Е. Н. Васильева.

Применение метода BLUP Animal Model в оценке племенной ценности маточного поголовья айрширского скота.....25

Е. С. Слепцов, Г. Н. Мачахтыров, В. А. Мачахтырова, В. И. Федоров, К. В. Племяшов, М. В. Андреева, Я. Л. Шадрина, И. И. Григорьев.

Породные особенности эндобионтной фауны северного домашнего оленя31

Г. Я. Брызгалов, Л. С. Игнатович. Биометрические характеристики живой массы

в популяциях северных оленей восточной Арктики и Субарктики39

З. Л. Федорова, А. Б. Вахрамеев.

Влияние массы инкубационных яиц на показатели роста живой массы выведенного молодняка кур и качество их яиц47

Рубрика: Воспроизводство

М. А. Максимова, Е. А. Корочкина.

Факторы, определяющие фертильность спермы (обзор)53

Н. Ф. Хуснетдинова, Б. С. Иолчиев.

Синхронизация полового цикла ярок для регуляции окота61

Ю. Е. Беренев. Сравнительная характеристика самок ладожской палии (*Salvelinus Alpinus L.*), выращиваемой в условиях рыбоводного хозяйства Ленинградской области

по размерно-весовым и репродуктивным признакам67

Рубрика: Молекулярная генетика

А. И. Азовцева, Н. В. Дементьева.

Факторы, влияющие на крепость костяка кур74

Рубрика: Физиология

Р. Н. Булатов, В. С. Авдеев.

Морфометрические изменения плаценты и иммуно-биохимические показатели крови у больных суягных маток эклампсией86

В. С. Пушкина, Е. А. Корочкина.

Сравнительная характеристика протоколов криоконсервации спермы баранов-производителей94

А. В. Малиновский.

Особенности метаболизма гистидина у разных видов животных (обзор)103

Рубрика: Краткие сообщения

Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, П. С. Погодаева, П. Д. Бохан.

Изменения показателей эритроцитов, гемоглобина и эритроцитарных индексов у кошек при энтероколите невыясненной этиологии110

В. И. Федоров, Е. С. Слепцов, Г. Н. Мачахтыров, В. А. Мачахтырова, М. В. Андреева, Я. Л. Шадрина, И. В. Алфёров.

Симбиофауна якутской породы лошадей в зависимости от условий разведения114

Content

Developmental Biology

Shedova E., Tsyndrina E.

Obtaining a culture of somatic cells using tissue material from the ear of dead sheep/snow sheep hybrid5

Breeding

Sleptsov E., Plemyashov K., Machakhtrov G., Machakhtrova V., Andreeva M., Shadrina Ya., Gavriliyeva L., Alfierov I.

Diversity of the infusoria symbiofauna of cattle13

Petrova A., Romanova E., Vasileva E.

Application of the BLUP Animal Model method in assessing the breeding value of the breeding stock of Ayrshire cattle25

Sleptsov E., Machakhtyrov G., Machakhtyrova V., Fedorov V., Plemyashov K., Andreyeva M., Shafrina Ya., Grigoryev I.

Breed characteristics of the endobiotic fauna of the domestic reindeer31

Bryzgalov G., Ignatovich L.

Biometric Characteristics of Live Weight in Reindeer Populations of the Eastern Arctic and Subarctic39

Fedorova Z., Vachrameev A.

The influence of the mass of incubation eggs on the growth indicators of a live weight of the bred young chickens and the quality of their eggs47

Reproduction

Maksimova M., Korochkina E.

Factors determining sperm fertility53

Khusnetdinova N., Iolchiev B.

Synchronization of the reproductive cycle is bright for the regulation of lambing61

Berenev Yu.

Comparative characteristics of female Ladoga palia (*Salvelinus Alpinus L.*), grown in the conditions of fish farming in the Leningrad region by size, weight and reproductive characteristics67

Molecular cytogenetics

Azovtseva A., Dementieva N.

Factors affecting chicken bone strength74

Physiology

Bulatov R., Avdeenko V.

Morphometric and immuno-biochemical markers of placenta in patients with uterine eclampsia86

Pushkina V., Korochkina E.

Comparative characteristics of protocols for cryopreservation of ram semen94

Malinovsky A.

Special features of histidine metabolism with different kinds of animals103

Brief communications

Karpenko L., Bakhta A., Pogodaeva P., Bokhan P.

Changes of erythrocytes, hemoglobin and erythrocyte indices in cats with enterocolitis of unknown etiology110

Fedorov V., Sleptsov E., Machakhtyrov G., Machakhtyrova V., Andreyeva M., Shafrina Ya., Alfierov I.

Symbiofauna of the Yakut breed of horses depending on breeding conditions114

Е. Н. Шедова, Е. В. Цындрина

Получение культуры соматических клеток с использованием тканевого материала уха погибшего гибрида овцы и снежного барана

Аннотация.

Получение и криоконсервация соматических клеток (СК) от ценных и исчезающих животных позволяет сохранить их генетический потенциал, а также обеспечить их репродукцию в будущем.

Цель данной работы состояла в попытке выделить СК из ткани уха погибшего уникального гибрида домашней овцы (*Ovis aries*) и снежного барана (*Ovis nivicola borealis*), сравнивая два различных метода обработки ткани: ферментативный и механический.

Материалы и методы. Материал (уши) получен от животного через 12 часов после его гибели на пастбище, доставлен в лабораторию и тщательно промыт от грязи под проточной водой. С части ушной раковины лезвием удаляли волосяной покров, кожу обрабатывали 70 % этиловым спиртом, после чего ткань трижды промывали в физиологическом растворе с антибиотиками и измельчали. Кусочки ткани многократно отмывали в фосфатно-солевом буфере и делили на две части. Одна часть ткани была сразу перенесена в среду культивирования (группа 1: кусочки уха без ферментативной обработки), оставшаяся предварительно подвергалась обработке 0,25 % раствором трипсина/ЭДТА. После трипсинизации использовались либо кусочки ткани (группа 2: кусочки уха с ферментативной обработкой), либо клеточные комплексы, выделенные из суспензионной фракции (группа 3: клеточные комплексы). Контроль формирования и роста культуры проводился ежедневно.

Результаты. В группе 3 с использованием клеточных комплексов, выделенных из кусочков уха в результате трипсинизации, колонии клеток формировались уже на 2 день культивирования. Из кусочков ткани (группа 1 и 2), вне зависимости от способа их обработки, рост клеток начинался через пять дней. На девятый день культивирования от всех групп была получена первичная культура, представленная двумя типами СК. В целом, единичные клеточные комплексы (группа 3) быстрее формировали в культуре зоны роста, но конечные результаты получения культуры СК и их морфологические особенности не отличались от групп 1 и 2, когда кусочки ткани использовались без и после трипсинизации целиком.

Заключение. Таким образом, нами показана возможность выделения культуры СК из ткани уха гибрида овцы и снежного барана, которая была получена через 12 часов после гибели животного.

Ключевые слова: гибрид овцы и снежного барана, культура соматических клеток.

Авторы:

Шедова Е. Н. – научный сотрудник; e-mail: shedvek@yandex.ru;

Цындрина Е. В. – младший научный сотрудник; e-mail: kiril04kina@yandex.ru.

Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста; 142132, Россия, Московская область, городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60.

Введение. Криоконсервирование клеток сельскохозяйственных животных, таких как сперма, яйцеклетки и эмбрионы, широко используется в программах сохранения и улучшения генетических ресурсов домашних животных [1, 2]. Открытие феномена репрограммирования ядер соматических клеток позволило расширить спектр форм биоматериала в программах по

криоконсервации [3, 4]. Создание криобанков соматических клеток (СК) – доноров ядер для клонирования, является альтернативным вариантом поддержания генетического разнообразия у сельскохозяйственных животных, а также диких животных, находящихся под угрозой исчезновения [5, 6].

В настоящее время получено клонированное

потомства более чем у 20 видов животных, в том числе сельскохозяйственных, включая домашнюю овцу, корову, свинью и лошадь [7]. Кроме того, на практике клонирование ядер соматических клеток (somatic cell nuclear transfer, SCNT) используется для тиражирования уникальных генотипов у крупного рогатого скота [8] и ряда других домашних животных [9, 10, 11, 12], а также размножения уникальных межвидовых гибридов (в том числе бесплодных) с выгодными генотипами (техасский лонгхорн [13] и гоночный мул [14]). Есть также примеры сохранения исчезающих видов с применением SCNT, в частности дикого быка *Bos gaurus* [15], находящегося под угрозой исчезновения муфлона (*Ovis orientalis musimon*) и вымершего подвиды дикого козла (*Capra pyrenaica pyrenaica*) [16].

Для создания жизнеспособных криоконсервированных клеточных культур достаточно небольшого количества биопсийного материала, при этом такие линии содержат полный геном и протеом. В отличие от половых клеток и эмбрионов, а также от генеративных тканей криоконсервированные СК после многократного размораживания способны к регенерации, то есть могут практически бесконечно служить источником биоматериала как для использования во вспомогательных репродуктивных технологиях, так и для биологических исследований [17, 18]. Кроме того, СК могут быть единственным источником генетического ресурса в тех случаях, когда нет возможности осуществить сбор жизнеспособных гамет, в том числе у особей, умерших неожиданно, до наступления половой зрелости или вне сезона размножения [19].

СК могут быть выделены практически из любого типа ткани, но предпочтительными считаются фетальные фибробласты, выделенные из плодов животных. Данный тип клеток характеризуется низким уровнем мутаций и высокой пролиферативной активностью [20]. Однако при создании банка соматических клеток для сохранения генетических ресурсов животных, а также в селекционных программах не всегда есть возможность получения фетального материала, тогда источником СК (фибробластов) служит биоматериал от конкретного животного. Фибробласты, в таком случае, получают чаще всего из кожи, мышц и хрящевой ткани [21].

В независимости от типа исходной ткани для выделения первичной культуры используют два основных подхода: метод прямого эксплантата и ферментативный метод [22]. Метод эксплантации может собирать менее гетерогенные клеточ-

ные популяции, которые демонстрируют более высокую скорость пролиферации и жизнеспособность клеток, чем ферментативный метод.

Исходная ткань промывается для удаления клеток крови, а затем механически измельчается, путем разрезания на мелкие кусочки длиной не более нескольких миллиметров. Затем кусочки ткани помещают на культуральный пластик для культивирования с питательной средой. Через несколько дней кусочки ткани можно удалить [23]. При ферментативном подходе ткань также механически измельчается и дополнительно обрабатывается дезагрегирующим раствором (трипсин, коллагеназа и т.д.), который разрушает внеклеточный матрикс. Полученные отдельные клетки или небольшие клеточные агрегаты переносятся в чашки с питательной средой для дальнейшего культивирования. [24]. Выбор того или иного метода определяется типом ткани и тем, какие клетки мы хотим получить.

Возможны случаи, когда уникальное животное погибло, а от него так и не были получены соматические клетки. В такой ситуации возникает вопрос о методе и временном интервале, при котором возможно получить жизнеспособные СК от мертвого животного [25, 26]. На сегодняшний день в литературе упоминаются единичные случаи успешного выделения первичных фибробластов из кожи погибших в естественных условиях особей: азиатского слона (*Elephas maximus*) [27] и китайского мунтжака (*Muntiacus reevesi*) [28].

Цель нашей работы состояла в попытке выделить СК из ткани уха уникального гибрида овцы (*Ovis aries*) и снежного барана (*Ovis nivicola borealis*), сравнивая два различных метода обработки ткани: ферментативный и механический. Данное животное погибло в летнее время за 12 часов до отбора у него исходного тканевого материала.

Материалы и методы. Материал (уши) был получен от животного непосредственно на месте его гибели (пастбище), доставлен в лабораторию в естественном виде и тщательно промыт от грязи под проточной водой. С части ушной раковины лезвием удаляли волосяной покров, кожу обрабатывали 70% этиловым спиртом, после чего ткань трижды промывали в физиологическом растворе с антибиотиками (200 МЕ/мл пенициллина и 100 мкг/мл стрептомицина). Обработанный таким образом материал разрезали скальпелем на мелкие кусочки и промывали (многократно) в фосфатно-солевом буфере (ФБС), содержащем 100 МЕ/мл пенициллина, 100 мкг/мл стрептомицина и 25 нг/мл амфотерицина Б.

Согласно схеме эксперимента, для дальнейшей работы измельченный и промытый тканевой материал был разделен примерно на две равные порции, каждая из которых была перенесена в пробирку объемом 15 мл. К первой пробирке было добавлено 8 мл среды DMEM (Gibco, США, кат. № 31966021) с 5 % фетальной бычьей сыворотки (ФБС) и 50 мкг/мл гентамицина (DMEM-1), после чего проведено центрифугирование при 2000 об/мин в течение 7 мин. Супернатант удаляли, осадок ресуспендировали в 8 мл среды DMEM-1, повторно центрифугировали, и кусочки ткани высевали в культуральные флаконы (TPP, Швейцария, кат. № 90076) с 12-15 мл ростовой средой DMEM (Gibco, США, кат. № 31966021), дополненной 15 % ФБС, 1 % несущественных аминокислот (MEM non-essential Amino Acid) и 50 мкг/мл гентамицина (DMEM-2) для культивирования. Оставшаяся часть тканевого материала была подвергнута обработке 4 мл 0,25 % раствором трипсина/ЭДТА при 37 °С. Через 20 мин обработки жидкую фракцию и измельченную ткань помещали раздельно в новые пробирки, добавляли в каждую по 8 мл среды DMEM-1, для нейтрализации трипсина и центрифугировали 7 мин при 2000 об/мин. Полученный осадок с кусочками ткани или клеток переносили в культуральные флаконы (TPP, Швейцария, кат. № 90076) для культивирования, как описано выше.

Флаконы с различными вариантами обработки тканевого материала культивировали в условиях инкубатора при 38,5 °С, 5 % CO₂ в воздухе и максимальной влажности с использованием среды DMEM-2. Раз в три дня проводили замену данной среды. Контроль формирования и роста культуры проводился ежедневно с использованием инвертированного микроскопа Eclipse Ti-U (Nikon, Япония).

Первичную культуру пересеивали в новые флаконы. Ростovou среду заменяли раствором трипсина/ЭДТА, флаконы инкубировали в термостате при 37 °С, после чего суспензию клеток перено-

сили в центрифужные пробирки, содержащие DMEM-1, для нейтрализации трипсина и осаждали центрифугированием при 1500 об/мин в течение 5 мин. Супернатант удаляли, осадок ресуспендировали и вновь культивировали с ростовой средой DMEM-2 (каждую группу отдельно). После формирования монослоя клетки вновь снимали с поверхности культурального флакона, как описано выше, после чего использовали для замораживания.

Результаты и обсуждение. В данном исследовании оценивали необходимость в ферментативной обработке тканевого материала уха для эффективного получения из него первичной культуры СК. Также сравнивали результативность получения культуры либо из целых кусочков ткани, либо из выделенных из них клеток. Для этого механически измельченная ткань уха перед помещением в среду культивирования подвергалась ферментативной обработке 0,25 % раствором трипсин/ЭДТА (группа 2: кусочки с ферментативной обработкой, рис. 1Б). В качестве альтернативного варианта ткань уха переносилась в среду для роста только после механического измельчения без обработки дезагрегирующим раствором (группа 1: кусочки без ферментативной обработки, рис. 1А). Дополнительно для культивирования использовали отдельные клетки и клеточные комплексы, выделенные из жидкой фракции после трипсинизации (группа 3: клеточные комплексы рис. 1 В).

Результаты морфологической оценки состояния кусочков ткани в культуре показали, что в независимости от способа их обработки (с или без использования трипсин/ЭДТА) единичные закрепившиеся на культуральном пластике кусочки ткани, образовавшие центры роста клеток, наблюдались через пять дней культивирования (рис. 2 А, Б). В группе с использованием выделенных из кусочков уха в результате трипсинизации клеточных комплексов зоны роста клеток формировались уже на 2-й день культивирова-

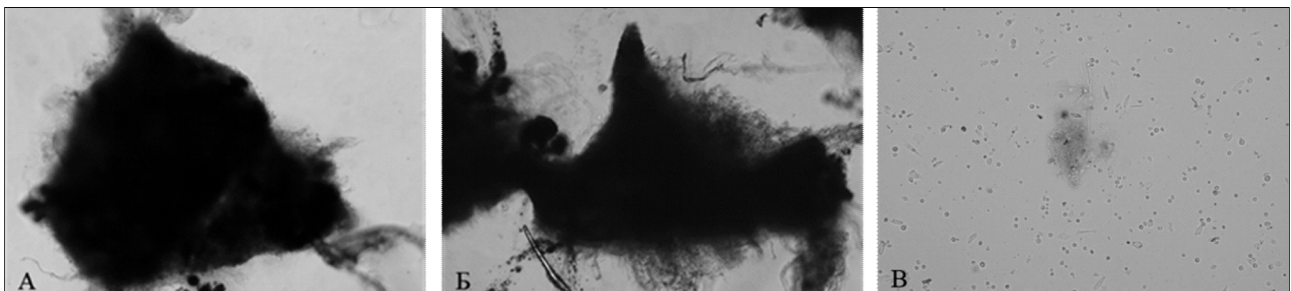


Рис. 1. Микрофотографии кусочков ткани уха без (А) и с (Б) ферментативной обработкой, а также клеточных комплексов (В) после переноса их в ростовую среду и до начала культивирования.

Примечание – инвертированный микроскоп Eclipse Ti-U (Nikon, Япония). Увеличение x100.

ния (рис. 2 В). Через девять дней культивирования во всех группах была получена первичная культура, сформированная из двух типов СК. Большая часть выделенных клеток представляет собой участки фибробластоподобных клеток, но встречаются также зоны эпителиальных клеток (рис. 3 А-В).

В целом единичные клеточные комплексы быстрее формировали зоны роста, но конечные результаты получения культуры СК и их морфологические особенности не отличались от вариантов, когда кусочки ткани использовались без и после трипсинизации целиком. Сходный характер роста во всех группах наблюдался и

после посева первичной культуры. Следует отметить, что на протяжении всего периода культивирования во флаконах с культурой как отдельных кусочков, так и клеточных комплексов признаков контаминации обнаружено не было.

Заключение. Таким образом, ухо погибшего гибрида овцы и снежного барана (12 часов до момента забора ткани) может быть использовано для выделения СК. При этом получить культуру возможно без предварительной ферментативной обработки ткани, а в случае использования последней источником могут служить как целые кусочки ткани, так и выделенные из них клеточные комплексы.

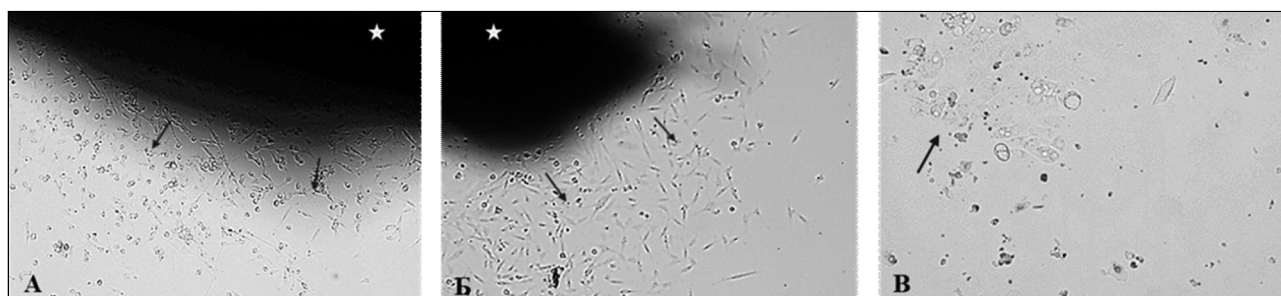


Рис. 2. Появление первичных зон роста СК в культуре при различных способах обработки ткани уха гибрида овцы и снежного барана.

Примечания:

- (А) кусочки ткани уха без ферментативной обработки (5-й день культивирования); - (Б) кусочки ткани уха с ферментативной обработкой (5-й день культивирования); - (В) клеточные комплексы, выделенные из кусочков ткани уха после трипсинизации (2-й день культивирования). Стрелками указаны зона роста;
- Белыми звездочками, выделены кусочки ткани уха (темные пятна на фотографии). Инвертированный микроскоп Eclipse Ti-U (Nikon, Япония): (А, Б) увеличение $\times 100$; (В) увеличение $\times 200$.

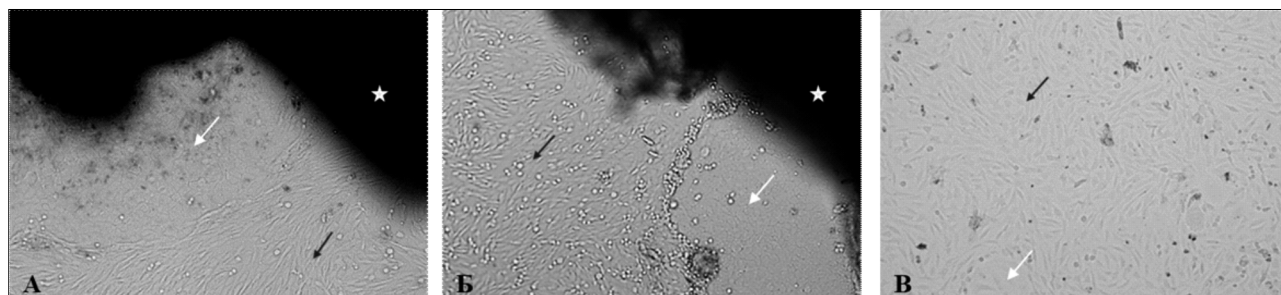


Рис. 3. Формирование первичной культуры СК при различных способах обработки ткани уха гибрида овцы и снежного барана.

Примечания:

- (А) кусочки ткани уха без ферментативной обработки; - (Б) кусочки ткани уха с ферментативной обработкой; - (В) клеточные комплексы, выделенные из кусочков ткани уха после трипсинизации; - 9-й день культивирования (инвертированный микроскоп Eclipse Ti-U (Nikon, Япония), увеличение $\times 100$);
- Белыми звездочками, выделены кусочки ткани уха (темные пятна на фотографии);
- черной стрелкой указана культура фибробластоподобных клеток и белой эпителиальных клеток.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ № 0445-2021-0004).*

Литература

1. Boettcher P.J. The combined use of embryos and semen for cryogenic conservation of mammalian livestock genetic resources / P.J. Boettcher, A. Stella, F. Pizzi, G. Gandini // Gen. Select. Evol. — 2005. — V. 37(6). — P. 657-675. doi: 10.1186/1297-9686-37-7-657.
2. Pereira R.M. Animal oocyte and embryo cryopreservation / R.M. Pereira, C.C. Marques // Cell and Tissue Bank. — 2008. — V. 9(4). — P. 267-277. doi: 10.1007/s10561-008-9075-2.

3. Malin K. The many problems of somatic cell nuclear transfer in reproductive cloning of mammals / K. Malin, O. Witkowska-Piłaszewicz, K. Papis // *Theriogenology*. – 2022. – V. 189. – P. 246-254. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.06.030.
4. Tian X.C. Cloning animals by somatic cell nuclear transfer-biological factors / X.C. Tian, C. Kubota, B. Enright, X. Yang // *Reprod. Biol. Endocrinol.* – 2003. – V. 13(1). – P. 98-106. doi: 10.1186/1477-7827-1-98.
5. Leon-Quinto T. Developing biological resource banks as a supporting tool for wildlife reproduction and conservation. The Iberian lynx bank as a model for other endangered species / T. Leon-Quinto, M.A. Simon, R. Cadenas, J. Jones et al. // *Anim. Reprod. Sci.* – 2009. – V. 112. – P. 347-361. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.05.070.
6. Holt W.V. Genome resource banking for wildlife conservation: promises and caveats / W.V. Holt, P. Comizzoli // *Cryo Letters*. – 2021. – V. 42(6). – P. 309-320.
7. Singina G.N. Cryobanking of somatic cells in conservation of animal genetic resources: prospects and successes / G.N. Singina, N.A. Volkova, V.A. Bagirov, N.A. Zinovieva // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. – 2014. – №. 6. – P. 3-14. doi: 10.15389/agrobiology.2014.6.3eng.
8. Keefer C.L. Artificial cloning of domestic animals / C.L. Keefer // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2015. – V. 112(29). – P. 8874-8. doi: 10.1073/pnas.1501718112.
9. Skrzyszowska M. Generating Cloned Goats by Somatic Cell Nuclear Transfer-Molecular Determinants and Application to Transgenics and Biomedicine / M. Skrzyszowska, M. Samiec // *Int. J. Mol. Sci.* – 2021. – V. 22(14). – P. 7490. doi: 10.3390/ijms22147490.
10. Van der Berg J.P. Regulation and safety considerations of somatic cell nuclear transfer-cloned farm animals and their offspring used for food production / J.P. Van der Berg, G.A. Kleter, E.J. Kok // *Theriogenology*. – 2019. – V. 135. – P. 85-93. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.06.001.
11. Lagutina I. Interspecies somatic cell nuclear transfer: advancements and problems / I. Lagutina., H. Fulka, G. Lazzari, C. Galli // *Cell. Reprogram.* – 2013. – V. 15(5). – P. 374-84. doi: 10.1089/cell.2013.0036.
12. Selokar N.L. Cloning of breeding buffalo bulls in India: Initiatives & challenges / N.L. Selokar // *Indian J. Med. Res.* – 2018. – V. 148 – P. 120-124. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_2103_17.
13. Leford A. A breed apart / A. Leford // *Nature*. – 2006. – V. 444(7116). – P. 137. doi: 10.1038/444137a.
14. Woods G.L. A mule cloned from fetal cells by nuclear transfer / G.L. Woods, K.L. White, D.K. Vanderwall et al. // *Science*. – 2003. – V. 301(5636). – P. 1063. doi: 10.1126/science.1086743.
15. Lanza R.P. Cloning of an endangered species (*Bos gaurus*) using interspecies nuclear transfer / R.P. Lanza, J.B. Cibelli, F. Diaz et al. // *Cloning*. – 2000. – V. 2(2). – P. 79-90. doi: 10.1089/152045500436104.
16. Folch J. First birth of an animal from an extinct subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by cloning / J. Folch, M.J. Cocero, P. Chesñi et al. // *Theriogenology*. – 2009. – V. 71(6). – P. 1026-34. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.11.005.
17. Ryder O.A. Viable Cell Culture Banking for Biodiversity Characterization and Conservation / O.A. Ryder, M. Onuma // *Annu. Rev. Anim. Biosci.* – 2018. – V. 6. – P. 83-98. doi: 10.1146/annurev-animal-030117-014556.
18. Lermen D. Cryobanking of viable biomaterials: implementation of new strategies for conservation purposes / D. Lermen, B. Blümeke, R. Browne et al. // *Mol. Ecol.* – 2009. – V. 18(6). – P. 1030-3. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.04062.x.
19. Sano M. A Simple Cryopreservation Method for Efficient Isolation of Live Cells from Dead Animals / M. Sano, A. Kawanabe, Y. Kurosawa et al. // *Mammal. Study*. – 2022. – V. 47(2). – P. 103-111. doi.org/10.3106/ms2021-0019.
20. Niemann H. Somatic cell nuclear transfer cloning: practical applications and current legislation / H. Niemann, A. Lucas-Hahn // *Reprod. Dom. Anim.* – 2012. – V. 47(5). – P. 2-10. doi: 10.1111/j.1439-0531.2012.02121.x.
21. Cetinkaya G. The value of frozen cartilage tissues without cryoprotection for genetic conservation / G. Cetinkaya, I. Hatipoglu, S. Arat // *Cryobiology*. – 2014. – V. 68(1). – P. 65-70. doi: 10.1016/j.cryobiol.2013.11.008.

22. Mushahary D. Isolation, cultivation, and characterization of human mesenchymal stem cells / D. Mushahary, A. Spittler, C. Kasper et al. // *Cytometry A*. – 2018. – V. 93(1). – P. 19-31. doi: 10.1002/cyto.a.23242.
23. Madelaire C.B. Fibroblasts as an experimental model system for the study of comparative physiology / C.B. Madelaire, A.C. Klink, W.J. Israelsen, A.G. Hindle // *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* – 2022. – V. 260. – P. 110735. doi: 10.1016/j.cbpb.2022.110735.
24. Abade Dos Santos F.A. Simple Method for Establishing Primary Leporidae Skin Fibroblast Cultures / F.A. Abade Dos Santos, C.L. Carvalho, I. Almeida et al. // *Cells*. – 2021. – V. 10(8). – P. 2100. doi: 10.3390/cells10082100.
25. Okonkwo C. Recovery of fibroblast-like cells from refrigerated goat skin up to 41 d of animal death / C. Okonkwo, M. Singh // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.* – 2015. – V. 51(5). – P. 463–469. doi: 10.1007/s11626-014-9856-9.
26. Singh M. Effect of postmortem time interval on in vitro culture potential of goat skin tissues stored at room temperature / M. Singh, X Ma, A. Sharma // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.* – 2012 – V. 48(8). – P. 478–482. doi: 10.1007/s11626-012-9539-3.
27. Siengdee P. Isolation and culture of primary adult skin fibroblasts from the Asian elephant (*Elephas maximus*) / P. Siengdee, S. Klinhom, C. Thitaram, K. Nganvongpanit // *PeerJ*. – 2018. – V. 6. – e4302. doi: 10.7717/peerj.4302.
28. Wang T. Establishment and characterization of a fibroblast cell line from postmortem skin of an adult Chinese muntjac (*Muntiacus reevesi*) / T. Wang, Z. Li, D. Zheng et al. // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Animal*. – 2020. – V. 56. – P. 97–102. doi.org/10.1007/s11626-019-00422-8.

Shedova E., Tsyndrina E.

Obtaining a culture of somatic cells using tissue material from the ear of dead sheep/snow sheep hybrid

Abstract.

*Production and cryopreservation of somatic cells (SCs) from valuable and endangered animals allows a preservation of genetic diversity and ensuring their future reproduction. The aim of present work was to isolate SCs from the ear of unique hybrid sheep (*Ovis aries*) and snow sheep (*Ovis nivicola borealis*) post-mortem. In this purpose, enzymatic and mechanical methods of tissue preparation were compared.*

Materials and Methods. *Ears from deceased animal were brought to the laboratory 12 hours after the death in a pasture, and biological material was thoroughly washed under running water. The hairs were removed from the part of the ear shell by the blade. Skin fragments were treated with 70% ethyl alcohol, washed three times in a saline solution with antibiotics and ground up to small pieces. The ear pieces were washed several times in phosphate buffer saline and divided into two parts. One part of the explants started in vitro culture without enzymatic treatment (group 1), whereas another part was pre-treated with a 0.25% trypsin/EDTA solution. After trypsinization, either tissue fragments (group 2), or cell complexes separated from cell suspension fraction (group 3) were taken for in vitro culture for 9 days. Monitoring of cell colony formation and growth was carried out daily.*

Results. *In the group 3, cell colonies were formed on the second day of in vitro culture. In groups 1 and 2, cell growth was observed from tissue fragments after five days regardless of the treatment. On the 9th day, all the groups produced the primary cultures, represented by two types of SCs. In general, single cell complexes from the group 3 formed cell growth zones more quickly than tissue explants from the groups 1 and 2, however, final cultures of SCs and their morphological aspects were no different between the groups.*

Conclusion. *Methodological protocols were proposed and successfully used to obtain in vitro cultures of SCs from the ear of dead sheep/snow sheep hybrid animal, 12 hours post-mortem that may allow further storage of valuable genetic material.*

Key words: *ssheep/snow sheep hybrid animal; somatic cell culture.*

Authors:

Shedova E. — researcher; e-mail: shedvek@yandex.ru;

Tsyndrina E. — junior researcher; e-mail: kiril04kina@yandex.ru.

L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry; Dubrovitsy, 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132 Russia.

References

1. Boettcher P.J. The combined use of embryos and semen for cryogenic conservation of mammalian livestock genetic resources / P.J. Boettcher, A. Stella, F. Pizzi, G. Gandini // *Gen. Select. Evol.* — 2005. — V. 37(6). — P. 657-675. doi: 10.1186/1297-9686-37-7-657.
2. Pereira R.M. Animal oocyte and embryo cryopreservation / R.M. Pereira, C.C. Marques // *Cell and Tissue Bank.* — 2008. — V. 9(4). — P. 267-277. doi: 10.1007/s10561-008-9075-2.
3. Malin K. The many problems of somatic cell nuclear transfer in reproductive cloning of mammals / K. Malin, O. Witkowska-Piłaszewicz, K. Papis // *Theriogenology.* — 2022. — V. 189. — P. 246-254. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.06.030.
4. Tian X.C. Cloning animals by somatic cell nuclear transfer-biological factors / X.C. Tian, C. Kubota, B. Enright, X. Yang // *Reprod. Biol. Endocrinol.* — 2003. — V. 13(1). — P. 98-106. doi: 10.1186/1477-7827-1-98.
5. Leon-Quinto T. Developing biological resource banks as a supporting tool for wildlife reproduction and conservation. The Iberian lynx bank as a model for other endangered species / T. Leon-Quinto, M.A. Simon, R. Cadenas, J. Jones et al. // *Anim. Reprod. Sci.* — 2009. — V. 112. — P. 347-361. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.05.070.
6. Holt W.V. Genome resource banking for wildlife conservation: promises and caveats / W.V. Holt, P. Comizzoli // *Cryo Letters.* — 2021. — V. 42(6). — P. 309-320.
7. Singina G.N. Cryobanking of somatic cells in conservation of animal genetic resources: prospects and successes / G.N. Singina, N.A. Volkova, V.A. Bagirov, N.A. Zinovieva // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology].* — 2014. — №. 6. — P. 3-14. doi: 10.15389/agrobiology.2014.6.3eng.
8. Keefer C.L. Artificial cloning of domestic animals / C.L. Keefer // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* — 2015. — V. 112(29). — P. 8874-8. doi: 10.1073/pnas.1501718112.
9. Skrzyszowska M. Generating Cloned Goats by Somatic Cell Nuclear Transfer-Molecular Determinants and Application to Transgenics and Biomedicine / M. Skrzyszowska, M. Samiec // *Int. J. Mol. Sci.* — 2021. — V. 22(14). — P. 7490. doi: 10.3390/ijms22147490.
10. Van der Berg J.P. Regulation and safety considerations of somatic cell nuclear transfer-cloned farm animals and their offspring used for food production / J.P. Van der Berg, G.A. Kleter, E.J. Kok // *Theriogenology.* — 2019. — V. 135. — P. 85-93. doi: 10.1016/j.theriogenology.2019.06.001.
11. Lagutina I. Interspecies somatic cell nuclear transfer: advancements and problems / I. Lagutina., H. Fulka, G. Lazzari, C. Galli // *Cell. Reprogram.* — 2013. — V. 15(5). — P. 374-84. doi: 10.1089/cell.2013.0036.
12. Selokar N.L. Cloning of breeding buffalo bulls in India: Initiatives & challenges / N.L. Selokar // *Indian J. Med. Res.* — 2018. — V. 148 — P. 120-124. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_2103_17.
13. Leford A. A breed apart / A. Leford // *Nature.* — 2006. — V. 444(7116). — P. 137. doi: 10.1038/444137a.
14. Woods G.L. A mule cloned from fetal cells by nuclear transfer / G.L. Woods, K.L. White, D.K. Vanderwall et al. // *Science.* — 2003. — V. 301(5636). — P. 1063. doi: 10.1126/science.1086743.
15. Lanza R.P. Cloning of an endangered species (*Bos gaurus*) using interspecies nuclear transfer / R.P. Lanza, J.B. Cibelli, F. Diaz et al. // *Cloning.* — 2000. — V. 2(2). — P. 79-90. doi: 10.1089/152045500436104.
16. Folch J. First birth of an animal from an extinct subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by cloning /

- J. Folch, M.J. Cocero, P. Chesnй et al. // *Theriogenology*. – 2009. – V. 71(6). – P. 1026-34. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.11.005.
17. Ryder O.A. Viable Cell Culture Banking for Biodiversity Characterization and Conservation / O.A. Ryder, M. Onuma // *Annu. Rev. Anim. Biosci.* – 2018. – V. 6. – P. 83-98. doi: 10.1146/annurev-animal-030117-014556.
18. Lermen D. Cryobanking of viable biomaterials: implementation of new strategies for conservation purposes / D. Lermen, B. Влцмеке, R. Browne et al. // *Mol. Ecol.* – 2009. – V. 18(6). – P. 1030-3. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.04062.x.
19. Sano M. A Simple Cryopreservation Method for Efficient Isolation of Live Cells from Dead Animals / M. Sano, A. Kawanabe, Y. Kurosawa et al. // *Mammal. Study.* – 2022. – V. 47(2). – P. 103-111. doi.org/10.3106/ms2021-0019.
20. Niemann H. Somatic cell nuclear transfer cloning: practical applications and current legislation / H. Niemann, A. Lucas-Hahn // *Reprod. Dom. Anim.* – 2012. – V. 47(5). – P. 2-10. doi: 10.1111/j.1439-0531.2012.02121.x.
21. Cetinkaya G. The value of frozen cartilage tissues without cryoprotection for genetic conservation / G. Cetinkaya, I. Hatipoglu, S. Arat // *Cryobiology.* – 2014. – V. 68(1). – P. 65-70. doi: 10.1016/j.cryobiol.2013.11.008.
22. Mushahary D. Isolation, cultivation, and characterization of human mesenchymal stem cells / D. Mushahary, A. Spittler, C. Kasper et al. // *Cytometry A.* – 2018. – V. 93(1). – P. 19-31. doi: 10.1002/cyto.a.23242.
23. Madelaire C.B. Fibroblasts as an experimental model system for the study of comparative physiology / C.B. Madelaire, A.C. Klink, W.J. Israelsen, A.G. Hindle // *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* – 2022. – V. 260. – P. 110735. doi: 10.1016/j.cbpb.2022.110735.
24. Abade Dos Santos F.A. Simple Method for Establishing Primary Leporidae Skin Fibroblast Cultures / F.A. Abade Dos Santos, C.L. Carvalho, I. Almeida et al. // *Cells.* – 2021. – V. 10(8). – P. 2100. doi: 10.3390/cells10082100.
25. Okonkwo C. Recovery of fibroblast-like cells from refrigerated goat skin up to 41 d of animal death / C. Okonkwo, M. Singh // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.* – 2015. – V. 51(5). – P. 463–4691. doi: 10.1007/s11626-014-9856-9.
26. Singh M. Effect of postmortem time interval on in vitro culture potential of goat skin tissues stored at room temperature / M. Singh, X Ma, A. Sharma // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.* – 2012 – V. 48(8). – P. 478–482. doi: 10.1007/s11626-012-9539-3.
27. Siengdee P. Isolation and culture of primary adult skin fibroblasts from the Asian elephant (*Elephas maximus*) / P. Siengdee, S. Klinhom, C. Thitaram, K. Nganvongpanit // *PeerJ.* – 2018. – V. 6. – e4302. doi: 10.7717/peerj.4302.
28. Wang T. Establishment and characterization of a fibroblast cell line from postmortem skin of an adult Chinese muntjac (*Muntiacus reevesi*) / T. Wang, Z. Li, D. Zheng et al. // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Animal.* – 2020. – V. 56. – P. 97–102. doi.org/10.1007/s11626-019-00422-8.

Разведение животных

Рубрика

doi.org/10.31043/2410-2733-2023-3-13-24

УДК 619:636.2

Е. С. Слепцов¹, К. В. Племяшов², Г. Н. Мачахтыров¹, В. А. Мачахтырова¹, М. В. Андреева¹,
Я. Л. Шадрина¹, Л. Ю. Гаврильева¹, И. В. Алфёров¹

Разнообразие инфузорной симбиофауны крупного рогатого скота

Аннотация.

Цель: изучение и описание видов эндобионтных инфузорий крупного рогатого скота Якутии.

Инфузории из пищеварительного тракта травоядных млекопитающих известны науке уже почти полтора века. Тем не менее, простейшие остаются малоизученной группой обитателей рубца жвачных животных. У крупного рогатого скота в многокамерном желудке кроме микроорганизмов (грибы и бактерии) присутствуют в большом количестве простейшие (инфузории), которые также участвуют в пищеварительных процессах, поддерживающих жизнедеятельность организма. Эндобионтные инфузории принимают активное участие в переваривании сложных углеводов, клетчатки, в расщеплении труднопереваримых полисахаридов, которые являются необходимыми источниками энергии для животных. В связи с этим, изучение видового и количественного состава инфузорной фауны крупного рогатого скота, разводимого в хозяйствах Крайнего Севера, как одного из факторов устойчивой адаптации к экстремальным условиям, представляет собой большой научный и практический интерес. В данной статье представлены результаты изучения эндобионтных инфузорий пород крупного рогатого скота, разводимых в Якутии. Всего идентифицирован и описан 36 вид по 12 родам и 3 семействам. Выяснено, что наибольшим представлением у якутского скота отличались род *Entodinium* и род *Isotricha*, тогда как у помесного и культурного скота – род *Entodinium* и *Euplodinium*. Наименьшим во всех группах род *Polyplastron* и *Metadinium*.

Ключевые слова: эндобионтные инфузории, крупный рогатый скот, якутская порода.

Авторы:

Слепцов Е. С. – доктор ветеринарных наук; e-mail: evgeniysemenovic@mail.ru;

Племяшов К. В. – член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук;

Мачахтыров Г. Н. – кандидат биологических наук; e-mail: aylga@mail.ru;

Мачахтырова В. А. – кандидат биологических наук; e-mail: varvara-an@mail.ru;

Андреева М. В. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: amv-65@mail.ru;

Шадрина Я. Л. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: yanalina_12@mail.ru;

Гаврильева Л. Ю. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: lubov.gavrileva86@mail.ru;

Алфёров И. В. – кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: ivan.alferov@mail.ru.

¹ ФГБУН ФИЦ ЯНЦ СО РАН, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова; 677001, г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23, корп. 1.

² Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, Санкт-Петербург Черниговская ул., 5.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-20013, <https://rscf.ru/project/22-16-20013/> с софинансированием АНО «Якутский научный фонд».

Введение. В мировой фауне описано более 500 видов эндобионтных инфузорий млекопитающих. Многие из них имеют широкий полиморфизм по ряду морфобиологических признаков. Подавляющее большинство видов не было изучено с момента описания, значительная часть исследований других видов ограничена методи-

ками конца XIX – начала XX века. Более чем в половине известных публикаций в качестве материала для исследований использованы инфузории из рубца жвачных, и лишь в небольшой части работ объектом изучения являлись инфузории из кишечника непарнокопытных, хоботных, приматов и грызунов.

Специфичность хозяина признается одним из важнейших аргументов в филогенетике паразитических организмов. Эндобионтные инфузории демонстрируют приуроченность как к хозяину, так и к определенному отделу его пищеварительного тракта. Распространение хозяев инфузорий на земле, способы передачи инфузорий между разными особями хозяина оказали огромное влияние на эволюцию и распространение инфузорий [1-4].

Простейшие в рубце - это строго анаэробные и узкоспециализированные инфузории, расщепляющие до 40 % общего объема сырой клетчатки [5]. Также простейшие, обитающие в желудочно-кишечном тракте жвачных животных, представляют собой незаменимый источник легкопереваримого белка, который имеет высокую биологическую ценность. Под воздействием ферментов, находящихся в желудочно-кишечном тракте животного, происходит разрушение простейших с последующим их усвоением организмом хозяина [6-7].

Впервые инфузории, населяющие преджелудки жвачных, описали французские ученые Груби и Делафонд [8]. Штейн [9] выполнил первые работы по систематике и морфологии этих простейших. В работах отечественных и зарубежных ученых к основным видам инфузорий, часто встречающимся в преджелудках и сычуге крупного рогатого скота, относят виды: *Entodinium caudatum*, *Entodinium bimastus*, *Entodinium rostratum*, *Entodinium nanellum*, *Epidinium ecaudatum*, *Entodinium dubardi*, *Epidinium ecaudatum f. caudatum*, *Entodinium bursa*, *Entodinium minimum*, *Eudiplodinium maggii*, *Ostracodinium mammosum*, *Polyplastron multivesiculatum*, *Diploplastron affine*, *Diplodinium dentatum*, *Dasytricha ruminantium*, *Isotricha prostoma* [10-12].

Имеются работы, посвященные изучению участия простейших в обмене веществ пищеварительного тракта жвачных животных. Так, по данным Newbold С. J. реснитчатые простейшие в рубце усиливают метаногенез, способствуют протеолизу и деградации клетчатки [13].

В обширном исследовании Henderson G. на модели 742 образцов, охватывающих 32 вида животных из 35 стран, выделили 12 видов простейших в рубце, доминирующими родами которых являются *Entodinium* и *Epidinium*, последние выявлены у 90 % всех обследованных животных и 54 % секвенированных данных [14]. Garcia J. J. подразделил простейшие в рубце на

2 группы - энтодиноморфы и голотрихи. Эти простейшие отличаются своими фенотипическими и поведенческими адаптациями, которые позволяют выжить в анаэробной среде [15]. Доминирование того или иного вида определяется составом рациона. Так, на фоне преобладания в рационе зерновых наибольшее развитие получает род простейших *Entodinium*. McSweeney С. и Mackie R. установили, что род *Entodinium* быстро разлагает крахмал с образованием йодофильного полимера.

Некоторые из родов являются целлюлолитическими и ксиланолитическими (например, *Epidinium*, *Ophryoscolex* и *Eudiplodinium*), или амилолитическими (например, *Entodinium*) [16]. Dehority В. А. была измерена целлюлозолитическая активность простейших в рубце для нескольких видов, и наиболее эффективными разрушителями целлюлозы являются *Eudiplodinium maggii*, *Epidinium ecaudatum* и *Ostracodinium dilobum* [5].

Писменская В. Н. установила, что значительная группа инфузорий из отряда *Entodiniomorpha* обитает в рубце и сетке. Они в огромном количестве заполняют эти два раздела желудка, их количество может достигать до 2 млн на 1 см содержимого рубца. Стабильность присутствия видов и стабильность количественных характеристик состава инфузорий дает возможность предположить, что они являются симбионтами, которые оказывают благотворное воздействие на процессы пищеварения у жвачных животных [17].

Иванкова А. А. изучила распределение и численность инфузорий в разных отделах желудка быка домашнего (*Bos taurus*) из агрохозяйств юга Тюменской области. Установила встречаемость различных родов эндобионтных инфузорий по четырем отделам желудка крупного рогатого скота, основу видового разнообразия составляло семейства *Ophryoscolecidae* (роды *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium*) и *Isotrichidae* (роды *Isotricha*, *Dasytricha*) [18]. По данным Рябикова А. Я. и Октябрева Н. М. в желудочно-кишечном тракте жвачных животных находятся около двухсот видов инфузорий [19].

В публикациях Кириллова А. А. с соавторами в преджелудках и сычуге крупного рогатого скота в стойловый период обнаружили 11 видов эндобионтных инфузорий (*Entodinium simplex* Dog. (1925), *E. longinaeleatum* Dog. (1925), *E. minimum* Schuberg (1888), *Diplodinium postero-vesiculatum* Dog. (1927), *D. denticulatum* Fior. (1889), *Ophryoscolex parkynjei* Stein

(1858), *Epidinium ecaudatum* Fior. (1889), *Eudiplodinium neglectum* Dog. (1925), *E. magic* Fior. (1889), *E. affine* Dog. et Fed. (1925), *E. medium* Avver. et Mer. (1917)). Отметим, что общее число инфузорий в преджелудках и сычуге в стойловый период в 1,35 раза меньше, чем в пастбищный период [20]. Изучена динамика инфузорий преджелудков и сычуга крупного рогатого скота в возрастном и сезонном аспекте.

В преджелудках и сычуге у крупного рогатого скота выявили 11 видов инфузорий из родов *Entodinium*, *Diplodinium*, *Eudiplodinium*, *Epidinium*, *Ophryoscolex*. Иванкова А. В. выявила морфотипы апикальных выростов цитоплазмы инфузорий семейства *Ophryoscolecidae* из рубца крупного рогатого скота Ишимского района. В ходе исследования на территории Ишимского района Тюменской области отметили 22 вида эндобионтных инфузорий, относящихся к 9 родам семейства *Ophryoscolecidae* [21].

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям микробиоты ЖКТ и ее роли в пищеварении животных, в том числе у животных Крайнего Севера. Однако в основном они ограничены исследованиями, связанными с прокариотной и грибной составляющими микробного сообщества ЖКТ скота. Эндобионтные инфузории остаются малоизученной группой обитателей рубца северных животных.

Поэтому изучение видового и количественного состава инфузорной фауны, обитающей в пищеварительном тракте крупного рогатого скота, разводимого в хозяйствах Якутии, как одного из факторов устойчивой адаптации к экстремальным условиям, представляет собой большой научный и практический интерес.

Цель исследований: изучение и описание видов эндобионтных инфузорий крупного рогатого скота Якутии.

Материалы и методы. Работа по изучению видового и количественного разнообразия симбиофауны проведена на базе лаборатории воспроизводства и физиологии животных ФИЦ ЯНЦ СО РАН Якутский НИИСХ им. М. Г. Сафронова.

Сбор образцов проведен методом забора проб содержимого со всех отделов желудка скота в стерилизованные емкости с объемом 10 мл с 4 и 10%-ном растворе формалина.

Определение видового состава симбиофауны крупного рогатого скота (якутский и помесный скот, симментальская порода) проведена с применением индекса Чекановского-Сьеренсена на

фиксированном материале с использованием специальных определителей Догеля В. А., 1929; Корниловой О. А., 2003, 2010. Для изучения морфологии инфузорий применяли метод окрашивания метиловым зеленым и раствором Люголя. Измерение инфузорий проводили на микроскопе с окулярным микрометром, изучение морфометрии проведено на случайных выборках не менее 30 экземпляров каждого вида. Численность инфузорий определяли методом «калиброванной капли» по Корниловой О. А. Сравнение видового состава эндобионтных инфузорий фауны скота исследованных пород проведена по коэффициенту сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}).

При статистической обработке использовали приложение «Microsoft Excel».

Результаты. Всего у крупного рогатого скота основных разводимых в регионе пород обнаружено и идентифицировано 36 видов эндобионтных инфузорий, принадлежащих 12 родам. У якутского скота идентифицирован 31 вид эндобионтных инфузорий, у помесного скота - 18 видов, у животных симментальской породы - 16 видов. Выяснено, что наибольшим представлением у якутского скота отличались род *Entodinium* и род *Isotricha*, тогда как у помесного и культурного скота — род *Entodinium* и *Euplodinium*. Наименьшим во всех группах - род *Polyplastron* и *Metadinium*.

У якутского скота обнаружены 13 видов инфузорий, встречающихся только у животных данной породы, у симментальской породы таких инфузорий оказалось 2 вида, у помесного скота специфичных только ему видов инфузорий не оказалось. При рассмотрении видового разнообразия инфузорий по сезонам, выявлено, что в летний период отмечается наибольшее увеличение численности инфузорий у всех групп скота, в среднем с 535 ос/мл в зимний период до 26 500 ос/мл.

Сравнение видового состава эндобионтных инфузорий фауны скота исследованных пород по коэффициенту сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}) показало, что наименьший коэффициент сходства имеют видовые составы эндобионтов якутского и симментальской пород — $K_{j-m} = -0,6$, индекс общности фаун составил $I_{cs} = 50$ %. Немного высокий уровень сходства эндобионтной фауны зарегистрирован между показателями якутского и помесного скота — $K_{j-m} = 0,53$ и $I_{cs} = 67$ %.

Описание особенностей морфологии обнаруженных инфузорий крупного рогатого скота с микрофотографиями представлено ниже.

Род *Entodinium*.

Инфузория *Entodinium minimum* (рис. 1, 1.1.). Длина тела варьирует от 30,0-33,80 мкм, в среднем $32,19 \pm 0,49$; ширина — от 15,0-17,50 мкм, в среднем $16,72 \pm 0,29$. Тело приблизительно конической формы, с расширенным передним и суженным задним концом. Тело всегда характерно изогнуто, причем брюшная сторона его вогнута, а спинная выпукла. Макронуклеус колбасовидной формы, почти одинаковой ширины на всем протяжении. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Entodinium rostratum* (рис. 1, 1.2.). Длина тела варьирует от 36,80-40,20 мкм, в среднем $38,32 \pm 0,41$; ширина — от 66,5-68,9 мкм, в среднем $67,7 \pm 0,07$. Тело узкое, большей частью вытянутое в длину. Брюшная сторона тела плоская и вогнутая, спинная выпуклая. Задний конец тела вооружен одним брюшным шипом. Размер шипа сильно варьирует, он равен $\approx 1/10$ длины всего тела. Макронуклеус колбасовидный, чаще занимает $2/3$ длины тела. Обнаружен у якутского и помесного скота.

Инфузория *Entodinium bimastus* (рис. 1,

1.3.). Длина тела варьирует от 45,00-47,50 мкм, в среднем $45,80 \pm 0,29$; ширина — от 35,00-37,50 мкм, в среднем $35,80 \pm 0,32$. Массивное и сильно вздутое тело резко суживается в конце своей второй трети. Задняя часть расщеплена на две тупых лопасти: брюшную и спинную. Обе полости разделены узкой щелью. Брюшная лопасть обычно бывает несколько длиннее спинной. Макронуклеус длинный, колбасовидный, тесно прилегает к спинной стенке тела. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Entodinium lobosospinosum* (рис. 1, 1.4.). Длина тела варьирует от 29,00-40,00 мкм, в среднем $33,95 \pm 1,42$; ширина — от 15,00-25,00 мкм, в среднем $20,15 \pm 1,12$. Тело довольно широкое и короткое, с выпуклыми спинной и брюшной сторонами. Задний конец с двумя отростками. Один отросток занимает спинное положение и имеет вид изогнутого, резко заостряющегося на конце шипа. Макронуклеус колбасовидный, занимает дорзально передне-среднюю часть тела. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Entodinium longinucleatum* (рис. 1, 1.5.). Длина тела варьирует от 42,50-57,50 мкм, в среднем $53,85 \pm 0,80$; ширина — от 31,20-40,00 мкм, в среднем $38,01 \pm 0,32$. Тело округло-овальное, с закругленным задним концом. Как

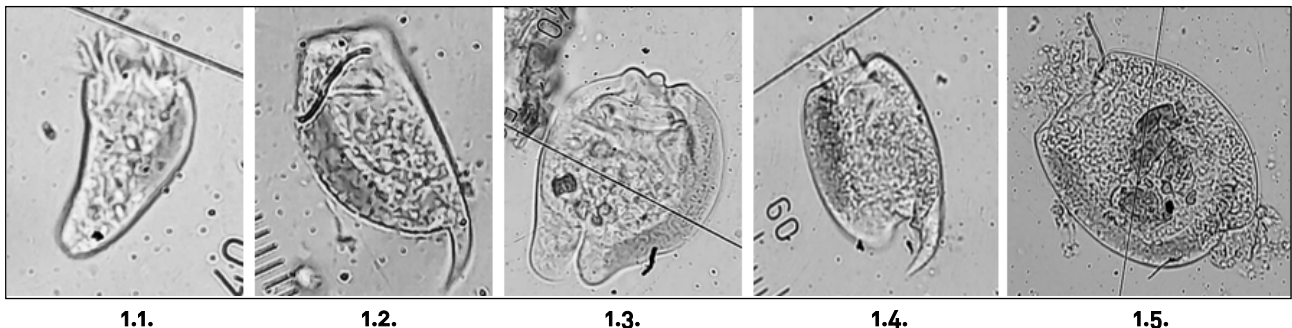


Рис. 1.

1.1. Инфузория *Entodinium minimum*. 1.2. Инфузория *Entodinium rostratum*. 1.3. Инфузория *Entodinium bimastus*. 1.4. Инфузория *Entodinium triacum*. 1.5. Инфузория *Entodinium lobosospinosum*.

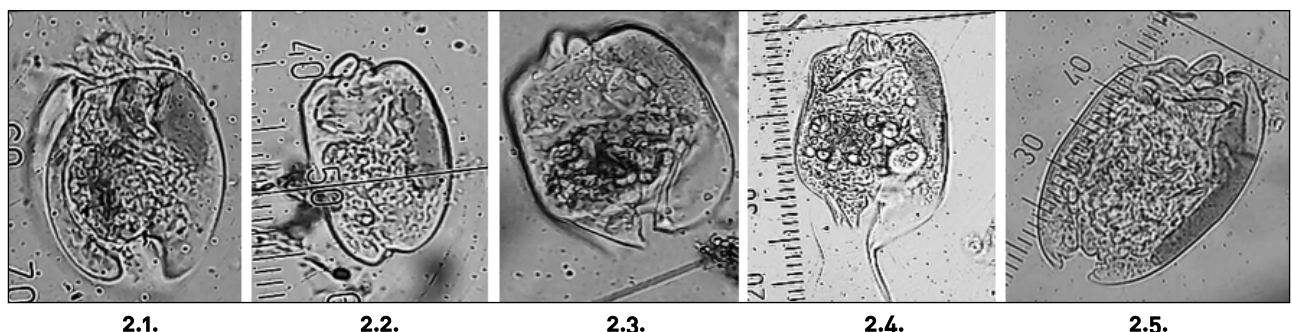


Рис. 2.

2.1. Инфузория *Entodinium quadricuspis quadricuspis*. 2.2. Инфузория *Entodinium exiguum*. 2.3. Инфузория *Entodinium triacum*. 2.4. Инфузория *Entodinium simulans caudatum*. 2.5. Инфузория *Entodinium dilobum*

брюшная, так и спинная стороны тела выпуклы. Макронуклеус тесно прилегает к спинному краю тела и отличается необычной длиной. Обнаружен у якутского и помесного скота.

Инфузория *Entodinium quadricuspis quadricuspis* (рис. 2, 2.1.). Длина тела варьирует от 40,00-45,00 мкм, в среднем $43,35 \pm 0,54$; ширина — от 37,50-38,00 мкм, в среднем $37,58 \pm 0,06$. Это мелкий вид характеризуется присутствием на заднем конце симметрично расположенных шипов. Кончики боковых шипов заострены и выдаются позади за пределы контуров самого тела. Макронуклеус занимает переднюю часть тела. Обнаружен у якутского и симментальского скота.

Инфузория *Entodinium exiguum* (рис. 2, 2.2.). Длина тела варьирует от 31,00-45,00 мкм, в среднем $36,36 \pm 1,60$; ширина — от 17,00-25,00 мкм, в среднем $19,79 \pm 0,83$. Тело продолговато-овальное, задний конец тела закруглен, без отростков. Макронуклеус прилегает к спинной стенке тела. На переднем конце выступает «теменной отросток». Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Инфузория *Entodinium triacum* (рис. 2, 2.3.). Длина тела варьирует от 37,00-40,50 мкм, в среднем $38,75 \pm 0,40$; ширина — от 26,50-37,00 мкм, в среднем $30,27 \pm 1,39$. Тело продолговато-овальное, снабженное на заднем конце тремя шипами. Все шипы имеют простую заостренную, но обладают различной длиной. Макронуклеус с утолщенным передним концом. Обнаружен у якутского и помесного скота.

Инфузория *Entodinium simulans caudatum* (рис. 2, 2.4.). Длина тела варьирует от 35,00-42,00 мкм, в среднем $38,20 \pm 1,14$; ширина — от 30,00-41,00 мкм, в среднем $37,25 \pm 1,15$. Тело довольно широкое и короткое, с выпуклыми спинной и брюшной сторонами. Задний конец продолжается в три разной формы выроста. Самый длинный из них занимает спинное положение и

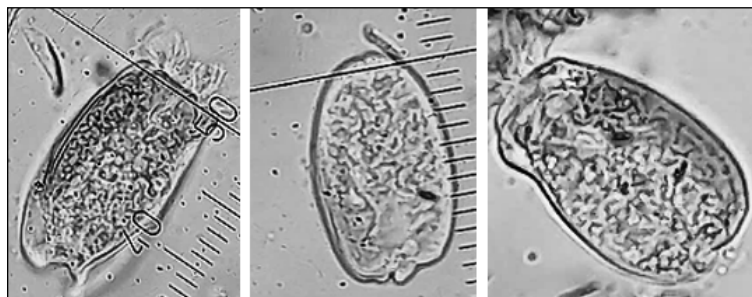
загнут вентрально и притом закручен влево. Макронуклеус колбасовидный. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Entodinium dilobum* (рис. 2, 2.5.) Длина тела варьирует от 37,50-40,0 мкм, в среднем $38,90 \pm 0,35$; ширина — от 22,5-28,00 мкм, в среднем $25,85 \pm 0,59$. Тело продолговато-овальное, сдавленное с боков, задний конец снабжен двумя лопастями. Обе лопасти загнуты по направлению к друг другу. На переднем конце выступает «теменной отросток». Макронуклеус колбасовидный, расширен в передней части и лежит в передней половине тела. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Инфузория *Entodinium fursa dilobum* (рис. 3, 3.1.). Длина тела варьирует от 47,0 до 49,0 мкм, в среднем $48,0 \pm 0,52$; ширина — от 22,5-22,9 мкм, в среднем $22,8 \pm 0,34$. Тело продолговато-овальное, но не суживается сзади. Хвостовые отростки не шипообразные, более тупые. Между обеими лопастями на заднем конце тела вырез, имеющий приблизительно форму полуовала. Своими загнутыми друг другу концами обе лопасти никогда не заходят одна за другую. Макронуклеус колбасовиден, и у большинства особей не прилегает вплотную к спинной стенке тела. Микронуклеус лежит несколько впереди середины макронуклеуса. Обнаружен у симментальской породы и помесного скота.

Инфузория *Entodinium nanellum* (рис. 3, 3.2.). Длина тела варьирует от 35,0 до 42,5 мкм, в среднем $39,2 \pm 1,33$; ширина — от 17,5-32,5 мкм, в среднем $24,8 \pm 2,53$. Тело продолговато-овальное, задний конец тела закруглен. Макронуклеус колбасовидный, расположен к дорзальному краю тела. Очень маленький микронуклеус лежит у середины макронуклеуса. Обнаружен у симментальской породы скота.

Инфузория *Entodinium simulans m. dubardi*. (рис. 3, 3.3.). Длина тела варьирует от 30,0-45,00 мкм, в среднем $40,5 \pm 0,90$; ширина — от 20,0-25,0 мкм, в среднем $22,3 \pm 0,57$. Тело широкоовальное и короткое, с выпуклыми спинной и брюшной сторонами. На заднем конце клетки имеется вырезка, разделяющая нижний полюс клетки на две слабо выраженные неравные лопасти. Ресничный аппарат представлен одной зоной мембранелл. Макронуклеус колбасовидный, расположен в передней части клетки у дорзального ее края. Микронуклеус лежит несколько впереди сере-



3.1.

3.2.

3.3.

Рис. 3.

3.1. Инфузория *Entodinium dilobum*.3.2. Инфузория *Entodinium nanellum*.3.3. Инфузория *Entodinium simulans m. dubardi*.

дины макронуклеуса. Обнаружен у симментальской породы и помесного скота.

Род *Diplodinium*.

Инфузория *Diplodinium dentatum* (рис. 4, 4.1.). Длина тела варьирует от 80,00-95,00 мкм, в среднем $90,10 \pm 1,64$; ширина — от 52,00-65,00 мкм, в среднем $57,40 \pm 1,34$. Тело широко-овальное, сдавлено с боков. Дорсальная сторона тела выпуклая, вентральная слабо вогнутая. Боковые стороны немного выпуклые, при этом правая сторона выгнута больше, чем левая. Скелетных пластинок нет. На заднем конце тела имеется шесть больших, загнутых внутрь выростов — каудальных шипов. На переднем конце тела выступает вперед «теменной отросток». По бокам теменного отростка на одном уровне располагаются две ресничные зоны, окруженные гребнем («губой»). Обнаружен у якутского и помесного скота.

Род *Eudiplodinium*.

Инфузория *Eudiplodinium maggii* (рис. 4, 4.2). Тело очень широкое, немного сплющенное с боков. Длина тела варьирует от 165,0 до 200,0 мкм, в среднем $188,0 \pm 4,42$; ширина — от 137,5-162,50 мкм, в среднем $151,55 \pm 2,73$. Передний ко-

нец тела почти прямой, на нем слабо выделяется маленький «теменной отросток». На правой стороне заднего конца тела обычно выделяется вентральная лопасть. Передний конец макронуклеуса отогнут на дорзальную сторону, задняя часть макронуклеуса прямая, вытянута параллельно дорзальному краю клетки. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Инфузория *Eudiplodinium bovis* (рис. 4, 4.3.). Длина тела варьирует от 87,0 до 100,0 мкм, в среднем $96,2 \pm 1,44$; ширина — от 55,0-87,50 мкм, в среднем $74,40 \pm 4,05$. Тело относительно короткое и широкое. Спинная и брюшная часть выпуклые. Задний конец закруглен. Теменной отросток развит. Макронуклеус простой, колбасовидный. По спинному краю тела располагаются две вакуоли. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Eudiplodinium dilobum* (рис. 4, 4.4). Длина тела варьирует от 100,0 до 125,0 мкм, в среднем $115,3 \pm 2,09$; ширина — от 55,0-72,0 мкм, в среднем $67,85 \pm 1,67$. Тело продолговато-овальное, сдавленное с боков, задний конец снабжен двумя лопастями. Одна лопасть преанальна, другая постанальна, причем обе несколько загнуты по направлению друг другу. Макронуклеус колбасовидный, с прямым брюш-

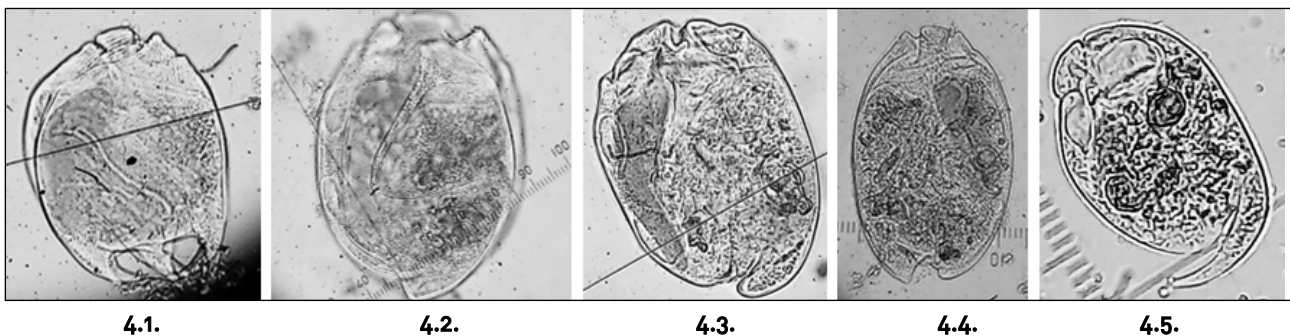


Рис. 4.

4.1. Инфузория *Diplodinium dentatum*. 4.2. Инфузория *Entodinium exiguum*.
4.3. Инфузория *Entodinium triacum*. 4.4. Инфузория *Entodinium simulans caudatum*.
4.5. Инфузория *Entodinium dilobum*

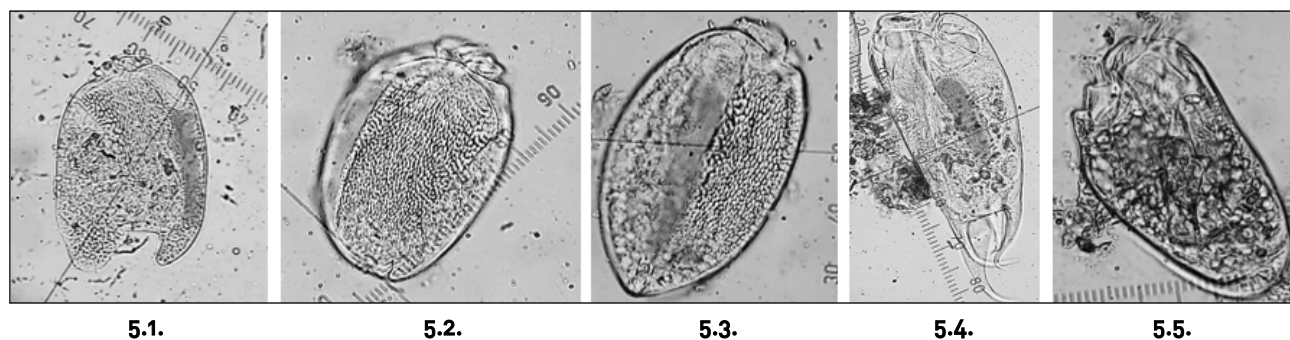


Рис. 5.

5.1. Инфузория *Entodinium quadricuspis quadricuspis*. 5.2. Инфузория *Entodinium exiguum*.
5.3. Инфузория *Entodinium triacum*. 5.4. Инфузория *Entodinium simulans caudatum*.
5.5. Инфузория *Entodinium dilobum*

ным краем и немного вздутым передним концом. Обнаружен у якутского и помесного скота.

Инфузория *Eudiplodinium rostratum* (рис. 4, 4.5.). Длина тела варьирует от 35,00 до 50,00 мкм, в среднем $41,60 \pm 1,60$; ширина — от 32,50-35,50 мкм, в среднем $35,07 \pm 0,29$. Тело продолговато-овальное, с выпуклой спинной и плоской брюшной стороной. Преанальный отдел заднего полюса вытянут в длинный и мощный хвостовой шип. Длина его составляет около $2/5$ длины остального тела. Шип по-видимому очень подвижен: иногда он торчит прямо назад, у других же особей загнут крючковидно и прижат к телу. Макронуклеус лежит посередине тела ближе к дорзальной стороне. Микронуклеус лежит несколько впереди макронуклеуса. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Род *Ostracodinium*.

Инфузория *Ostracodinium mammosum* (рис. 5, 5.1.). Тело продолговато-овальное, почти цилиндрическое. Длина тела варьирует от 115,00 до 125,00 мкм, в среднем $119,40 \pm 1,33$; ширина — 52,00- 68,00, в среднем $58,90 \pm 1,82$ мкм. На переднем конце выступает плоский «теменной отросток», а на заднем конце имеются три хвостовых лопасти, отделенные друг от друга глубокими вырезками. Обычно лопасти имеют закругленные края. Макронуклеус колбасовидный, слабо утолщенный на переднем конце. Микронуклеус прижат к середине дорзальной стороны макронуклеуса. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Ostracodinium gracile* (рис. 5, 5.2.). Длина тела варьирует от 97,50 до 115,00 мкм, в среднем $104,45 \pm 2,27$; ширина — от 62,50-70,0 мкм, в среднем $66,55 \pm 0,86$. Тело изящной формы, вытянутое в длину, на заднем конце правильно закругленное. Теменной отросток сравнительно большой. Спинная сторона слабо выпуклая. Макронуклеус длинный, несколько

вздутый на переднем конце, на спинной стороне с двумя выемками. Обнаружен у якутского и симментальского скота.

Инфузория *Ostracodinium trivesiculatum* (рис. 5, 5.3.). Тело вытянуто в длину и слегка сжато с боков. Длина тела варьирует от 112,00 до 125,00 мкм, в среднем $118,65 \pm 1,66$; ширина — от 65,00-85,0 мкм, в среднем $72,05 \pm 1,85$. Передний конец занят плоским теменным отростком, задний конец закруглен. Макронуклеус занимает дорзальную часть тела, несколько суживающийся к своему заднему концу. Дорзально от макронуклеуса залегает ряд вакуолей. Обнаружен у якутского и симментальского скота.

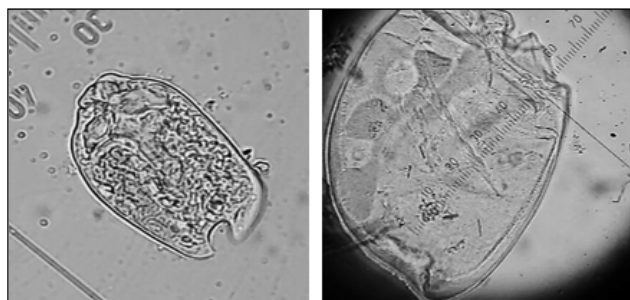
Род *Epidinium*.

Инфузория *Epidinium ecaudatum tricaudatum* (рис. 5, 5.4.). Тело удлиненное, в сечении округлое. Дорзальная сторона немного выпуклая, вентральная сторона немного вогнутая. Задний конец закруглен. Общей формой инфузория напоминает банан (Sharp, 1914). На заднем конце тела бывают выросты в виде шипов (от 1 до 5). Длина тела варьирует от 107,00-135,60 мкм, в среднем $121,56 \pm 3,07$; ширина от 45,00-70,00 мкм, в среднем $56,55 \pm 2,21$. Макронуклеус колбасовидный. Микронуклеус лежит примерно посередине макронуклеуса. Обнаружен у якутского и помесного скота.

Инфузория *Epidinium ecaudatum morphotype caudatum* (рис. 5, 5.5.). Длина тела варьирует от 120,00-140,00 мкм, в среднем $131,20 \pm 2,26$; ширина от 52,00-62,00 мкм, в среднем $57,90 \pm 1,24$. Тело сильно вытянутое в длину, цилиндрическое. Спина слегка выпуклая, тогда как брюшная сторона плоская, даже слегка вогнутая. Задний конец тела правильно закруглен. Адоральная зона мембранелл находится на самом переднем полюсе, дорзальная зона - лишь немного позади адоральной. Макронуклеус колбасовидный, со слегка вздутым передним концом. Микронуклеус находится на уровне середины макронуклеуса, в выемке спинного края последнего. Обнаружен у якутского и помесного скота.

Род *Eodinium*.

Инфузория *Eodinium posterovesiculatum morphotype bilobosum* (рис. 6, 6.1.). Длина тела варьирует от 52,50-57,00 мкм, в среднем $54,82 \pm 0,58$; ширина — от 27,5-32,50 мкм, в среднем $31,30 \pm 0,61$. Тело удлиненно-овальное, слабо уплощенное латерально. К середине тела дорзальная и вентральная стороны почти параллельны, сзади тело сужается. Задний конец снабжен



6.1.

6.2.

Рис. 6.

6.1. Инфузория *Eodinium posterovesiculatum morphotype bilobosum*. 6.2. Инфузория *Metadinium medium*.

двумя лопастями, преанальной и постанальной, между которыми находится глубокий вырез. Обе лопасти лежат не строго медианно, но так, что преанальная загнута немного влево, а постанальная – вправо. Обнаружен у якутского скота.

Род *Metadinium*.

Инфузория *Metadinium medium* (рис. 6, 6.2.). Длина тела варьирует от 170,00-260,00 мкм, в среднем $224,20 \pm 10,72$; ширина – от 137,00-185,00 мкм, в среднем $169,75 \pm 5,56$. Тело широко овальное, немного сжатое с боков. На переднем конце слабо выдается «теменной отросток». Скелет представлен двумя широкими пластинками. В задней части пластинки сближены и могут сливаться вместе, образуя «у»-образную единую пластинку. Удлиненный макронуклеус имеет две глубоких дорзальных вырезки, в которых лежат две крупные сократительные вакуоли. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Род *Polyplastron*.

Инфузория *Polyplastron multivesiculatum* (рис. 7, 7.1.). Длина тела варьирует от 125,00-190,00 мкм, в среднем $148,00 \pm 5,41$; ширина – от 70,00-112,50 мкм, в среднем $89,98 \pm 4,00$. Тело продолговато-овальное, сдавлено с боков. Имеется 5 скелетных пластинок, две из них лежат на правой стороне. На переднем конце выступает вперед хорошо развитый теменной отросток. Макронуклеус вытянут в длину, его передний конец булавовидно расширен. В конце передней трети макронуклеуса на его дорзальном крае имеется глубокая вырезка. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

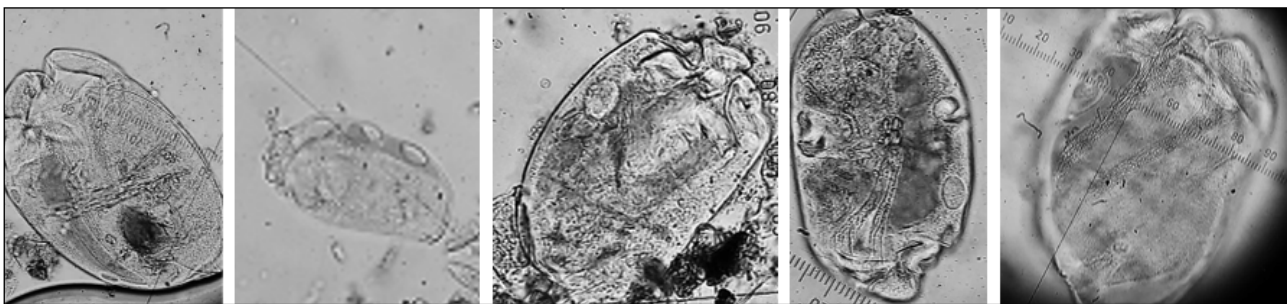
Инфузория *Metadinium tauricum* (рис. 7, 7.2). Длина тела варьирует от 225,0 до 262,5 мкм, в среднем $243,65 \pm 4,56$ мкм, ширина – от 150,0-167,50 мкм, в среднем $156,65 \pm 2,18$ мкм. Тело овальной формы. Две скелетные пластинки, составляющие более половины их длины,

сходятся сзади, образуя букву “У”. Две сократительные вакуоли лежат на дорсальной стороне макронуклеуса. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Metadinium banksi* (рис. 7, 7.3.). Длина тела варьирует от 115,0-150,0 мкм, в среднем $128,60 \pm 3,63$; ширина – от 61,0-87,5 мкм, в среднем $72,10 \pm 2,35$. Тело овальное, немного сжатое с боков. На переднем конце слабо выдается «теменной отросток». Скелет представлен двумя широкими пластинками, которые приближаются в каудальной части и соединяются. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Metadinium affine* (рис. 7, 7.4.). Длина тела варьирует от 125,5-140,5 мкм, в среднем $133,46 \pm 1,60$; ширина – от 60,00-75,5 мкм, в среднем $67,40 \pm 1,75$. Тело удлиненное, со слегка выпуклыми спинной и брюшной сторонами. Теменной отросток хорошо развит. Скелет состоит из двух узких пластин, лежащих преимущественно на правой стороне тела. Одна из пластин прилегает к брюшному краю ядра. У большинства особей пластинки постепенно приближаются друг другу и почти соприкасаются (V-образные). Макронуклеус имеет колбасовидную или булавовидную форму с несколько утолщенным передним концом. По спинному краю тела располагаются две вакуоли. Обнаружен у якутского скота.

Инфузория *Metadinium sp.* (рис. 7, 7.5.) Длина тела варьирует от 335,00-355,00 мкм, в среднем $346,00 \pm 2,21$; ширина – от 200,00-220,00 мкм, в среднем $209,40 \pm 2,32$. Тело весьма крупное, широкое. Несколько сжато с боков. Теменной отросток низкий, слабо выдающийся. Скелет состоит из двух пластин. Одна из пластин проходит параллельно брюшному краю ядра и тянется назад. Макронуклеус имеет весьма необычную форму, он снабжен двумя спинными вырезками в сторону скелета. Верхняя вырезка ярко выражена с выраженным в ней расположением верхней вакуоли. В отличие от *Metadinium tauricum*



7.1.

7.2.

7.3.

7.4.

7.5.

Рис. 7.

- 7.1. Инфузория *Polyplastron multivesiculatum*. 7.2. Инфузория *Metadinium tauricum*.
7.3. Инфузория *Metadinium banksi*. 7.4. Инфузория *Metadinium affine*.
7.5. Инфузория *Metadinium sp.*

скелет не соединен в каудальной части, и вторая пластина обрывается по длине в середине первого скелета. Обнаружен у якутского скота.

Под *Isotricha*.

Инфузория *Dasytricha ruminantium* (рис. 8, 8.1.). Длина тела варьирует от 50,00 до 75,00 мкм, в среднем $61,49 \pm 2,64$; ширина — от 27,00–35,00 мкм, в среднем $31,42 \pm 1,05$. Тело овальное, немного сплющено дорзо-вентрально. Длинные соматические реснички покрывают все тело инфузории. Макронуклеус овальный, не занимает фиксированного положения. Единственная сократительная вакуоль лежит возле заднего конца тела. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Инфузория *Isotricha prostoma* (рис. 8, 8.2.). Длина тела варьирует от 112,00–180,00 мкм, в среднем $135,55 \pm 6,34$; ширина — от 80,00–100,00 мкм, в среднем $88,09 \pm 1,98$. Тело овальное, сплющено дорзо-вентрально и заостренное в обеих концах. Все тело покрыто продольными рядами ресничек. Макронуклеус удлинённый, занимает примерно $1/3$ часть тела и расположен в задней части тела. Обнаружен у якутского, помесного и симментальского скота.

Род *Ophryoscolex*.

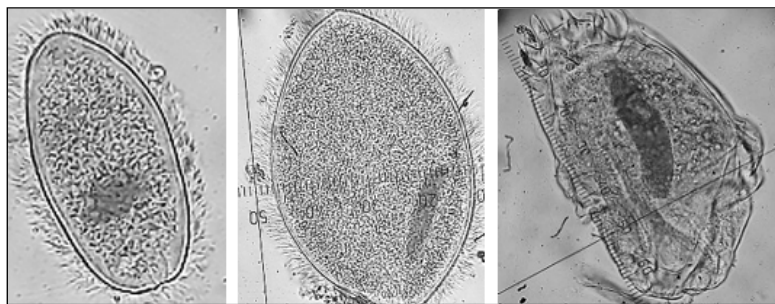
Инфузория *Ophryoscolex purkynjei* m. *Purkynjei* (рис. 8, 8.3.). Длина тела варьирует от 162,0 до 190,0 мкм, в среднем $174,0 \pm 5,99$; ширина — от 102,0–112,0 мкм, в среднем $108,0 \pm 2,10$. Тело вытянуто в длину, бочковидное, с суженным и усеченным передним концом. Задний конец вооружен тремя венчиками шипов. Преанальный шип короткий и толст, такой же величины, как и побочный шип. Макронуклеус имеет колбасовидную форму. Обнаружен у симментальского скота.

Инфузория *Charonina ventriculi*. В результате проведенной ревизии системы (Корнилова О.А., 2006) *Charonina ventriculi* относится к

следующей классификации: класс *Litostomatea* (Small & Lunn, 1981); подкласс *Trichostomatia* (Butschli, 1889); отряд *Entodiniomorpha* (Reichenow, 1929); подотряд *Blepharocorythina* (Wolska, 1971); сем. *Blepharocorythidae* (Hsiung, 1929); род *Charonina* (Strand, 1928); вид *Charonina ventriculi* (Jameson, 1925). Описание морфологии: тело вытянутое в длину, сплющено с боков. Задний конец закруглен без лопасти. Макронуклеус округлой формы, иногда шаровидный. Рядом прилегает сократительная вакуоль, лежащая в центре задней части инфузории. На переднем конце имеется пучок ресничек, на заднем конце реснички расположены в два пучка с обеих сторон. Считается одной из редких видов эндобионтных инфузорий, встречающихся в содержимом рубца крупного рогатого скота. Длина инфузории варьирует от 22,50 до 37,50 мкм, в среднем $29,00 \pm 2,69$ мкм, а ширина от 11,25 до 17,50 мкм, в среднем $15,00 \pm 1,31$. Обнаружен у якутского скота.

Заключение. Таким образом, получены результаты по идентификации симбионтной фауны крупного рогатого скота, разводимого в экстремальных условиях Якутии. Всего у групп исследованных животных идентифицировано и описано 36 видов по 12 родам и 3 семействам.

Самой многочисленной группой у КРС представлен род *Entodinium* - 13 видов. Больше всего видов данного рода обнаружено у якутского аборигенного скота (10), тогда как у помесного скота — 5, у симментальской породы скота — 6. При этом *Entodinium exiguum* обнаружен у всех исследованных пород крупного рогатого скота Якутии. Такие виды как *E. minimum*, *E. bimastus*, *E. lobosospinosum*, *E. quadricuspis* и *E. simulans caudatum* обнаружены только у якутского скота. У якутского скота также впервые обнаружены редкие и малочисленные виды инфузорий рода *Charonina* и *Metadinium*. В содержимом рубца якутского скота нами обнаружено всего 5 экз. данного вида инфузорий. Якутский скот в хозяйствах нашего региона находится на пастбищном содержании 4,5–5 мес. с середины мая до середины октября, а стойловое содержание длится около 7–7,5 мес. Возможно этими факторами объясняется большее видовое разнообразие эндобионтных инфузорий у якутского скота при сравнении с помесными и скотом симментальской породы, находящимися на более высококонцентрированном рационе.



8.1.

8.2.

8.3.

Рис. 8.

8.1. Инфузория *Dasytricha ruminantium*.8.2. Инфузория *Isotricha prostoma*.8.3. Инфузория *Ophryoscolex purkynjei* m. *Purkynjei*.

Литература

1. Догель В. А. Зависимость распространения паразитов от образа жизни животных-хозяев / В. А. Догель // Сборник в честь Н. М. Книповича. - Л., 1927. - С. 17-43.
2. Догель В. А. Филогения инфузорий желудка жвачных в свете палеонтологических и эколого-паразитических данных / В. А. Догель // Зоол. журн. - 1946. - Т. 25. - С. 395-402.
3. Корнилова О. А. Зависимость распространения эндобрионных инфузорий от поведения хозяина / О. А. Корнилова // Вестн. Челябинск. гос. педаг. ун-та. - 2005. - Т. 6. - С. 59-64.
4. Корнилова О. А., Мачахтыров Г. Н. Выживание эндобрионных инфузорий млекопитающих во внешней среде / О. А. Корнилова, Г. Н. Мачахтыров // Вестник Челябинского гос. пед. ун-та. - 2005. - Т. 6. - С. 53-59.
5. Dehority V. A. Rumen Microbiology. - Nottingham: University Press, 2003. - 82 p.
6. Догель В. А. Простейшие Protozoa. Малоресничные инфузории - Infusoria Oligotricha. Сем. Ophryoscolecidae. Определитель по фауне СССР Текст. / В.А. Догель. - М.: Изд. АН СССР. Л. 1929. - 96 с.
7. Сизова А. В., Аркадьева З. А. Микробиологический синтез. - М., 1969. - № 10. - С. 8-13.
8. Gruby D. Sur les animalcules development dans l'estomac et les intestins pluus avant digestion des animaux herbivores et carnivores' / D. Gruby, O. Delafond // Acad. Sci. Paris. - 1843. - Vol. 17. - P. 1304-1308.
9. Stein F. Charakteristik neuer Infusorien-Gattungen // Lotos, 1859. - P. 57-60.
10. Hsiung T. S. A monograph on the protozoan fauna of the large intestine of the horse / T. S. Hsiung // Iowa St. Coll. Journ. Sci. - 1930. - Vol. 4. - P. 359-423.
11. Giesecke D. Wiesmayn Solveig, Ledinek / Giesecke D. // M. J. Gen. Microbiol. - 1970. - № 1. - P. 123-126.
12. Корнилова, О. А. Эндобрионные инфузории млекопитающих: фауна, биология, филогения : дис. ... докт. биол. наук / О. А. Корнилова. - СПб, 2006. - 449 с.
13. Newbold C. J. The role of ciliate protozoa in the rumen / C. J. Newbold, G. de la Fuente, A. Belanche et al. // Front Microbiol. - 2015. - № 6. - P. 1313. Doi: 10.3389/fmicb.2015.01313.
14. Henderson G. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range / G. Henderson, F. Cox, S. Ganesh et al. Sci Rep. - 2015. - № 5. - P. 14567. Doi: 10.1038/srep14567.
15. Garcia J. J. Weather conditions and rumen temperature and pH in lidia cattle / J. J. Garcia, D. J. Bartolome, R. Posado et al. // J. Vet. Sci. Technol. - 2018. - №9 (3). - P. 532. Doi: 10.4172/2157-7579.1000532.
16. McSweeney C., Mackie R. Micro-organisms and ruminant digestion: state of knowledge, trends and future prospects. Background study paper No. 61. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy, 2012. - 62 p.
17. Писменская В. Н. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных / В. Н. Писменская, Е. М. Ленченко, Л. А. Голицына. - М.: Колос, 2006. - 280 с.
18. Иванкова А. А. Распределение и численность инфузорий в разных отделах желудка быка домашнего (Bos taurus) из агрохозяйств юга Тюменской области / А. А. Иванкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2010. - Т. 12. - №1 (8). - С. 2037-2040.
19. Рябиков А. Я. Протеолиз в рубце бычков черно-пестрой породы / А. Я. Рябиков, Н. М. Октябрьев // Научные и практические проблемы животноводства, ветеринарной медицины и перспективы их решения: сб. науч. тр. - Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2011. - С. 51-55.
20. Кириллова А. А. Состав биоценоза преджелудков и сычуга крупного рогатого скота в стойловый период / Кириллова А. А., Петров Ю. Ф., Гудкова А. Ю. и др. // Ветеринария Кубани. - 2012. - №2.
21. Иванкова А. В. Анализ морфотипов апикальных выростов цитоплазмы инфузорий семейства Ophryoscolecidae / А. В. Иванкова, Н. Е. Супес // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2017. - №6 (206) . - С. 71-74.

Sleptsov E.¹, Plemyashov K.², Machakhtrov G.¹, Machakhtrova V.¹, Andreeva M.¹, Shadrina Ya¹, Gavrilieva L.¹, Alferov I.¹

Diversity of the infusoria symbiofauna of cattle

Abstract.

Infusoria from the digestive tract of herbivorous mammals have been known to science for almost a century and a half. However, protozoans remain an understudied group of rumen dwellers in ruminants. In cattle, in a multi-chambered stomach, in addition to microorganisms (fungi and bacteria), there are a large number of protozoa (infusoria), which also participate in the digestive processes that support the vital activity of the body. Endobiontic infusoria take an active part in the digestion of complex carbohydrates, fiber, in the breakdown of indigestible polysaccharides, which are essential sources of energy for animals. In this regard, the study of the species and quantitative composition of the infusoria fauna of cattle bred in the Far North, as one of the factors of sustainable adaptation to extreme conditions, is of great scientific and practical interest.

This article presents the results of a study of endobiontic infusoria of cattle breeds bred in Yakutia. A total of 36 species have been identified and described in 12 genera and 3 families. It was found that the genus Entodinium and the genus Isotricha were the most represented in the Yakut cattle, while the genus Entodinium and Euplodinium are in the crossbred and cultivated cattle. The smallest genus in all groups are Polyplastron and Metadinium.

Key words: endobiontic infusoria, cattle, Yakut breed.

Authors:

Sleptsov E. – Dr. Habil. (Vet. Sci.); e-mail: evgeniyemenovic@mail.ru;

Plemyashov K. – Dr. Habil. (Vet. Sci.); corresponding member of the Russian Academy of Sciences;

Machakhtyrov G. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: aylga@mail.ru;

Machakhtyrova V. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: varvara-an@mail.ru;

Andreyeva M. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: amv-65@mail.ru;

Shadrina Y. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: yanalina_12@mail.ru;

Gavrilyeva L. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: lubov.gavrilieva86@mail.ru;

Alferov I. – PhD (Agr. Sci.); e-mail: ivan.alferov@mail.ru.

¹FSBSI YSC SB RAS Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G., Yakutsk, 677001, Yakutsk, Bestuzhev-Marlinsky St., 23, building. 1.

²St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg Chernigovskaya St., 5.

References

1. Dogel V. A. Dependence of the spread of parasites on the lifestyle of animal hosts / V. A. Dogel // Collection in honor of N. M. Knipovich. L., 1927. - P. 17-43.
2. Dogel V. A. Philology of the ciliates of the gastric stomach in the light of paleontological and environmental-parasitic data / V. A. Dogel // Zool. Journal. – 1946. – Vol. 25. – P. 395-402.
3. Kornilova O. A. Dependence of the spread of endobiontic ciliates on the behavior of the owner / O. A. Kornilova // Vestn. Chelyabinsk. state. Pedagon. Un-te. – 2005. – Vol. 6. – P. 59-64.
4. Kornilova O. A., Macchakhtrov G. N. Survival of endobiontic cammodes in the external environment / O. A. Kornilova, G. N. Macchakhtrov // Bulletin of the Chelyabinsk State. ped. Un-te. - 2005. - Vol. 6. - P. 53-59.
5. Dehority B. A. Rumen Microbiology. -Nottingham: University. Press, 2003. - 382 p.
6. Dogel V. A. Prostly Protozoa. Little confusion - Infusoria Oligotricha. Sem. Ophryoscolecidae. The determinant on the fauna of the USSR Text. / V.A. Dogel. - M.: Ed. USSR Academy of Sciences. L. 1929. – 96 p.
7. Sizova A. V., Arkadyeva Z. A. Microbiological synthesis. – M., 1969. – № 10. – P. 8-13.

8. Gruby D. Sur Les Animalculese Development Dans l'estomac et Les Intes-Tins Plu Avant Digest Des Animaux Herbivores et Carnivores' / D. Gruby, O. Delafond // Acad. SCI. Paris. – 1843. – Vol. 17. – P. 1304-1308.
9. Stein F. Charakteristik Neuer Infusorien-gattungen // Lotos, 1859. – P. 57-60.
10. Hsiung T. S. A Monograph on the Protozoan Fauna of the Large Intestine of the Horse / T. S. Hsiung // Iowa St. Coll. Journ. SCI. – 1930. – Vol. 4. – P. 359-423.
11. Giesecke D. Wiesmayn Solveig, Ledinek / Giesecke D. // M. J. Gen. Microbiol. – 1970. – № 1. – P. 123-126.
12. Kornilova O. A. Endobiontic cammodic infusoria: fauna, biology, phylogeny: dis. ... doct. Biol. Sciences / O. A. Kornilova. – St. Petersburg, 2006. – 449 p.
13. NewBold C. J. The Role of Ciliate Protozoa in the Rumen / C. J. NewBold, G. De La Fuente, A. Belanche et al. // Front Microbiol. – 2015. – № 6. – P. 1313. Doi: 10.3389/FMICB 2015.01313.
14. Henderson G. Rumen Microbial Community Composition Varies with Diet and Host, But a Core Microbiome Is Found Across a Wide Geographical Range / G. Henderson, F. Cox, S. Ganesh et al. Sci Rep. – 2015. – № 5. – P. 14567. Doi: 10.1038/srep14567.
15. Garcia J. J. Weather Conditions and Rumen Temperature and PH in Lidia Cattle / J. J. Garcia, D. J. Bartolome, R. Posado et al. // J. Vet. SCI. Technol. – 2018. – № 9 (3). – P. 532. Doi: 10.4172/2157-7579.1000532.
16. McSweeney C., Mackie R. Microorganisms and Ruminant Digest: State of Knowledge, Trends and Future Prospects. Background Study Paper No. 61. Food and agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy, 2012. - 62 p.
17. Pismenskaya V. N. Anatomy and physiology of agricultural animals / V. N. Pismenskaya, E. M. Lenchenko, L. A. Golitsyna. – M.: Kolos, 2006. – 280 p.
18. Ivankova A. A. Distribution and number of ciliates in different departments of the stomach of the bull bullry (Bos Taurus) from the agricultural houses of the South of the Tyumen Region / A. A. Ivankova // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2010. – Vol. 12. – № 1 (8). – P. 2037-2040.
19. Ryabikov A. Ya. Proteiolis in the scar of bull-haired bull-haired breed / A. Ya. Ryabikov, N. M. Oktyabrev // Scientific and practical problems of animal husbandry, veterinary medicine and prospects for their solutions: Sat. scientific. tr. – Omsk: Publishing House of the FGOU VPO OMGU, 2011. – P. 51-55.
20. Kirillova A. A. The composition of the biocenosis of the prejudices and the Sychug cattle in the stall period / Kirillova A. A., Petrov Yu. F., Gudkova A. Yu. Essenth and others // Veterinary Kuban. – 2012. – № 2.
21. Ivankova A. V. Analysis of the morphotypes of the apical outgrowths of the cytoplasm of the ciliates of the family Ophryoscolecidae / A. V. Ivankova, N. E. Svupes // Bulletin of the Orenburg State University. – 2017. – № 6 (206). – P. 71-74.

А. В. Петрова, Е. А. Романова, Е. Н. Васильева

Применение метода BLUP Animal Model в оценке племенной ценности маточного поголовья айрширского скота

Аннотация.

Цель: оценка племенной ценности маточного поголовья айрширского скота 13 племенных хозяйств различных регионов РФ методом BLUP Animal Model.

Материалы и методы. В анализируемую выборку вошли данные по 14450 коровам с датой первого отела 1987 – 2021 гг., которые проанализированы на наличие ошибок идентификации, несовпадений в датах рождения родителей и потомков. Прогноз племенной ценности коров по признакам молочной продуктивности за 1 лактацию произведен методом наилучшего линейного несмещенного прогноза BLUP Animal Model с использованием программы RStudio.

Результаты. Изучена динамика значений EBV по удою в течение исследуемого временного периода с разным количеством коров первого отела. Оценки EBV менялись не только в зависимости от уровня абсолютного удоя первотелок, но и под влиянием таких факторов как воспроизводство, количество оцениваемого поголовья, а также от менеджмента, по которым различались стада.

Заключение. Проведенная оценка племенной ценности методом BLUP AM позволила достоверно оценить исследуемый массив животных маточного поголовья айрширской породы в хозяйствах РФ. Выявлены лучшие и худшие производители по показателю удою с учетом эффектов влияния различных факторов.

Ключевые слова: айрширская порода, молочная продуктивность, BLUP AM, EBV.

Авторы:

Петрова А. В. – e-mail: anusha.82@mail.ru;

Романова Е. А. – e-mail: splicing86@gmail.com;

Васильева Е. Н. – кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: tulinova_59@mail.ru.

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ); 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а.

Введение. Эффективность применения методологии BLUP для оценки племенных качеств животных показана как зарубежными, так и отечественными исследователями. На протяжении десятилетий ученые совершенствуют и оттачивают метод, который не теряет свою актуальность, подстраивая модель для получения более достоверных результатов, разделяя влияние на оценку всех средовых, генетических факторов, а также влияние предков [1, 2, 3, 4].

Использование модели BLUP Animal Model позволяет максимально точно и эффективно применять данные зоотехнического и племенного учета для расчета и контроля селекционно-генетических параметров животных [5].

С 2021 года в Российской Федерации действующим инструментом оценки быков по качеству потомства является «Методика оценки племенной ценности крупного рогатого скота

молочного направления продуктивности», разработанная ФГБНУ ВНИИплем с использованием оценок BLUP Sire Model [6].

При использовании метода BLUP возрастает точность прогноза оценки ПЦ животных, и при этом экономический эффект достигается значительно раньше, что ведет к селекционному прогрессу в популяции [7, 8].

Цель исследований – оценка племенной ценности маточного поголовья айрширского скота 13 племенных хозяйств различных регионов РФ методом BLUP Animal Model (BLUP AM).

Материалы и методы. Материалом исследования послужили данные по продуктивности дочерей генотипированных быков-производителей айрширской породы с датами первого отела с 1987 по 2021 гг. Первично полученная выборка содержала фенотипическую информацию по 175421 коровам 13 хозяйств РФ. Исключалось

дублирование одних и тех же производителей с разными индивидуальными номерами; использование одного универсального номера для разных животных и т.д. Проведена предварительная обработка и удаление недостоверных данных и информативных пропусков. В итоге сформирована электронная база данных, имеющая записи от 14450 животных.

Полученная информация из баз «СЕЛЭКС» 13 племенных хозяйств различных регионов РФ в формате Excel послужила основой сформированной выборки данных, которые прошли предварительную обработку на исключение пустых записей по продуктивности, пригодным для оценки племенных животных методом BLUP Animal Model, проанализированы на наличие ошибок идентификации в родословных коров, а так же несовпадения в датах рождения родителей и потомков.

Недостающие данные по быкам дополнены из электронной базы данных компьютерной программы «СГС-ВНИИГРЖ» - «Картотека быков айрширской породы КРС» [9].

Записи продуктивности и воспроизводительных качеств исследуемой группы животных содержат следующую информацию: год рождения животного, хозяйство содержания, показатели удою, молочного жира и белка в килограммах за 305 дней лактации, даты отела и плодотворного осеменения.

Прогноз племенной ценности коров по признакам молочной продуктивности за 1 лактацию произведен методом BLUP Animal Model (Best Linear Unbiased Prediction). Расчеты проведены с использованием программы RStudio.

Методом ограниченного максимального правдоподобия (Restricted Maximum Likelihood Estimation, REML) рассчитаны ковариансы и стандартные ошибки дисперсии. Оценки племенной ценности первотелок EBV (Estimation Breeding Value) получали с помощью программы семейства BLUPF90 [10, 11].

Используемая модель оценки BLUPAM имела вид:

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + b_1 AFC_k + b_2 DO_k + Animal_k + e_{ijk},$$

где Y_{ijk} — результирующий показатель (удой, количество молочного жира, количество молочного белка) k -й первотелки, дочери j -го быка, лактировавшей в i -ой градации «стадо — год — сезон»;

μ — популяционная константа;

HYS_i — фиксированный фактор i -й градации:

H — племенной завод или племрепродуктор содержания животного; Y — календарный год отела коровы; S — кварталный сезон отела коровы;

b_1 — коэффициент линейной регрессии результирующего фактора на возраст первого отела;

AFC_k — возраст 1-го отела k -ой коровы (мес.);

b_2 — коэффициент квадратичной регрессии результирующего фактора на сервис-период; DO_k — продолжительность сервис-периода k -й коровы (в днях);

$Animal_k$ — рандомизированный эффект животного;

e_{ijk} — остаточный эффект модели, связанный с влиянием факторов, не учтенных в уравнении оценки.

Точность прогноза или надежность оценки животного (reliability, REL) рассчитывали по формуле:

$$REL = 1 - PEV_i / \sigma_a^2,$$

где PEV (Prediction Error Variance) — прогнозируемая ошибка дисперсии или доля аддитивной генетической вариации, не учитываемая прогнозом; σ_a^2 — аддитивная генетическая вариация.

Результаты и обсуждение В среднем по исследуемой выборке первотелок удою за 305 дней лактации составил 6995 ± 12 кг при выходе молочного жира $286,7 \pm 0,5$ кг и белка $239,7 \pm 0,4$ кг (табл.1). Возраст первого отела при невысоком коэффициенте изменчивости 11,4 % находится в пределах средних значений для данного показателя воспроизводительных качеств и составил $26 \pm 0,02$ мес. Сервис период отличается значительным коэффициентом изменчивости - 67,2 %, что указывает на вариабельность данного признака и возможность результирующего отбора по нему. При минимальном значении данного показателя в 21 день и максимальном в 400 дней в среднем его значение составило 127 дней.

Рассчитанные оценки EBV с использованием выбранной модели методом BLUP AM по представленной выборке в среднем составили по удою - $14,30 \pm 2,23$ кг, молочному жиру - $0,76 \pm 0,08$ кг и белку - $0,86 \pm 0,06$ кг.

Достоверность оценки коров, равная по удою 0,41, по жиру 0,40 и белку 0,37, обусловлена не только большим количеством животных данной выборки, лактировавших на протяжении дли-

Таблица 1. Статистические параметры хозяйственно полезных признаков в объединенной исследуемой выборке первотелок айрширской породы (n=14450)

| Показатели | Абсолютные данные | | | | | EBV | | |
|--|---------------------|---------|-----------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------|-----------|
| | Удой за 305 дн., кг | Жир, кг | Белок, кг | Сервис-период, дн. | Возраст 1-го отела, мес. | Удой за 305 дн., кг | Жир, кг | Белок, кг |
| Среднее (M) | 6995 | 286,7 | 239,7 | 127 | 26 | -14,3 | -0,76 | -0,68 |
| Среднее квадратичное отклонение (σ) | 1423 | 60 | 43 | 85 | 3 | 273,74 | 10,33 | 7,76 |
| Ошибка среднего (m) | 12 | 0,5 | 0,4 | 1 | 0,02 | 2,23 | 0,08 | 0,06 |
| min | 2507 | 70,8 | 70,8 | 21 | 21 | -1467,7 | -56,69 | -39,57 |
| max | 12534 | 528,8 | 424,2 | 400 | 30 | 1322,78 | 48,98 | 33,9 |
| Коэффициент изменчивости (C_v) | 20,3 | 20,9 | 17,9 | 67,2 | 11,4 | - | - | - |

тельного периода с 1987 по 2021 гг., но и полной данных по родословной, с минимальными группами неизвестных предков.

Величина наследуемости удоя за 305 дней лактации составила $h^2 = 0,252$, для молочного жира – 0,228 и молочного белка – 0,212, что находится в пределах биологической нормы живот-

ных и указывает на возможность дальнейшего отбора по данным признакам и повышение эффекта селекции. Коровы исследуемой выборки по показателю EBV по удою имели нормальное распределение (рис. 1). Процент животных с положительными оценками EBV по удою составил 47,6 % или 6872 голов.

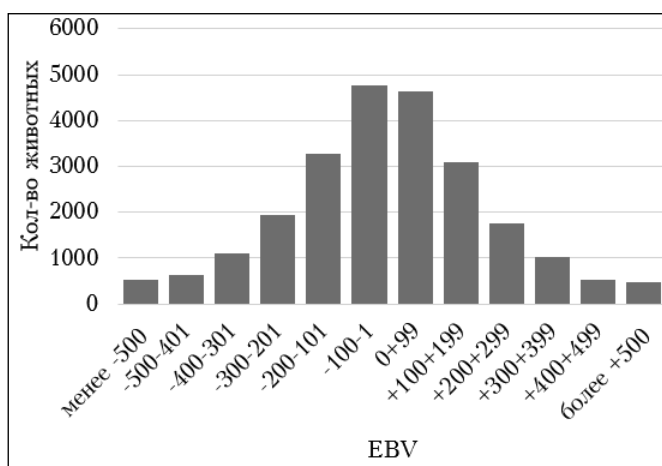


Рис. 1. Распределение коров по уровню EBV по удою.

В связи с тем, что временной период 1-го отела был в диапазоне с 1987 по 2021 гг., наблюдался рост количества животных выборки от начала до конца исследуемого периода, то и колебания значений EBV имели большой размах в начале периода и выравнивались к его окончанию. Распределение оценок EBV в группах с количеством коров более 1000 голов в зависимости от их года рождения представлено на рисунке 2.

В период с 2014 по 2017 гг. наблюдался стабильный рост оценок, оборвавшийся резким падением в 2018 г., но в дальнейшем до 2020 г. их значения восстанавливались, соответственно, линия тренда имела положительный прогноз.

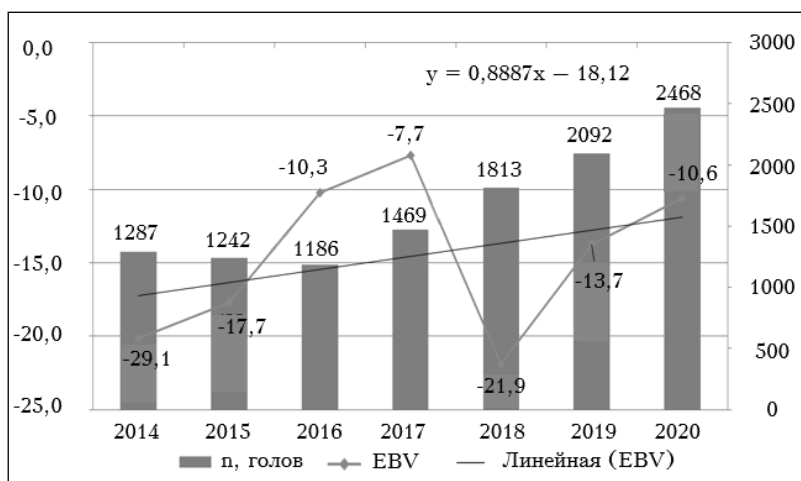


Рис. 2. Динамика оценок BLUP по молочной продуктивности коров в зависимости от года их первой лактации.

Уровни средних оценок EBV по удою по хозяйствам имели отрицательные значения, которые колебались от -32,1 кг в Томской области до -5,8 кг в Республике Карелия. Оценки EBV менялись не только в зависимости от уровня абсолютного удоя первотелок, но и под влиянием таких факторов как воспроизводство, количество оцениваемого поголовья, а также от менеджмента, по которым различались стада.

На рисунке 3 показаны средние значения EBV по удою дочерей 40 достоверно оцененных генотипированных быков-производителей.

Из 60 генотипированных быков достоверную оценку, не менее 60%, получили 40 голов, остальные производители и данные об их дочерях использовались в качестве фона при сравнении. Самые низкие оценки по удою, из достоверно оцененных, получили быки под номерами: 30 (-1006 кг), 39 (-993 кг) и 3 (-634 кг), а самые высокие 36 (+710 кг), 1 (+702 кг) и 7 (646 кг).

Заключение. Проведенная оценка племенной ценности первотелок по продуктивным качествам методом BLUP AM позволила оценить 14450 жи-

вотных маточного поголовья айрширского скота из 13 племенных хозяйств РФ.

Показан положительный прогноз племенной ценности животных с учетом эффекта влияния различных факторов. Полученные оценки являются достоверными за счет многочисленной выборки с минимальными группами неизвестных предков. Из 40 достоверно оцененных генотипированных быков-производителей выявлены лучшие и худшие представители исследуемой выборки.

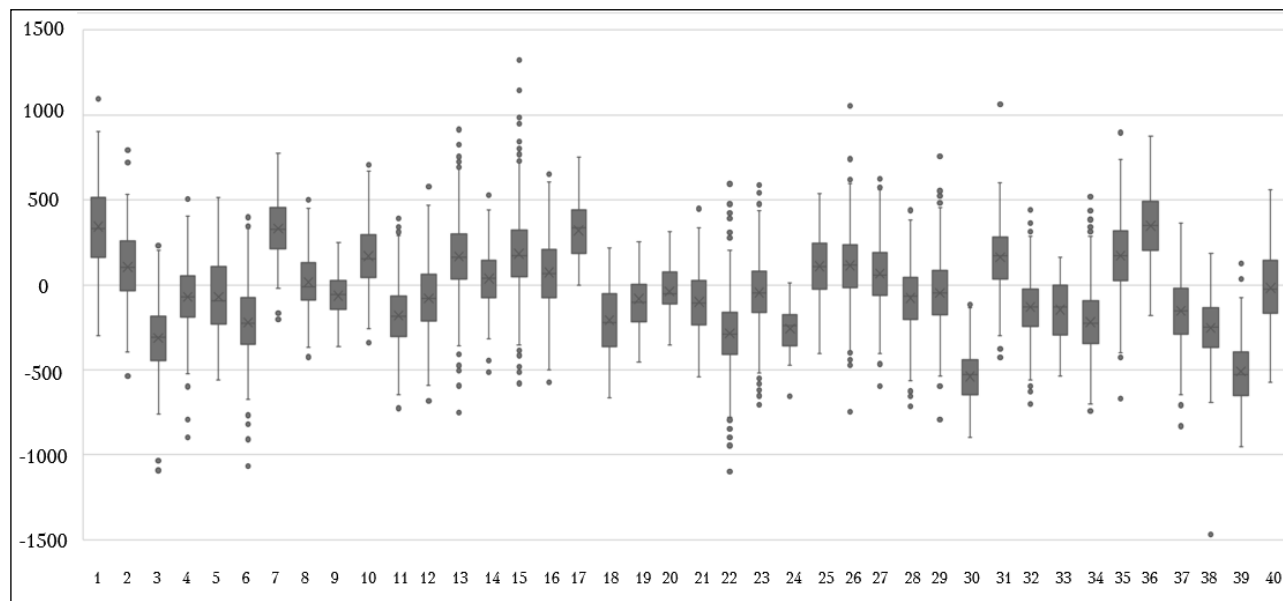


Рис. 3. Средние значения EBV по удою дочерей 40 быков-производителей.

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 121052600344-8.

Литература

1. Романова Е. А. Построение региональных селекционных индексов для коров айрширской популяции РФ / Е. А. Романова, О. В. Тулинова // Генетика и разведение животных. — 2023. — № 2. — С. 28-35. Doi.org/10.31043/2410-2733-2023-2-28-35.
2. Хайнацкий В. Ю. Метод племенной оценки быков-производителей мясных пород на основе BLUP / В. Ю. Хайнацкий // Животноводство и кормопроизводство. — 2021. — Т. 104.— С. 23-31. Doi: 10.33284/2658-3135-104-1-20.
3. Фирсова Э. В. Результаты оценки племенной ценности линий при помощи методов сравнения со сверстницами и BLUP на поголовье крупного рогатого скота мурманской области / Э. В. Фирсова, А. П. Карташова // Аграрный вестник Урала. — 2021. - № 5. — С. 63-70. Doi:10.32417/1997-4868-2021-208-05-63-70.
4. Kudinov A. A. Application of BLUP AM in Russian Ayrshire cattle breeding value evaluation /A. A. Kudinov, A.V. Petrova, K.V. Plemyashov // The international conference on the Status of plant & animal genome research. — 2017. — San Diego, CA, 14–18 January. — P. 0425.
5. Сермягин А. А. Сравнительная характеристика стад крупного рогатого скота на основе оценки племенной ценности коров методом BLUP ANIMAL MODEL / А. А. Сермягин, И. Н. Янчуков, Е. Е. Мельникова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — № 9. — С. 160-167.
6. Петрова А. В. Возможность создания референтной популяции крупного рогатого скота айрширской породы / А. В. Петрова, Е. Н. Васильева // Генетика и разведение животных. — 2022. — № 3. — С. 111-118. Doi 10.31043/2410-2733-2022-3-111-118.

7. Игнатъева Л. П. Использование метода BLUP ANIMAL MODEL для оценки племенной ценности коров симментальской породы / Л. П. Игнатъева, А. А. Сермягин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4(56). – С. 188-194. Doi 10.18286/1816-4501-2021-4-188-194.
8. Романова Е. А. Оценка эффективности моделирования отбора коров айрширской породы по полифакторному селекционному индексу * / Е. А. Романова, О. В. Тулинова // Молочное и мясное скотоводство. – 2022. – № 3. – С. 16-20. Doi 10.33943/MMS.2022.89.59.003.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663613 Российская Федерация. Селекционно-генетическая статистика – ВНИИГРЖ: № 2015617820: заявл. 26.08.2015: опубл. 25.12.2015 / С. М. Сергеев, О. В. Тулинова; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных".
10. Misztal I. BLUPF90 and related programs (BGF90). Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production / I. Misztal, S. Tsruta, T. Strabel, B. Auvray, T. Druet, D.H. Lee // Montpellier, Communication. – 2002. – No. 28 – 07. – Vol. 28. – P. 21–22.
11. Misztal I. Computational techniques in animal breeding. University of Georgia // Athens. – 2014, USA. – 200 p.

Petrova A., Romanova E., Vasileva E.

Application of the BLUP Animal Model method in assessing the breeding value of the breeding stock of Ayrshire cattle

Abstract.

The aim of the study is to assess the breeding value of the breeding stock of Ayrshire cattle from 13 breeding farms in various regions of the Russian Federation using the BLUP Animal Model method.

Materials and methods. *The analyzed sample included data on 14,450 cows with a first calving date of 1987 – 2021, which were analyzed for identification errors and discrepancies in the dates of birth of parents and offspring. The forecast of the breeding value of cows based on milk productivity traits for 1 lactation was made using the best linear unbiased forecast method BLUP Animal Model using the RStudio program.*

Results. *The dynamics of milk yield EBV values during the studied time period with different numbers of first calving cows was studied. EBV estimates varied not only depending on the level of absolute milk yield of first-calving cows, but also under the influence of factors such as reproduction, the number of herds being assessed, as well as management, by which herds differed.*

Conclusion. *The assessment of breeding value using the BLUP AM method made it possible to reliably evaluate the studied array of animals of the Ayrshire breed breeding stock on farms in the Russian Federation. The best and worst producers in terms of milk yield were identified, taking into account the effects of various factors.*

Key words: *Ayrshire breed; milk yield; BLUP AM; EBV.*

Authors:

Petrova A. – e-mail: anusha.82@mail.ru;

Romanova E. – e-mail: splicing86@gmail.com;

Vasileva E. – PhD (Agr. Sci.); e-mail: tulinova_59@mail.ru;

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, 196601, Russian, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo, Moskovskoe sh. 55a.

References

1. Romanova E. A. Construction of regional breeding indices for cows of the Ayrshire population of the Russian Federation / E. A. Romanova, O. V. Tulinova // *Genetika i razvedenie zhivotnyh.* – 2023. – №2. – P. 28-35. - Doi.org/10.31043/2410-2733-2023-2-28-35.
2. Khainatskiy V. Yu. Method of breeding assessment of servicing bulls of meat breeds on the basis of BLUP / V. Yu. Khainatskiy // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo.* – 2021. – V. 104. – P. 23-31. Doi: 10.33284 / 2658-3135-104-1-20.
3. Firsova E. V. Assessment results of the cattle breeding value of lines with application of methods of peer comparison and BLUP in Murmansk region / E. V. Firsova, A. P. Kartashova // *Agrarnyj vestnik Urala.* – 2021. – №5. – P. 63-70. Doi: 10.32417 / 1997-4868-2021-208-05-63-70.
4. Kudinov A. A. Application of BLUP AM in Russian Ayrshire cattle breeding value evaluation / A. A. Kudinov, A.V. Petrova, K.V. Plemyashov // *The international conference on the Status of plant & animal genome research.* - 2017. - San Diego, CA, 14-18 January. – P. 0425.
5. Sermyagin A. A. Comparative characteristics of cattle herds based on the assessment of the breeding value of cows using the BLUP ANIMAL MODEL method / A. A. Sermyagin, I. N. Yanchukov, E. E. Melnikova, S. N. Kharitonov, R. V. Nekrasov // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokozyajstvennoj akademii.* – 2018. – № 9. – P. 160-167.
6. Petrova A. Possibility of creating a reference population of Ayrshire cattle / A. Petrova, E. Vasileva // *Genetika i razvedenie zhivotnyh.* – 2022. – № 3. – P. 111-118. Doi: 10.31043/2410-2733-2022-3-111-118.
7. Ignatieva L.P. Usage of the Blup Animal Model for estimation of the breeding value of Simmental cows / L. P. Ignatieva, A. A. Sermyagin // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skokozyajstvennoj akademii.* –2021. – 4 (56). – P. 188-194. Doi: 10.18286/1816-4501-2021-4-188-194.
8. Romanova E. A. Assessment of the effectiveness of modeling the selection of Airshir breed cows according to the polyfactor breeding index / E. A. Romanova, O. V. Tulinova // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.* – 2022. – № 3. – P. 16-20. Doi: 10.33943/MMS.2022.89.59.003.
9. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EVM № 2015663613 Rossiyskaya Federatsiya. Seleksionno-geneticheskaya statistika – VNIIGRZH: № 2015617820: zayavl. 26.08.2015: opubl. 25.12.2015 / S. M. Sergeev, O. V. Tulinova; zayavitel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye nauchnoye uchrezhdeniye "Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut genetiki i razvedeniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh".
10. Misztal I. BLUPF90 and related programs (BGF90). Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production / I. Misztal, S. Tsruta, T. Strabel, B. Auvray, T. Druet, D.H. Lee // *Montpellier, Communication.* – 2002. – No. 28 – 07. – Vol. 28. – P. 21– 22.
11. Misztal I. Computational techniques in animal breeding. University of Georgia // Athens. – 2014, USA. – 200 p.

Е. С. Слепцов¹, Г. Н. Мачахтыров¹, В. А. Мачахтырова¹, В. И. Федоров², К. В. Племяшов³,
М. В. Андреева¹, Я. Л. Шадрина¹, И. И. Григорьев¹

Породные особенности эндобионтной фауны северного домашнего оленя

Аннотация.

Цель: изучение видового разнообразия эндобионтной фауны северного домашнего оленя эвенской и чукотской породы.

Материалы и методы. Проведены исследования содержимого преджелудков 69 взрослых северных оленей двух пород: чукотской породы из Нижнеколымского района (40 голов) и эвенской породы из Оймяконского района (29 голов). Сбор содержимого преджелудков проводился во время массового забоя домашних северных оленей в ноябре 2022 г. Промежуток времени после забоя оленя до взятия проб составлял не более 20-25 минут. Пробы фиксировали 10% раствором формалина. Определение видов проведено по определителям Догеля В.А., 1929; Корниловой О.А., 2003, 2010. Сравнение видового состава эндобионтных инфузорий фауны животных исследованных пород проведена по коэффициенту сходства Жаккара-Малышева (Kj-m) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (Ics).

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что видовое разнообразие эндобионтной фауны домашних северных оленей чукотской и эвенской пород не значительно, но отличается. Определен видовой состав эндобионтных инфузорий на основании морфологических и морфометрических исследований. Всего идентифицировано 18 видов инфузорий, относящихся к 9 родам, в том числе у оленей эвенской породы - 18 видов по 9 родам и у оленей чукотской породы - 13 видов по 6 родам. Основу общих видов инфузорий для оленей чукотской и эвенской пород, разводимых в Якутии, составляют 3 вида *Entodinium*, 3 вида *Epidinium*, по 2 вида *Diplodinium* и *Ostracodinium*, по 1 виду *Polyplastron*, *Enoploplastron* и *Dasytricha*. Большое видовое разнообразие эндобионтов эвенской породы можно объяснить тем, что эвенская порода относится к таежному типу с более широким многообразием поедаемых кормовых растений, чем у тундровых оленей чукотской породы.

Ключевые слова: эндобионтная фауна, инфузории, северные олени, чукотская порода, эвенская порода.

Авторы:

Слепцов Е. С. – доктор ветеринарных наук; e-mail: evgeniyceменовic@mail.ru;

Мачахтыров Г. Н. – кандидат биологических наук; e-mail: aylga@mail.ru;

Мачахтырова В. А. – кандидат биологических наук; e-mail: varvara-an@mail.ru;

Федоров В. И. – доктор биологических наук, ректор, e-mail: info@agatu.ru.;

Племяшов К. В. – член-корреспондент РАН доктор ветеринарных наук;

Андреева М. В. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: amv-65@mail.ru.;

Шадрина Я. Л. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: yanalina_12@mail.ru.;

Григорьев И. И. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: Innokenti4@mail.ru.

¹ Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова; 677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23, корпус 1.

² Арктический государственный агротехнологический университет, 677007, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Сергеляхское шоссе 3 км., д. 3.

³ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, Санкт-Петербург Черниговская ул., 5.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-20013, <https://rscf.ru/project/22-16-20013/> с софинансированием АНО «Якутский научный фонд».

Введение. Республика Саха (Якутия) – крупнейший в территориальном и экономическом отношении регион России, занимающийся оленеводством. Оленеводство является базовой отраслью в традиционном хозяйстве народов Севера. На 1 января 2022г. количество домашних северных оленей в республике составило 162 599 голов [1].

История изучения эндобионтной инфузорной фауны берет свое начало с середины XIX в., когда была опубликована первая работа, где были описаны виды простейших пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных — лошади, свиньи, быка [2]. Важнейшие открытия в изучении фауны эндобионтных инфузорий диких жвачных сделаны в первой половине XX века [3-9].

Домашний северный олень является одним из основных представителей полигастричных животных на севере, являющимся интересным объектом для исследования в области экологической физиологии. Приспосабливаясь к суровым природным условиям разведения, северные олени в качестве основного корма используют ягель, которым они питаются в течение всего года. В течение эволюции олени выработали способность быстро откармливаться за короткий летне-осенний период на подножном корме.

Первой работой, содержащей данные по инфузорному населению преджелудка северного оленя, добытого в северной части Европы, стала работа В. А. Догеля, где он приводит данные по численности и видовому разнообразию инфузорий [10]. Позднее были опубликованы работы по фауне инфузорий благородного оленя [11], северного оленя с территории Финляндии [12], из Канады [13]. В 2004 г. была опубликована научная статья по инфузорному населению северного оленя Китая [14]. В это же время отечественный протистолог О. А. Корнилова с соавторами публикует данные по инфузорному населению желудка дикого и домашнего северного оленя таежной зоны Сибири. Ими были найдены инфузории (*Ophiyoscolecidae* и *Isotrichidae*) у всех обследованных северных оленей. Плотность инфузорного населения в желудке северного оленя достигает 30000 инф./мл. Специфичными для северного оленя являются *Entodinium minimum* и *Diplodinium rangiferi* [15, 16].

Мачахтыровым Г. Н. впервые была дана морфометрическая характеристика и численный состав симбионтной фауны домашних северных оленей в условиях Якутии. Он установил, что у северных оленей обитает 18 видов инфузорий. Видовой состав симбиофауны зависит от ареала и особенностей пищевого и социального поведения животных. Животные, ведущие стадный образ жизни, имеют наиболее разнообразную симбиофауну. Чаще всего среди обнаруженных видов встречаются инфузории *Epidinium escaudatum* и *Ostracabinium obtasum* [17].

Данные по инфузорному населению северного оленя с территории тундровой зоны приводятся

в работе Корчагиной Т. А. и Лихачева С. Ф. На основании проведенного исследования данные авторы утверждают, что эндобионтные инфузории из желудка северного оленя являются форгутными, т.е. обитающими только в желудке, поскольку ни в одном из обследованных отделов кишечника инфузорий ими не обнаружено. Инфузорная фауна северного оленя (*Rangifer tarandus*), обитающего на территории тундровой зоны Чукотского автономного округа, была описана впервые. Она представлена 16 видами эндобионтов, самым многочисленным из которых является *Entodinium minimum* с общей средней численностью $452,7 \pm 7,6$, что составляет 13 % от общей численности всех видов инфузорной фауны желудка северного оленя. *Diplodinium rangiferi* f. *Major* — с общей средней численностью $436,0 \pm 10,7$ находится на 2 месте по численности. Общая численность всех эндобионтных инфузорий в 1 мл содержимого желудка высока и по нашим данным составляет 27504,6 ос./мл. Эти данные подтверждаются и учеными — протозоологами, изучающими инфузорную фауну северного оленя разных природных зон и географии обитания [18].

Эвенская порода северных оленей разводится в горно-таежной зоне Якутии, в том числе в Оймяконском районе, чукотская порода оленей (харгин) разводится в тундровой зоне республики в Нижнеколымском районе. Особенности питания оленей тундровой и горно-таежных зон имеют существенные различия, чем обоснован выбор данных пород для проведения исследования разнообразия эндобионтной фауны. Эвенские олени, обитающие в горно-таежной зоне, пасутся на выпасаемых пастбищах с более богатой растительностью, чем выпасы в тундровой зоне. Растительность в тундре относительно скудная и представлена, в основном, мхами и лишайниками, более низкими кустарниками, однообразными осоками, при этом разнотравье составляет небольшой удельный вес. В таежной зоне почти повсеместно в лесах произрастают кормовые лишайники, а по рекам и речкам, на аласах (алас — безлесное пространство среди тайги, с озером посередине или без него) много летне-зеленых кормов (кустарники, осоки, разнотравье, злаки и т.д.). В связи с этим изучение видового состава и разнообразия эндобионтных инфузорий, содержащихся в многокамерном желудке северных оленей эвенской и чукотской пород, представляет несомненный научный интерес.

Цель исследований — изучение видового разнообразия эндобионтной фауны северного домашнего оленя эвенской и чукотской породы.

Материалы и методы. Работа выполнена в лаборатории воспроизводства и физиологии животных ФГБУН Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова. Сбор материала проводился во время массового забоя домашних северных оленей в ноябре 2022 г. непосредственно из преджелудков оленей. Была изучена инфузорная фауна рубца 69 оленей из 2 районов Якутии: 49 голов из Нижнеколымского района (чукотская порода

оленей), 20 – из Оймяконского района (эвенская порода). Промежуток времени после забоя оленя до взятия проб составлял не более 20-25 минут. Пробы фиксировали 10 % раствором формалина. Определение видов проведено по определителям Догеля В. А., 1929 и Корниловой О. А., 2003, 2010. При окраске ядра использовали метиловый зеленый. Морфометрические исследования проводились на микроскопе Микмед 5 с окулярным микрометром. Изучение морфо-

Таблица 1. Видовой состав инфузорий домашних северных оленей

| № | Семейство, род и вид инфузорий | Чукотская порода-харгин | Эвенская порода |
|--|---|-------------------------|-----------------|
| I. Семейство Ophryoscolecidae Stein, 1867 | | | |
| 1. Род Entodinium Stein, 1859 | | | |
| 1. | <i>Entodinium anteronucleatum monolobum Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 2. | <i>Entodinium anteronucleatum dilobum Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 3. | <i>Entodinium dilobum Dogiel, 1927</i> | + | + |
| 4. | <i>Entodinium exiguum Dogiel, 1925</i> | - | + |
| 5. | <i>Entodinium quadricuspis quadricuspis Dogiel, 1927</i> | - | + |
| 2. Род Epidinium Crawley, 1924 | | | |
| 6. | <i>Epidinium ecaudatum ecaudatum Sharp, 1914</i> | + | + |
| 7. | <i>Epidinium ecaudatum caudatum Fiorentini, 1889</i> | + | + |
| 8. | <i>Epidinium gigas Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 3. Род Diplodinium Schuberg, 1888 | | | |
| 9. | <i>Diplodinium dogieli Kofoid, MacLennan, 1932</i> | - | + |
| 10. | <i>Diplodinium rangiferi major Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 11. | <i>Diplodinium rangiferi minor Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 4. Род Eudiplodinium Dogiel, 1927 | | | |
| 12. | <i>E. maggii Fiorentini, 1889</i> | - | + |
| 5. Род Ostracodinium Dogiel, 1927 | | | |
| 13. | <i>Ostracodinium gracile Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 14. | <i>Ostracodinium confluens Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 6. Род Polyplastron Dogel, 1927 | | | |
| 15. | <i>Polyplastron multivesiculatum Dogiel, Fedorova, 1925</i> | + | + |
| 7. Род Enoploplastron Kofoid, MacLennan, 1932 | | | |
| 16. | <i>Enoploplastron triloricatum Dogiel, 1925</i> | + | + |
| 8. Род Diploplastron Kofoid, MacLennan, 1932 | | | |
| 17. | <i>D. affine Dogiel, Fedorova, 1925</i> | - | + |
| II. Семейство Isortichidae Butschli, 1889 | | | |
| 9. Род Dasotricha Schuderg, 1888 | | | |
| 18. | <i>Dasotricha ruminantium</i> | + | + |

метрии проведено на случайных выборках инфузорий, при этом каждый раз измеряли не менее 25 экземпляров. Подсчет численности инфузорий проводился методом «калиброванной капли» по Корниловой О. А., попавшие в каплю объемом 0,1 мл при разведении пробы в фиксаторе в соотношении 1:2. Сравнение видового состава эндобионтных инфузорий фауны скота исследованных пород проведена по коэффициенту сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}).

При статистической обработке использовали приложение «Microsoft Excel».

Результаты. Между породами северного оленя – эвенской и чукотской, отличающимися зонами разведения и, соответственно, особенностями питания, имеются несущественные различия по составу симбиотической фауны желудочно-кишечного тракта. При идентификации видового состава эндобионтных инфузорий домашних северных оленей, разводимых в нашем регионе, выявлены всего 18 видов инфузорий, относящихся к 9 родам (таблица 1).

Так, у эвенской породы выявлено по 2 семействам - Ophryoscolecidae и Isortichidae 18 видов по 9 родам и у чукотских оленей 13 видов по 6 родам эндобионтов. Основу общих видов инфузорий для северных оленей чукотской и эвенской пород составляют 3 вида *Entodinium*, 3 вида *Epidinium*, по 2 вида *Diplodinium* и *Ostracodinium*, по 1 виду *Polyplastron*, *Enoploplastron* и *Dasytricha*.

При сравнении сходства видов эндобионтных инфузорий северных оленей Якутии по индексу сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}) выявлено сходство видов $K_{j-m} = 0,37$ и общность фаун инфузорий $I_{cs} = 90,9\%$.

В таблице 2 приведены морфометрические данные эндобионтных инфузорий по породам северных домашних оленей.

Самыми крупными представителями у северного оленя являются инфузории *Diplodinium rangiferi* рода *Diplodinium* с длиной 243,7 и шириной 194,4 мкм и *Epidinium gigas* рода *Epidinium* с длиной 194,5 и шириной 109,4 мкм. Мелки-

Таблица 2. Размеры и отношение длины к ширине

| № | Вид | Длина | Ширина | Отношение длины к ширине |
|---|--|-------------|-------------|--------------------------|
| 1 | Род <i>Entodinium</i> | | | |
| | <i>Entodinium anteroneucleatum monolobum</i> | 69,90±1,46 | 40,35±1,25 | 1,73 |
| | <i>Entodinium anteroneucleatum dilobum</i> | 65,60±1,13 | 37,75±0,81 | 1,74 |
| | <i>Entodinium dilobum</i> | 36,60±0,36 | 26,55±0,34 | 1,38 |
| | <i>Entodinium exiguum</i> | 36,36±1,60 | 19,79±0,83 | 1,84 |
| | <i>Entodinium quadricuspis quadricuspis</i> | 27,30±0,61 | 18,80±0,55 | 1,45 |
| 2 | Род <i>Diplodinium</i> | | | |
| | <i>Diplodinium rangiferi</i> | 243,70±9,11 | 194,40±5,41 | 1,25 |
| 3 | Род <i>Epidinium</i> | | | |
| | <i>Epidinium ecaudatum ecaudatum</i> | 120,60±2,21 | 53,70±1,31 | 2,25 |
| | <i>Epidinium ecaudatum caudatum</i> | 133,60±1,51 | 64,30±0,84 | 2,08 |
| | <i>Epidinium gigas</i> | 194,45±4,30 | 109,40±3,47 | 1,78 |
| 4 | Род <i>Ostracodinium</i> | | | |
| | <i>Ostracodinium confluens</i> | 98,30±3,65 | 63,05±2,93 | 1,56 |
| | <i>Ostracodinium gracile</i> | 123,60±2,66 | 78,0±2,49 | 1,58 |
| 5 | Род <i>Enoploplastron</i> | | | |
| | <i>Enoploplastron triloricatum</i> | 97,62±4,67 | 64,85±1,53 | 1,51 |
| 6 | Род <i>Dasytricha</i> | | | |
| | <i>Dasytricha ruminantium</i> | 48,75±0,62 | 35,80±2,46 | 1,36 |

ми размерами отличаются инфузории рода *Entodinium*, имеющие длину от 27,3 до 36,6 мкм и ширину от 18,8 до 26,6 мкм.

В пробах содержимого рубца северных оленей чукотской и эвенской пород нашего региона наибольшее представление имеют инфузории рода *Entodinium*, составляющих от 55,8 до 52,5 % от общей численности инфузорий рубца оленей, что отличается от данных других авторов, проводивших исследования в Чукотском автономном округе, когда самыми многочисленными у чукотской породы являлись виды эндобионтов *Entodinium minimum* и *Diplodinium rangiferi f. Major* [16]. Следует отметить, что единичные инфузории *E. anteronucleatum monolobum* и *E. anteronucleatum dilobum* были обнаружены в сетке, также как и *O. gracile* и *Enoploplastron triloricatum*. В книжке ни один из видов инфузорий не обнаружен.

Общая численность всех инфузорий в рубце составляет 2878 экз. у оленей чукотской породы, у эвенской породы более высокая — 4109 экз. Эвенские олени обитают в таежной зоне, что отличается по климату-географическим условиям и более богатой растительностью на выпасаемых пастбищах чем в тундровой зоне.

Заключение. Северные олени относятся к животным с симбионтным типом пищеварения, когда в механизмах расщепления пищевых продуктов важную роль играют ферменты, продуцируемые симбионтными организмами (бактериями, простейшими), обитающими в пи-

щеварительном тракте. С этой точки зрения вопрос изучения фауны эндобионтных инфузорий домашнего северного оленя представляет научный и практический интерес.

При изучении видового состава инфузорий у домашних северных оленей установлено, что между породами северного оленя — эвенской и чукотской, отличающимися зонами разведения и, соответственно, особенностями питания, имеются несущественные различия по характеристике симбионтов. У эвенской породы выявлено 18 видов по 9 родам и у чукотских оленей 13 видов эндобионтов по 6 родам эндобионтов. Наибольшее количество по видам инфузорий составляют виды *Entodinium anteronucleatum dilobum*, *Entodinium anteronucleatum monolobum*, *Epidinium ecaudatum ecaudatum*, *Epidinium gigas* и *Ostracodinium gracile*. При сравнении сходства видов эндобионтных инфузорий северных оленей Якутии по индексу сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}) выявлено сходство видов $K_{j-m} = 0,37$ и общность фаун инфузорий $I_{cs} = 90,9\%$.

Общая численность всех инфузорий в 1 мл содержимого рубца у оленей чукотской породы составляет 2878 экз., у эвенской породы более высокая — 4109 экз. В сетке количество малое, соответственно, составляет 11 и 14 экз. по породам. В книжке и сычуге эндобионтные инфузории не обнаружены.

Литература

1. Сельское хозяйство в Республике Саха (Якутия) // Статистический сборник №20/331 за 2010, 2017-2021 гг. — С.47.
2. Gruby D. Sur les animalcules development dans l'estomac et les intestins pluu avant digestion des animaux herbivores et carnivores / D. Gruby, O. Delafond // C. R. Acad. Sci. Paris. —1843. — №. 17. — P. 1304-1308.
3. Догель В. А. Новые паразитические инфузории из желудка северного оленя / Догель В. А. // Русск. арх. протистол. — 1925. — Вып. 4. — С. 43-65.
4. Догель В. А. Инфузории из желудка сайги. — Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР, 1946. — С. 18-29.
5. Гассовский Г. Н. К микрофауне кишечника лошади / Гассовский Г. Н. // Труды Петроградского общества естествоиспытателей. — Л., 1918. — С. 20-37.
6. Полянский Ю. С. Паразитические инфузории из желудка горала / Ю. С. Полянский, В. А. Соловьева // Вестник Ленинградского университета. — 1959. — № 15. — С. 27-30.
7. Cunha A. M. Contribution to the knowledge of ciliata parasitic in Mammalia of Brazil A. M. Cunha, J. da Muniz // Sciencia med. — 1925. — P. 740-747.
8. Kofoid C. A. Ciliates from *Bos indicus* Linn. I. The genus *Entodinium* Stein / C. A. Kofoid, R. F. MacLennan // Univ. Calif. Pub. Zool. — 1930. — P. 471-544.
9. Sladeczek F. Ophryoscolecidae z bachoru jelena (*Cervus elaphus* L.), danka (*Dama dama* L.) a srnce (*Capreolus capreolus* L.) / F. Sladeczek // Vest. Ceskosl. Zool. Spol. — 1946. — P. 201-231.
10. Догель В. А. Заметка о фауне инфузорий, населяющих желудок северного оленя / В. А. Догель // Труды Арктического института. Л. — 1935. — С. 143-148.

11. Kubikova M. Infusorien aus dem Pausen von Cervus elaphus L. / M. Kubikova // Zool. Anz. – 1935. – № 111. – P. 175-177.
12. Westerling B. Rumen ciliate fauna of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in Finland: composition, volume and some seasonal variations / B. Westerling // Acta zool. fenn. – 1970. – № 1. – P. 1-76.
13. Lubinsky G. Ophryoscolecidae (Ciliata, Entodiniomorphida) of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) from Canadian Arctic / G. Lubinsky // Can. J. Zool. – 1958. – P. 819-825.
14. Imai S. Guirong. Rumen ciliate protozoal fauna of reindeer in inner Mongolia, China / S. Imai, Y. Oku, T. Morita, K. Ike // J. Vet. Med. Sci. – 2004. – P. 209-212.
15. Корнилова О. А. Биоразнообразие инфузорий из кишечника лошади (*Equus caballus*), желудка козули (*Capreolus pygargus*) и северного оленя (*Rangifer tarandus*) таежной зоны Сибири / О. А. Корнилова, Н. П. Федорова, Г. Н. Мачахтыров, Л. Г. Баймакова // Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных. – 2004. – Вып. 4. – С. 55-63.
16. Корнилова О. А. Эндобионтные инфузории млекопитающих: автореферат дис. ... доктора биологических наук: 03.00.33, 03.00.08 / Зоол. ин-т РАН. – Санкт-Петербург, 2006. – 46 с.
17. Мачахтыров Г.Н. Эколого-физиологические особенности адаптации северного оленя в условиях таежной зоны Якутии: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.13 / Якут. гос. с.-х. акад. – Якутск, 2006. – 18 с.
18. Корчагина Т. А. Инфузорная фауна разных отделов желудка северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) тундровой зоны Чукотского автономного округа / Т. А. Корчагина, С. Ф. Лихачев // Вестник Тюменского государственного университета. – № 6. – 2013. – С.64-70.

Sleptsov E.¹, Machakhtyrov G.¹, Machakhtyrova V.¹, Fedorov V.², plemashov K.³, Andreyeva M.¹, Shafrina Ya.¹, Grigoryev I.¹

Breed characteristics of the endobiotic fauna of the domestic reindeer

Abstract.

Purpose: to study the species diversity of the endobiotic fauna of the domestic reindeer of the Even and Chukchi breeds.

Materials and research methods. There were studied the stomach contents of 69 adult reindeer of two breeds: the Chukchi breed from the Nizhnekolymsky region (40 heads) and the Even breed from the Oymyakonsky region (29 heads). The collection of the proventriculus contents was carried out during the mass slaughter of domestic reindeer in November 2022. The time interval after the slaughter of the deer before sampling was no more than 20-25 minutes. Samples were fixed with 10% formalin solution. The identification of species was carried out according to the determinants of Dogel V.A., 1929; Kornilova O.A., 2003, 2010. Species composition comparison of the endobiont infusoria of the animal fauna of the studied breeds was carried out according to the Jacquard-Malyshev similarity coefficient ($Kj-m$) and the Czekanowski-Sjørensen fauna commonality index (Ics).

Results. As a result of the research, it was established that the species diversity of the endobiotic fauna of domestic reindeer of the Chukchi and Even breeds is insignificant, but differs. The species composition of endobiotic infusoria was determined on the basis of morphological and morphometric studies. In total, 18 species of infusoria belonging to 9 genera were identified, including 18 species of deer of the Even breed in 9 genera and 13 species of deer of the Chukchi breed in 6 genera. The basis of common species of infusoria for deer of

the Chukchi and Even breeds bred in Yakutia is 3 species of Entodinium, 3 species of Epidinium, 2 species of Diplodinium and Ostracodinium, 1 species of Polyplastron, Enoploplastron and Dasytricha. The greater species diversity of endobionts of the Even breed can be explained by the fact that the Even breed belongs to the taiga type with a wider variety of food plants eaten than in the tundra deer of the Chukchi breed.

Key words: endobiontic fauna, infusoria, reindeer, Chukchi breed, Even breed.

Авторы:

Sleptsov E. – Dr. Habil. (Vet. Sci.); e-mail: evgeniyemenovic@mail.ru;

Machakhtyrov G – PhD (Vet. Sci.); e-mail: aylga@mail.ru;

Machakhtyrova V. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: varvara-an@mail.ru;

Fedorov V. – Dr. Habil. (Biol. Sci.); e-mail: info@agatu.ru

Plemyashov K. - corresponding member of the RAS, Dr. Habil. (Vet. Sci.);

Andreeva M. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: amv-65@mail.ru;

Shadrina Ya. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: yanalina_12@mail.ru;

Grigoryev I. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: Innokenti4@mail.ru.

¹Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after Safronov M.G.; 677001, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzheva-Marlinskovo, Str. 23/1.

² Arctic State Agrotechnological University, 677007, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk city, Sergelyakhskoye highway, 3 km., build. 3;

³St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg Chernigovskaya St., 5.

References

1. Agriculture in the Republic of Sakha (Yakutia) // Statistical collection № 20/331 for 2010, 2017-2021. – P. 47.
2. Gruby D. Sur les animalcules développement dans l'estomac et les intestins plu avant digestion des animaux herbivores et carnivores / D. Gruby, O. Delafond // C. R. Acad. Sci. Paris. – 1843. – Vol. 17. – P. 1304-1308.
3. Dogel V. A. New parasitic ciliates from the stomach of the Northern deer / Dogel V. A. // Russian. Arch. Ward. – 1925. – Issue. 4. – P. 43-65.
4. Dogel V.A. Infusoria from the stomach of Saigi. – Alma-Ata: Publishing House of Academy of Sciences. SSR, 1946. – P. 18-29.
5. Gassovsky G. N. to the horses of the intestines / Gassovsky G. N. // Proceedings of the Petrograd Society of Naturalists. L. – 1918. – P. 20-37.
6. Polyansky Yu. S. Parasitic ciliates from the stomach of Goral / Yu. S. Polyansky, V. A. Solovyova // Bulletin of the University of Leningrad. – 1959. – № 15. – P. 27-30.
7. Cunha A. M. Contribution to the knowledge of ciliata parasitic in Mammalia of Brazil A. M. Cunha, J. da Muniz // Sciencia med. – 1925. – P. 740-747.
8. Kofoid C. A. Ciliates from Bos indicus Linn. I. The genus Entodinium Stein / C. A. Kofoid, R. F. MacLennan // Univ. Calif. Pub. Zool. – 1930. – P. 471-544.
9. Sladeczek F. Ophryoscolecidae z bachoru jelena (*Cervus elaphus L.*), danka (*Dama dama L.*) a srnce (*Capreolus capreolus L.*) / F. Sladeczek // Vest. Ceskosl. Zool. Spol. – 1946. – P. 201-231.
10. Dogel V. A. Notes on the fauna of the ciliates inhabiting the stomach of the Northern Deer / V. A. Dogel // Proceedings of the Arctic Institute. L. – 1935. – P. 143-148.
11. Kubikova M. Infusorien aus dem Pausen von Cervus elaphus L. / M. Kubikova // Zool. Anz. – 1935. – № 111. – P. 175-177.

12. Westerling B. Rumen ciliate fauna of semi-domestic reindeer (*Rangifer tarandus L.*) in Finland: composition, volume and some seasonal variations / B. Westerling // Acta zool. fenn. – 1970. – № 1. – P. 1-76.
13. Lubinsky G. Ophryoscolecidae (*Ciliata, Entodiniomorphida*) of reindeer (*Rangifer tarandus L.*) from Canadian Arctic / G. Lubinsky // Can. J. Zool. – 1958. – P. 819-825.
14. Imai S. Guirong. Rumen ciliate protozoal fauna of reindeer in inner Mongolia, China / S. Imai, Y. Oku, T. Morita, K. Ike // J. Vet. Med. Sci. – 2004. – P. 209-212.
15. Kornilova O. A. Biostoles of the caballus caballus intestines (*Equus Caballus*), Kosuli stomach (*Capreolus Pygargus*) and Northern Deer (*Rangifer Tarandus*) of the taiga zone of Siberia / O. A. Kornilova, N. P. Fedorova, G. N. Machakhtyrov, L. G. Baymakova // Functional morphology, ecology and animal life cycles. – 2004. – Issue. 4. – P. 55-63.
16. Kornilova O. A. Endobiontic cammodic infusoria: abstract of dis. ... doctors of biological sciences: 03.00.33, 03.00.08 / Zool. Institute of RAS. – St. Petersburg, 2006. – 46 p.
17. Macchakhtrov G.N. Ecological and physiological features of the adaptation of the northern deer in the conditions of the taiga zone of Yakutia: abstract dis. ... candidate of biological sciences: 03.00.13 / Yakut. state. S.-Kh. Acad. – Yakutsk, 2006. – 18 p.
18. Korchagina T. A. Infusor fauna of different departments of the stomach of the northern deer (*Rangifer Tarandus L.*) of the tundra zone of the Chukotka Autonomous Okrug / T. A. Korchagin, S. F. Likhachev // Bulletin of the Tyumen State University. – № 6.-2013. – P. 64-70.

Г. Я. Брызгалов, Л. С. Игнатович

Биометрические характеристики живой массы в популяциях северных оленей восточной Арктики и Субарктики

Аннотация.

Цель: изучение биометрических данных о живой массе и их значимости для искусственного отбора в популяциях северных оленей (*Rangifertarandus L.*).

Материалы и методы. Использована информация из годовых отчетов оленеводческих хозяйств Севера Дальнего Востока. Применялись общепринятые в зоотехнических исследованиях методы вариационной статистики. Определены экстремальные (Lim) и средние значения (M) признака, доверительные границы генеральной средней ($M \pm t \cdot m$), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv), границы крайних классов варьирования признака ($M \pm 2\sigma$). Установлены ассоциации живой массы половозрастных групп в популяциях северных оленей путем вычисления коэффициентов корреляции (r) и прямой линейной регрессии (b).

Результаты. Сводный коэффициент корреляции ($R_{св}$), отражающий уровень прямой линейной связи живой массы телят с массой маток и производителей, составил $\approx 0,7$, что относится к степени тесной зависимости. С помощью уравнения регрессии ($y=a+bx$) рассчитали прогнозируемую среднюю величину живой массы молодняка по средней живой массе важенки. Данные позволяют установить порог отбора племенных животных с целью получения потомства с заданной величиной признака. В проведенном исследовании нивелировано влияние на живую массу сезона, года, ареала, хозяйства. Установлено, что на протяжении ряда поколений живая масса – устойчивый фенотипический признак. Биометрические данные о живой массе, как количественном признаке, косвенно отражают состояние и движение групповой генетической информации в популяциях оленей Крайнего Северо-Востока России.

Ключевые слова: северный олень, популяция, половозрастная группа, живая масса, биометрические данные, корреляция, регрессия, отбор.

Авторы:

Брызгалов Г. Я. — e-mail: litvinuga@mail.ru;

Игнатович Л. С. — e-mail: kadr_niish@mail.ru.

Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». Россия, 685000, Магадан, ул. Пролетарская, 17.

Введение. Северный олень (*Rangifer tarandus L.*) — единственный вид сельскохозяйственных животных, ареал которого представляют бедные растительными ресурсами арктические и субарктические тундры, непригодные для содержания домашнего скота.

Олени постоянно находятся на пастбище, под влиянием хронического экологического стресса, без компенсирующего кормления. В таких условиях природные факторы оказывают экстремальное воздействие на реализацию генетического потенциала животного [1-3].

В селекционной и хозяйственной оценке северных оленей живая масса считается ключевым фенотипическим признаком, поскольку в значительной мере влияет на их мясную, пантовую, кожно-меховую и рабочую продуктивность [4, 5]. Живая масса относится к количественным признакам, имеет полигенную природу, аддитивный характер наследования, детерминирована генотипом и реализуется в фенотип во взаимодействии

с паратипическими факторами [6].

Если среднее средовое отклонение признака в целом для популяции принимается как равное нулю, то среднее генотипическое значение признака в популяции. Понятие популяционного среднего может быть одинаково отнесено и к фенотипическому, и к генотипическому значению. Использование среднего фенотипического значения количественного признака популяции является наилучшей оценкой средней генотипической ценности популяции. Популяционная средняя величина признака характеризует не только фенотипический уровень, но и генотипический уровень признака в ряде поколений при сохранении факторов среды [7,8].

Живая масса оленей имеет высокую вариабельность по сезонам года, в различные годы, у отдельных животных, по стадам и популяциям [1, 4]. В оленеводческих хозяйствах происходит постоянное движение поголовья. Для профилак-

тики инбридинга, интродукции новых генов осуществляется обмен самцами между стадами, межхозяйственная купля-продажа племенных животных, плановая реализация оленей на мясо, нарождается молодняк.

Часть особей элиминируется из оленьих стад в результате выбраковки: по возрасту, ветеринарным показаниям, данным бонитировки, возросшим требованиям к качеству племенных и товарных животных. Ежегодно непроизводительный отход оленей составляет до 20 % оборота стада из-за гибели животных от болезней, экстремальных природных явлений, хищных зверей и птиц, «потерь без вести»; при этом убыль самцов в 2-3 раза больше, чем самок. Мигрирующие дикие северные олени заходят в стада оленеводческих хозяйств и спариваются с домашними самками. Все названные факторы в совокупности оказывают существенное воздействие на состояние аллелофонда и генетическую структуру сельскохозяйственных популяций, а следовательно, и на фенотип северного оленя.

К этому необходимо добавить значительное влияние средовых факторов на генофонд домашних оленей [1, 4, 8].

Биометрические характеристики живой массы в популяциях оленей Крайнего Северо-Востока России изучены недостаточно, что не позволяет использовать их в практике селекционно-племенной работы. В связи с актуальностью, **целью** нашей работы явилось исследование вариационно-статистических показателей живой массы северных оленей как основного селекционного признака, определяющего продуктивность этого вида сельскохозяйственных животных.

Материалы и методы. В работе использована зоотехническая информация о живой массе северных оленей из годовых отчетов сельхозпред-

приятий Магаданской области, Чукотского и Корякского автономных округов. В исследования вовлечены данные всех 50 хозяйств по разведению оленей с выходным поголовьем ≈ 800 тыс. особей (генеральная совокупность).

Для изучения взята живая масса реализованных на мясо животных, рассчитанная как средняя арифметическая за 10 лет по каждой половозрастной группе. Ежегодно в среднем в одном хозяйстве шло на реализацию ≈ 3500 голов, в целом по Северо-востоку ≈ 175 тыс. Все туши проходили через весы, СХП вели индивидуальный учет. С целью нивелирования сезонных и годовых флуктуаций живой массы использованы сведения по реализации оленей в 4-м квартале каждого года в период стабильного развития отрасли. Номенклатура половозрастных групп, принятая в северном оленеводстве: важенки – самки старше 2 лет, нетели – самки от 1,5 до 2-х лет, телята – самцы и самки 5-6 месяцев, бычки – самцы от 1 до 2-х лет, третьяки – самцы от 2 до 3-х лет, быки – самцы старше 3-х лет.

В процессе изучения динамики средне популяционных значений живой массы северных оленей применили общепринятые в зоотехнических исследованиях биометрические показатели и методы их расчета: экстремальные значения (Lim), амплитуду колебания ($M_{max} - M_{min}$), среднее значение ($M \pm m$), доверительные границы генеральной средней ($M \pm t_{um}$ при $P > 0,95$ и $t = 2,0$), среднее квадратическое отклонение ($\sigma \pm m_{\sigma}$), коэффициент вариации ($Cv \pm m_{Cv}$), границы крайних классов варьирования признака ($M \pm 2\sigma$), показатели репрезентативности выборочных совокупностей (m_i) [9].

Для выявления зависимости между живой массой половозрастных групп оленей определяли коэффициенты корреляции (r) и прямолинейной

Таблица 1. Статистические показатели популяционных значений живой массы (кг) у оленей Северо-Востока ($n=50$ популяций)

| Стат. показатель | Половозрастная группа оленей | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Важенки | Нетели | Телята | Бычки | Третьяки | Быки |
| Lim | 80-101 | 64-85 | 41-61 | 69-88 | 88-111 | 106-138 |
| $M_{max} - M_{min}$ | 21 | 21 | 20 | 19 | 23 | 32 |
| $M \pm m$ | 91,1 \pm 0,68 | 72,5 \pm 0,55 | 49,5 \pm 0,74 | 77,6 \pm 0,69 | 97,2 \pm 0,81 | 119,3 \pm 1,14 |
| $M \pm t * m$ | 89,7-92,4 | 71,4-73,6 | 48,1-51,0 | 76,2-79,0 | 95,5-98,8 | 117,0-121,6 |
| $\sigma \pm m_{\sigma}$ | 4,82 \pm 0,482 | 3,89 \pm 0,389 | 5,23 \pm 0,523 | 4,92 \pm 0,492 | 5,71 \pm 0,571 | 8,07 \pm 0,807 |
| $Cv \pm m_{Cv}$ | 5,3 \pm 0,53 | 5,4 \pm 0,54 | 10,6 \pm 1,06 | 6,3 \pm 0,63 | 5,9 \pm 0,59 | 6,8 \pm 0,68 |
| $M \pm 2\sigma$ | 81-101 | 64-80 | 40-60 | 68-87 | 86-109 | 103-135 |
| $M \pm 3\sigma$ | 76-106 | 59-83 | 35-65 | 63-93 | 80-114 | 95-143 |

регрессии (b) между признаками. Коэффициент корреляции вычисляли по Пирсону.

С помощью уравнения регрессии ($y=a+bx$) рассчитали прогнозируемую (теоретическую) величину живой массы половозрелых групп оленей по живой массе важенок. Сводный коэффициент корреляции между живой массой телят, важенок и быков $R_{св}$ рассчитан по формуле [9].

Коэффициент корреляции (rs) между значением признака в смежные временные отрезки использован как показатель повторяемости, что соответствует более точному показателю (r_s^2) (Плохинский Н. А., 1969).

Результаты и обсуждение. Анализ эмпирических данных показал, что средняя живая масса в популяциях оленей Северо-Востока – относительно стабильный во времени фенотипический признак. Коэффициент вариации (Cv) живой массы у взрослых особей флуктуировал от 5,3 % до 6,8 %, а наиболее вариабельный показатель выявлен среди молодняка текущего года рождения –10,6 % (табл. 1).

Амплитуда колебания ($M_{max} - M_{min}$), выра-

женная в процентах от среднего значения признака половозрастной группы, наибольшей оказалась у телят (40,4 %), затем нетелей (29 %), быков (26,8 %), важенок (23 %), что указывает на более существенный потенциал отбора у молодых животных.

Параметры изменчивости признака в популяциях оленей свидетельствуют об относительной выравненности поголовья олених стад по живой массе, что, вероятно, связано с отбором, который в оленеводстве носит характер стабилизирующего отбора [4, 10].

Среднее квадратическое отклонение (σ) у важенок, нетелей, бычков, телят находилось в пределах \approx 4-5 кг, быков \approx 6-8 кг, что говорит об умеренной вариабельности признака.

Исследование показателей средней живой массы половозрелых групп позволяет определить селекционный потенциал животных в популяциях оленей в существующих экологических условиях ареалов и типе кормления и содержания (табл. 1).

Для важенок это 101 кг, нетелей – 85, телят

Таблица 2. Корреляция и регрессия живой массы половозрелых групп в популяциях домашних северных оленей

| Коррелирующие пары | Коэффициент корреляции, $r \pm m_r$ | Коэффициент регрессии, b | Уравнение регрессии, $y = a+bx$ |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Важенки-телята | 0,706 \pm 0,071 | 0,767 | 0,767x - 20,295 |
| Важенки-нетели | 0,700 \pm 0,072 | 0,564 | 21,14+0,564x |
| Важенки-бычки | 0,661 \pm 0,080 | 0,674 | 16,176+0,674x |
| Важенки-третьяки | 0,560 \pm 0,097 | 0,664 | 36,714+0,664x |
| Важенки-быки | 0,710 \pm 0,070 | 1,188 | 11,108+1,188x |
| Быки-телята | 0,559 \pm 0,097 | 0,362 | 6,318+0,362x |
| Быки-нетели | 0,502 \pm 0,106 | 0,242 | 43,683+0,242x |
| Быки-бычки | 0,634 \pm 0,085 | 0,386 | 31,495+0,386x |
| Быки-третьяки | 0,597 \pm 0,091 | 0,423 | 46,733+0,423x |

Таблица 3. Прогнозируемая живая масса половозрелых групп оленей по данным о живой массе важенок

| Живая масса важенок, кг | Живая масса половозрелых групп оленей, кг | | | | |
|-------------------------|---|--------|-------|----------|-------|
| | Телята | Нетели | Бычки | Третьяки | Быки |
| 80, 0 | 41 | 66,3 | 70,1 | 89,8 | 106,1 |
| 85, 0 | 44,9 | 69,1 | 73,5 | 93,1 | 112,1 |
| 90, 0 | 48,7 | 71,9 | 76,9 | 96,4 | 118 |
| 95, 0 | 52,5 | 74,7 | 80,2 | 99,8 | 124 |
| 100, 0 | 56,4 | 77,6 | 83,6 | 103,1 | 129,9 |
| 105, 0 | 60,2 | 80,4 | 87 | 106,4 | 135,8 |
| 110, 0 | 64 | 83,2 | 90,4 | 109,7 | 141,8 |
| 115, 0 | 67,9 | 86 | 93,7 | 113 | 147,7 |
| 120, 0 | 71,7 | 88,8 | 97,1 | 116,4 | 153,7 |

– 61, бычков – 88, третьяков – 111, быков – 138 кг, что практически соответствует требованиям высших бонитетов для оленей чукотской породы. Амплитуда изменчивости показателей живой массы в популяциях у важенок – 21 кг, быков – 32 кг представляет собой потенциальный ресурс по созданию значительного селекционного дифференциала (SD) при обмене аллелофондом между стадами и хозяйствами.

Изложенная в таблице 1 статистическая информация позволяет идентифицировать популяции с низким значением живой массы. Оленям в СХП, где живая масса ниже среднего уровня: у важенок менее 90 кг, третьяков менее 97 кг и быков менее 119 кг, а это 50 % всех оленеводческих хозяйств, необходимо улучшение продуктивных качеств за счет совершенствования селекционно-племенной работы, оптимизации кормления и содержания животных. Популяции, где значение средней живой массы важенок – 100 кг и более, быков – 130 кг и выше, что соответствует требованиям класса элита для оленей чукотской породы (10 % от числа всех хозяйств), должны максимально использоваться в качестве племенных животных для менее продуктивных стад [5].

Вариационно-статистический показатель $M \pm 2\sigma$ определяет границы крайних классов варьирования признака, за пределами которых особи чаще всего оказываются менее приспособленными по сравнению с теми, которые располагаются в зоне $\pm 2\sigma$ от средней величины признака.

Устранение из популяции особей крайних классов варьирования происходит под воздействием естественного отбора, особенно в неблагоприятной для жизнедеятельности среде [10]. Так, в жестких условиях зимнего содержания, скудного и неполноценного питания северных оленей естественный отбор устраняет как мелких и слабых особей, так и крупных, которые не могут обеспечить себя достаточным количеством корма [1, 11]. Сведения из таблицы 1 подтверждают данный постулат, поскольку экстремумы значений живой массы (Lim) и границы крайних

классов варьирования признака ($M \pm 2\sigma$) у большинства половозрастных групп оленей практически совпадают. А закономерность нормального распределения такова, что 99,7 % всех членов любой совокупности находятся в границах варьирования $M \pm 3\sigma$ [9].

Определенное практическое значение для использования в селекционных целях имеют коэффициенты корреляции и прямолинейной регрессии живой массы половозрастных групп в популяциях северных оленей [9, 11, 12].

Из таблицы 2 следует, что зависимость между группами животных значительная. Коэффициенты корреляции живой массы флуктуируют по уровню величины связи – от средней ($r_1 = 0,502$) до сильной ($r_1 = 0,710$). Фенотипы (генотипы) маток и производителей в популяциях оленей детерминируют живую массу нарождающегося приплода. Влияние фенотипа важенок (матерей) на формирование главного хозяйственного и селективного признака у молодняка в популяциях оленей заметно сильнее, чем быков-производителей.

Коэффициент корреляции важенок с телятами, нетелями и бычками, составляющий $r_1 = 0,706$, $r_2 = 0,700$ и $r_3 = 0,661$ весомее, чем у хоров: $r_6 = 0,559$, $r_7 = 0,502$ и $r_8 = 0,634$, соответственно (табл. 2).

Хотя влияние производителей на формирование генофонда популяции должно быть более значительным, чем маток, поскольку полигамия в стадах северных оленей поддерживается на уровне 1 производитель на 15 маток. Наблюдаемое различие в уровне корреляции можно объяснить влиянием материнского организма на формирование плода в эмбриональный период, рост и развитие теленка в постнатальный (молочный) период. Сводный коэффициент корреляции, отражающий уровень прямой линейной связи живой массы молодняка с живой массой важенок и быков-производителей, составил $R_{cb} \approx 0,7$, что относится к степени сильной зависимости [9].

Данные о совокупном влиянии фенотипов важенок и быков на живую массу потомства сви-

Таблица 4. Повторяемость живой массы в смежные временные промежутки в популяциях оленей Северо-Востока

| Коррелирующие пары | Коэффициент корреляции, r | Коэффициент повторяемости, r_s^2 |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Телята-нетели | 0,526 | 0,276 |
| Телята-бычки | 0,581 | 0,337 |
| Телята-третьяки | 0,352 | 0,124 |
| Бычки-третьяки | 0,726 | 0,527 |
| Третьяки-быки | 0,793 | 0,629 |

детельствуют о существенном влиянии племенных животных на совокупный фенотип в популяциях домашних северных оленей. Считается, что в оленеводстве имеет место значительная зависимость между живой массой родителей и молодняка. Следовательно, необходимо уделять большое внимание отбору племенных маток и производителей, оставляемых для воспроизводства стада [12-20].

Коэффициент прямолинейной регрессии позволяет установить динамику живой массы одной половозрастной группы при изменении другой на единицу [9]. С помощью уравнения регрессии по среднему значению живой массы важенок или быков в данной популяции реально рассчитать прогнозируемую величину живой массы других половозрастных групп. Так, если известна средняя живая масса важенок в стаде, то по соответствующим уравнениям (табл. 2) легко определить ожидаемую массу телят, нетелей, бычков, третьяков и быков (табл. 3).

По данным таблицы 3 можно установить порог отбора племенных животных с целью получения потомства с заданной величиной признака. В частности, чтобы телята в возрасте 5-6 мес. имели живую массу 50 кг, в случку необходимо пустить важенок живой массой свыше 90 кг. Чтобы получить телят живой массой 56 кг, матки должны быть весом не менее 100 кг. Из таблицы 3 следует, что телят и быков высших бонитетов можно получить только от элитных важенок с живой массой 100 кг и более.

Коэффициент корреляции (r_s) между значением признака в смежные временные отрезки используется как показатель повторяемости, что соответствует более точному показателю r_s^2 [21].

Коэффициент повторяемости является показателем генетического разнообразия и мерой верхнего предела коэффициента наследуемости, включает в себя генетическую и средовую вариации [11]. Считается, что если $r_s^2 < 0,4$, то коэффициент повторяемости низкий, при $r_s^2 = 0,5-0,6$ — средний и при $r_s^2 \geq 0,7$ — высокий.

Корреляция живой массы телят в возрасте 5-6 мес. с нетелями и бычками (временной промежуток 1 год) составила 0,526 и 0,581, что соответствует коэффициенту повторяемости $r_s^2 = 0,276$ и $r_s^2 = 0,337$ и относится к низкому уровню (табл. 4).

Это означает, что доля действия факторов, общих для двух смежных промежутков времени, составляет для телят-нетелей и телят-бычков 27,6 % и 33,7 %, соответственно, от действия всех факторов, определивших уровень развития жи-

вой массы у оленей в изученных группах. Общие факторы возрастных изменений признака составляли около трети от всей суммы действовавших причин.

С увеличением промежутка времени до 2 лет (телята-третьяки) коэффициенты корреляции и повторяемости живой массы уменьшились соответственно до $r_s = 0,352$ и $r_s^2 = 0,124$, что указывает на слабые возможности раннего отбора.

В смежные возрастные промежутки продолжительностью 1 год: бычки-третьяки и третьяки-быки коэффициенты корреляции и повторяемости увеличились до уровня: $r_s = 0,726$ и $r_s^2 = 0,527$ и $r_s = 0,793$ и $r_s^2 = 0,629$, соответственно. Это указывает на рост потенциала прогнозирующего отбора в данные возрастные периоды. Полученная информация согласуется с ранее известными данными о возрастной повторяемости живой массы северных оленей [14, 22].

Заключение. Живая масса имеет ключевое значение как хозяйственно-полезный признак в северном оленеводстве. Поэтому необходимы исследования генетических особенностей и закономерностей фенотипической изменчивости признака в популяциях оленей Крайнего Севера. В проведенном исследовании нивелировано влияние на живую массу сезона, года, ареала, хозяйства. Установлено, что на протяжении ряда поколений живая масса — устойчивый фенотипический признак. Биометрические данные о живой массе, как количественном признаке, косвенно отражают состояние и движение групповой генетической информации в популяциях оленей Крайнего Северо-Востока России.

Ранее выполненные нами исследования показали, что сельскохозяйственные популяции северных оленей находятся в состоянии генетического равновесия (благодаря стабильному содержанию, свободному скрещиванию и большому количеству самцов) [16, 20].

В северном оленеводстве селекционно-племенная работа может быть эффективнее, если ее проводить с учетом фенотипа важенок, поскольку влияние матерей на фенотип стада сильнее, чем быков (хоров). Теленок в возрасте до 1 года всегда следует за матерью, и есть возможность оценивать маток по качеству потомства, молодняка — по бонитировочному классу родителя, а разведение оленей вести по семействам.

Полученная биометрическая информация позволит более полно использовать потенциал оленей Крайнего Северо-Востока в селекционных целях, форсировать отбор, повысить уровень племенной работы в оленеводстве.

Литература

1. Баскин Л. М. Северный олень. Экология и поведение. — Москва: Наука, 1970. — 150 с.
2. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях. / Под ред. Алтухова Ю. П. — М.: Наука, 2004. — 2004. — 619 с.
3. Шилов И. А. Популяционный гомеостаз / И. А. Шилов // Зоологический журнал. — 2002. — Т.81. — № 9. — С. 1029-1047.
4. Южаков А. А. Ненецкая аборигенная порода северных оленей / ГУП ЯНАО. — Салехард: Красный Север, 2006. — 160 с.
5. Инструкция по бонитировке северных оленей. — Новосибирск. — 1988. — 20 с.
6. Шилер Р., Вахал Я., Винш Я. Селекция в животноводческой практике. / Пер. с чеш. Мирошниченко Г. Н. — Москва: Колос, 1981.—220 с.
7. Фолконер Д. С. Введение в генетику количественных признаков. / Пер. с англ. Креславского А. Г., Черданцева В. Г. — Москва: Агропромиздат, 1985. — 486 с.
8. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях / 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. — 431 с.
9. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. — Москва: «Колос», 1970. — 422 с.
10. Шмальгаузен И. И. Пути и закономерности эволюционного процесса. Избранные труды. — Москва: Наука, 1983. — 360 с.
11. Меркурьева Е. К., Абрамова З. В., Бакай А. В. Генетика. — Москва: Агропромиздат, 1991. — 446 с.
12. Брызгалов Г. Я. Селекционно-племенная работа в северном оленеводстве (к смене парадигмы развития) / Г. Я. Брызгалов, Л. С. Игнатович // Генетика и разведение животных. — 2021. — №4. — С. 36-44.
13. Деряженцев В. И. Наследуемость и коррелятивные связи некоторых хозяйственно-полезных признаков северных оленей / В. И. Деряженцев, К. Г. Шифнер // Труды МЗНИИСХ СВ. — Вып. VII. — 1978. — С. 4 -11.
14. Южаков А. А. Особенности наследования живой массы у домашних северных оленей / А. А. Южаков // Зоотехния. — 2005. — №6. — С. 11-12.
15. Скуридин Г. М. Идентификация генотипа по фенотипу с помощью корреляций признаков / Г. М. Скуридин, С. Ф. Коваль // Информационный вестник ВОГ и А. — 2002. — №19. — С. 1-8.
16. Брызгалов Г. Я. Высокопродуктивный тип северных оленей Возрождение / Г. Я. Брызгалов // Зоотехния. — 2017. — № 11. — С. 27-30.
17. Бороздин Э. К. Проблемы генетики в северном оленеводстве / Э. К. Бороздин, А. Д. Мухачев, Л. Ф. Савадерева // Совершенствование технологии и повышение экономической эффективности северного оленеводства / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. МЗНИИСХ СВ. — Новосибирск, 1988. — С. 45-49.
18. Южаков А. А. Хозяйственное использование и экотипы северных оленей ненецкой породы / А. А. Южаков, А. Д. Мухачев, П. Н. Шубин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 1994. — №1-2. — С. 53-58.
19. Владимиров Л. Н., Решетников И. С., Роббек В. А. Научные аспекты возрождения оленеводства. — Якутск. — 2005.— 336 с.
20. Брызгалов Г. Я. Генетическая характеристика популяций северных оленей племенных предприятий Чукотского автономного округа / Г. Я. Брызгалов, С. Б. Кустова // Генетика и разведение животных. — 2019. — №3. — С. 3-10.
21. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. — М.: «Колос», 1969. — 256 с.
22. Брызгалов Г. Я., Пивнев Н. Т. Повышение продуктивности северных оленей в приохотской зоне Северо-востока путем скрещивания. Методические рекомендации. — Магадан, 1989. — 24 с.

Bryzgalov G., Ignatovich L.

Biometric Characteristics of Live Weight in Reindeer Populations of the Eastern Arctic and Subarctic

Abstract.

Purpose: the study of biometric data on live weight and their significance for artificial selection in the population of the northern deer (*Rangifertarandus L.*) ..

Materials and methods. Information was used from annual reports of reindeer herding of the North of the Far East. The methods of variation statistics that are generally accepted in zootechnical research were applied. Extreme (LIM) and average values (M) of the sign, trust boundaries of the general average ($M \pm t \cdot m$), the average square deviation (σ), the coefficient of variation (CV), the boundaries of the extreme class variation ($M \pm 2\sigma$) are determined. Associations of a live mass of sexual age groups in the population of the northern deer were established by calculating the correlation coefficients (R) and rectilinear regression (B).

Results. The consolidated correlation coefficient (RSV), reflecting the level of direct linear connection of the live weight of calves with a mass of uterus and manufacturers, was ≈ 0.7 , which relates to the degree of close dependence. Using the regression equation ($y = a+bx$) calculated the predicted average size of the live weight of young animals in the average live weight of the importance. The data allow you to establish the threshold of selection of tribal animals in order to obtain offspring with a given value of the sign. In the study, the impact on the live mass of the season, year, range, and farms is leveled. It was established that throughout the generations a living mass is a stable phenotypic sign. Biometric data on live weight, as a quantitative attitude, indirectly reflect the state and movement of group genetic information in the populations of deer of the Far North-East of Russia.

Key words: northern deer, population, sexual age group, live mass, biometric data, correlation, regression, selection.

Authors:

Bryzgalov G. – e-mail: litinuga@mail.ru;

Ignatovich L. – e-mail: kadr_niish@mail.ru.

Magadan Research Institute of Agriculture; 685000, Russia, Magadan, st. Proletarskaya, 17.

References

1. Baskin L.M. Northern deer. Ecology and behavior. – Moscow: Science, 1970. – 150 p.
2. The dynamics of population gene pools for anthropogenic influences. / Ed. Altukhova Yu. P. // M.: Science. – 2004. – 619 p.
3. Shilov I. A. Population homeostasis / I. A. Shilov // Zoological Journal. – 2002. – Vol. 81. – № 9. – P. 1029-1047.
4. Yuzhakov A. A. Nenetskaya Aboriginal breed of the northern deer / GUP Yanao. – Salekhard: Red North. – 2006. – 160 p.
5. The instructions for the bonitching of the northern deer. Novosibirsk. – 1988. – 20 p.
6. Schileber R., Vakhil Ya., Vinsh Ya. Selection in livestock practice. / Per. With Czech. Miroshnichenko G. N. // Moscow: Kolos. – 1981. – 220 p.
7. Folkonder D.S. The introduction of quantitative features into the genetics. / Per. from English. Kilovsky A. G., Cherdantseva V. G. // Moscow: Agropromizdat. – 1985. – 486 p.
8. Altukhov Yu.P. Genetic processes in populations / 3rd ed., Refined. and add. – M.: ICC "Academic Committee", 2003. – 431 p.
9. Merkuryeva E.K. Biometry in the selection and genetics of agricultural animals. – Moscow: "Kolos", 1970. – 422 p.
10. Schmalgauzen I. I. Paths and the laws of the evolutionary process. Selected works. – Moscow: Science, 1983. – 360 p.
11. Merkuryeva E.K., Abramova Z. V., Bakai A.V. Genetics. – Moscow: Agropromizdat, 1991. – 446 p.

12. Bryzgalov G. Ya. Breeding work in the northern reindeer herder (to change the development paradigm) / G. Ya. Bryzgalov, L. S. Ignatovich // Genetics and breeding of animals. – 2021. – № 4. – P. 36-44.
13. Deryazhenetsev V. I. The inheritance and correlation ties of some household and useful features of the northern deer / V.I. Deryazhentsev, K. G. Schifner // Proceedings of Mnyshk St. – Popp. VII. – 1978. – P. 4-11.
14. Yuzhakov A.A. Features of the inheritance of live weight in the domestic northern deer / A. A. Yuzhakov // Zootechnia. – 2005. – № 6. – P. 11-12.
15. Skuridin G. M. Identification of the genotype by phenotype using the correlations of the features / G. M. Skuridin, S. F. Koval // Information Bulletin of the VOG and A. – 2002. – № 19. – P. 1-8.
16. Bryzgalov G. Ya. Highly productive type of northern deer Renaissance / G. Ya. Bryzgalov // Zootechnia. – 2017. – № 11. – P. 27-30.
17. Borozdin E.K. Problems of genetics in the northern reindeer husbandry / E.K. Borozdin, A. D. Mukhachev, L.F. Savaderov // Improving the technology and increasing the economic efficiency of the northern reindeer husbandry / Vaskhnil. Sib. Department. Mnyshk St. - Novosibirsk. – 1988. – P. 45-49.
18. Yuzhakov A.A. Economic use and ecotypes of the northern deer of the Nenets breed / A. A. Yuzhakov, A. D. Mukhachev, P. N. Shubin // Siberian Bulletin of Agricultural Science. – 1994. – № 1-2. – P. 53-58.
19. Vladimirov L. N., Reshetnikov I. S., Robbek V. A. Scientific aspects of the revival of reindeer husbandry. – Yakutsk. – 2005. – 336 p.
20. Bryzgalov G. Ya. Genetic characteristics of the populations of the northern deer of tribal enterprises of the Chukotka Autonomous Okrug / G. Ya. Bryzgalov, S. B. Kustov // Genetics and breeding of animals. – 2019. – № 3. – P. 3-10.
21. Pagokhinsky N. A. Guide to biometrics for zootechnics. – M.: Kolos, 1969. – 256 p.
22. Bryzgalov G. Ya., N. Pivnev, an increase in the productivity of the northern deer in the Prihotsky zone of the northeast by crossing. Guidelines. – Magadan, 1989. – 24 p.

З. Л. Федорова, А. Б. Вахрамеев

Влияние массы инкубационных яиц на показатели роста живой массы выведенного молодняка кур и качество их яиц

Аннотация.

Цель: определение влияния массы инкубационных яиц на рост и развитие вылупившихся цыплят и на качество полученных от них яиц у кур пушкинской породы.

Материалы и методы. Материалом для проведения исследования послужили куры пушкинской породы, в количестве 70 гол. 52 недельного возраста и их потомки, используемые в дальнейшем в воспроизводстве (85 ♀ и 28 ♂). Птица содержалась в индивидуальных клетках. Условия содержания и кормления – согласно нормам, принятым в биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур». Непосредственно перед инкубацией было оценено по массе 340 шт. инкубационных яиц, затем проведено взвешивание выведенных цыплят в возрасте 2, 4, 6, 8, 10, 12 недель. В зависимости от массы инкубационного яйца матерей и пола цыплёнка полученные данные были распределены на три группы: I группа (легкая) $\leq M-0,5\sigma$ ($<63,7$ г-♀ и $<65,14$ г-♂), III группа (тяжелая) $\geq M+0,5\sigma$ ($>68,2$ г-♀ и $>70,07$ г-♂), яйца с промежуточной массой отнесены к «средней» – II группе. В возрасте 35 недель проведена оценка яиц, полученных от дочерей опытных групп.

Результаты. Было отмечено, что между массой инкубационных яиц и массой суточных цыплят высокие коэффициенты корреляции: у кур $r=0,85$, у петухов $0,95$ ($P<0,001$). Средняя живая масса в суточном возрасте по группам достоверно отличалась. Достоверные отличия наблюдались как у кур, так и у петухов между I и III группами в возрасте 2, (P<0,05), 6, 8, 10, и 12 месяцев (P<0,01). Между I-II и II-III группами достоверных отличий по живой массе не наблюдалось. Достоверные различия наблюдались по массе снесённого яйца между I и II, I и III группами (P<0,01). По массе белка, желтка, скорлупы и по энергетической ценности яиц наивысшие показатели отмечены в III группе.

Заключение. Исследования показали, что масса яиц влияет не только на живую массу цыплят в суточном возрасте, но и на живую массу в более поздний период роста. Коэффициент наследуемости массы яиц (h^2) по матерям составил $0,701$ (P<0,001), а по отцам $0,389$ (P<0,01). Таким образом, можно увеличить мясную продуктивность, не снижая качество яиц у мясо-яичных пород кур, за счёт отбора инкубационных яиц большей массы.

Ключевые слова: куры, качество яиц, живая масса, цыплята, пушкинская порода кур, инкубация.

Авторы:

Федорова З. Л. — кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: zoya-fspb@mail.ru;

Вахрамеев А. Б. — e-mail: ab_poultry@mail.ru.

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; 196625, Россия, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55.

Введение. Параметры, характеризующие качество яиц, влияют на качество вылупившихся цыплят [1]. В число селекционных признаков, характеризующих мясных кур, включен процент выхода инкубационных яиц [2]. Яйца при этом оцениваются по ряду показателей, одним из которых является их масса. Селекционеры сходятся во мнении, что предпочтительнее использовать яйца средней массы для достижения хорошей выводимости кур, индеек, уток и страусов [3-5].

Масса яиц кур сильно колеблется. Для воспроизводства племенного стада используются яйца

массой в диапазоне 52-73 г [6]. В пищевой промышленности считается, что чем крупнее яйцо, тем больше в нём питательных веществ. По стандарту [7] пищевые яйца распределяются по весу на 5 категорий: высшая – более 75 г, отборная – 65-74,9 г, первая – 55-64,9 г, вторая – 45-54,9 г, третья – 35-44,9 г. Мелкие яйца, как правило, не пользуются высоким спросом. [8].

Многие авторы отмечают положительную взаимосвязь между массой инкубационного яйца и живой массой суточного цыплёнка [1, 9-11], однако имеется мало информации об исследованиях, в ко-

торых оценивается влияние размера массы яиц на дальнейшие показатели роста цыплят.

Цель исследований: определение влияния массы инкубационных яиц на рост и развитие вылупившихся цыплят и на качество полученных от них яиц у кур пушкинской породы.

Материалы и методы. Исследования проводились на курах пушкинской породы мясо-яичного направления продуктивности, выведенной и содержащейся во ВНИИГРЖ (биоресурсная коллекция «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур»). Порода утверждена в 2007 году с живой массой кур 2,2 кг, петухов 2,7 кг, с яйценоскостью 200 яиц за 60 недель жизни, средней массой – 61 г.

Исследование проведено для определения влияния массы инкубационных яиц на показатели роста цыплят, полученных от линии кур пушкинской породы, в которой ведётся работа по улучшению мясных качеств. В возрасте 52 недель, непосредственно перед инкубацией, было оценено по массе 340 шт. инкубационных яиц,

полученных от 70 кур, путем взвешивания на весах Digital Scale 200 g/0,01 g с точностью до $\pm 0,01$ г. Яйца были подписаны и заложены в инкубатор в индивидуальных ячейках, позволяющих на выводе идентифицировать цыплёнка. В день вывода проводилось индивидуальное крыломечение цыплят и взвешивание. В дальнейшем проводилась фиксация живой массы цыплят в возрасте 2, 4, 6, 8, 10, 12 недель с использованием электронного безмена WeiHeng S-45 с точностью до 1 г. Молодняк содержался в групповых секциях до 20-недельного возраста, затем птица высаживалась в индивидуальные клетки для учета яйценоскости и идентификации яиц.

Условия содержания и кормления – согласно нормам, принятым в биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур».

В зависимости от массы инкубационного яйца матерей и пола цыплёнка, полученные данные были распределены на три группы: I группа (легкая) $\leq M-0,5\sigma$ ($\leq 63,7$ г-♀ и $\leq 65,14$ г-♂), III

Таблица 1. Живая масса цыплят в зависимости от массы инкубационных яиц.

| Показатели | | Опытная группа | | |
|---|----|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | I | II | III |
| | | Масса яиц, г (вывод петушков) | | |
| | | $\leq M-0,5\sigma$ | $M(X)\pm 0,5\sigma$ | $\geq M+0,5\sigma$ |
| n | | 9 | 12 | 7 |
| Средняя масса инкубационных яиц, г | | 62,45 \pm 0,62 ^a | 67,56 \pm 0,53 ^c | 74,29 \pm 1,11 ^b |
| Живая масса петушков в суточном возрасте, г | | 43,70 \pm 0,67 ^a | 48,14 \pm 0,53 ^c | 54,20 \pm 1,12 ^b |
| Живая масса петушков, г | | | | |
| Возраст, нед. | 2 | 184,6 \pm 3,6 ^d | 190,4 \pm 6,5 | 195,1 \pm 3,2 ^e |
| | 4 | 452,2 \pm 9,9 | 458,3 \pm 12,4 | 460,9 \pm 17,6 |
| | 6 | 794,8 \pm 13,4 ^d | 817,7 \pm 14,7 | 863,4 \pm 26,3 ^e |
| | 8 | 1181,1 \pm 30,4 | 1178,8 \pm 28,1 | 1280,7 \pm 41,1 |
| | 10 | 1645,0 \pm 21,7 ^d | 1675,4 \pm 30,3 | 1751,4 \pm 44,9 ^e |
| | 12 | 2003,9 \pm 22,3 ^d | 2027,5 \pm 39,2 | 2135,0 \pm 56,9 ^e |
| Показатели | | Масса яиц, г (вывод курочек) | | |
| | | $\leq M-0,5\sigma$ | $M(X)\pm 0,5\sigma$ | $\geq M+0,5\sigma$ |
| n | | 32 | 26 | 27 |
| Средняя масса инкубационных яиц, г | | 61,37 \pm 0,38 ^a | 66,68 \pm 0,30 ^c | 72,89 \pm 0,65 ^b |
| Живая масса курочек в суточном возрасте | | 42,33 \pm 0,41 ^a | 46,96 \pm 0,37 ^c | 50,06 \pm 0,58 ^b |
| Живая масса курочек, г | | | | |
| Возраст, нед. | 2 | 159,9 \pm 3,8 ^d | 163,6 \pm 4,4 | 172,5 \pm 4,1 ^e |
| | 4 | 367,6 \pm 8,1 | 366,3 \pm 9,4 | 387,7 \pm 7,6 |
| | 6 | 630,3 \pm 10,5 ^a | 646,1 \pm 11,3 | 678,4 \pm 10,6 ^b |
| | 8 | 931,9 \pm 14,5 ^a | 954,4 \pm 17,0 | 1011,2 \pm 19,1 ^b |
| | 10 | 1242,2 \pm 15,4 ^a | 1248,2 \pm 26,5 | 1331,5 \pm 23,2 ^b |
| | 12 | 1481,2 \pm 17,3 ^a | 1507,0 \pm 28,9 | 1586,9 \pm 27,4 ^b |

Примечания: a,b; b,c; a,c (P<0,001); d,e (P<0,05).

группа (тяжелая) $\geq M+0,5\sigma$ ($\geq 68,2$ г-♀ и $\geq 70,07$ г-♂), яйца с промежуточной массой отнесены к «средней» – II группе. В математическую обработку вошли данные только от тех птиц, которые в дальнейшем использовались в воспроизводстве (85♀ и 28♂). В возрасте 35 недель проведена оценка массы и качественных характеристик яиц, полученных от дочерей опытных групп, по следующим показателям: масса яйца, желтка, белка, скорлупы (г), индекс формы (ИФ), упругая деформация (УД) (мкм), показатель плотности фракций яичного белка (ППФ) (град.), толщина скорлупы (ТС) и подскорлупной оболочки (ТПО) (мкм) [12], энергетическая ценность яйца (ЭЦ) (ккал) рассчитывалась математически по формуле:

$$E(КДж) = (16 * \text{масса желтка} + 2 * \text{масса белка}) / (\text{масса яйца} - \text{масса скорлупы}) * 100 \text{ [13].}$$

От каждой курицы исследовано в среднем по 3 яйца. Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTICA 10.0.

Коэффициент наследуемости h^2 вычислялся отношением факториальной дисперсии к общей SS_x/SS_y . Значение коэффициента «F» достоверности определялось отношением факториальной дисперсии к остаточной σ^2_x/σ^2_z .

Результаты и обсуждение. В результате исследований было отмечено, что между массой инкубационных яиц и массой суточных цыплят высокие коэффициенты корреляции: у кур $r = 0,85$, у петухов $0,95$ ($P < 0,001$). Полученные результаты сопоставимы с результатами других исследователей [9, 10, 14].

Средняя живая масса цыплят в суточном возрасте по группам достоверно отличалась (табл. 1).

Живая масса в суточном возрасте была выше у третьей группы по сравнению с первой у кур на 7,73 г. ($P < 0,001$), у петухов на 11,84 г. ($P < 0,001$). Что касается дальнейшего роста, то достоверные отличия наблюдались как у кур, так и у петухов между I и III группами в 2 ($P < 0,05$), 6, 8, 10 и 12-месячном возрастах ($P < 0,01$), в среднем на 5–8%, в пользу III группы. Между I–II и II–III группами достоверных отличий по живой массе не наблюдалось (табл. 1), но тенденция сохранялась.

В возрасте 12 недель живая масса кур и петухов, вылупившихся из яиц III группы, превосходила по живой массе птиц I группы на 6,7 % ($P < 0,01$) и 6,14 % ($P < 0,05$) и II группы на 6,14 % ($P < 0,05$) и 5,04 %, соответственно. Каких-либо различий в сохранности среди экспериментальных групп не наблюдалось.

Селекционеры избегают закладывать инкубационные яйца с высокой массой, однако, выбирая средние яйца и бракуя крупные, производитель снижает потенциал стада по мясной продуктивности и массе получаемого в дальнейшем яйца. В мясо-яичном производстве, которым занимаются, в основном, фермерские хозяйства, предпочитают содержать крупную птицу, от которой можно получить и крупное яйцо, и хорошую тушку. В таких хозяйствах целесообразно использовать для инкубации крупные яйца. Эффективная работа селекционера в птицеводстве зависит от знаний о взаимосвязях между различными продуктивными признаками. Важно, улучшая признак, по которому ведётся отбор особей, не ухудшить, а улучшить другие показатели. Чтобы избежать проблемы с выводом цыплят из крупных яиц, необходима корректировка режимов инкубации. Правильно подобранный режим инкубации, осно-

Таблица 2. Биофизические показатели яиц дочерей, выведенных из инкубационных яиц различной массы

| Биофизические показатели яиц | Группы | | |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | I (n=56) | II (n=66) | III (n=92) |
| Масса яиц, г | 59,08±0,64 ^a | 63,40±0,58 ^b | 64,13±0,47 ^b |
| Масса желтка, г | 15,79±0,14 ^{a,d} | 15,52±0,17 ^{a,e} | 16,19±0,13 ^b |
| Масса белка, г | 37,31±0,52 ^a | 41,60±0,51 ^b | 41,60±0,41 ^b |
| Показатель плотности фракций яичного белка, град. | 17,13±0,63 ^d | 17,36±0,46 ^e | 19,22±0,50 ^{d,e} |
| Индекс формы, % | 77,20±0,46 | 76,99±0,32 | 76,61±0,34 |
| Масса скорлупы, г | 5,98±0,11 ^a | 6,28±0,08 ^b | 6,35±0,06 ^b |
| Толщина скорлупы, мкм | 379,20±4,74 | 384,24±4,34 | 385,24±3,36 |
| Толщина подскорлупной оболочки, мкм | 33,47±1,55 | 32,35±1,27 | 34,92±1,20 |
| Упругая деформация, мкм | 19,28±0,43 | 18,90±0,29 | 19,93±0,41 |
| Энергетическая ценность яйца, ккал/1шт | 87,00±0,68 ^a | 87,98±0,80 ^a | 90,78±0,62 ^b |

Примечания: a,b; b,c; a,c ($P < 0,001$); d,e ($P < 0,05$).

ванный на массе яиц, способствует снижению отходо́в инкубации [12, 15, 16] и повышению генетического потенциала стада.

В возрасте 35 недель проведена оценка яиц полученных от дочерей опытных групп (табл. 2).

Коэффициент наследуемости массы яиц (h^2) по матерям составил 0,70 ($P < 0,001$), а по отцам 0,39 ($P < 0,01$). Высокое значение коэффициента наследуемости по матерям позволяет предположить значительную эффективность отбора по этому признаку. Значимый уровень наследуемости этого признака по отцам дает возможность считать, что можно создавать селекционные индексы по совместным показателям матерей и отцов.

Между опытными группами наблюдались значительные различия по биофизическим показателям яиц. Масса яиц кур-дочерей III группы на 5,06 г (7,88 %) превышала уровень I группы ($P < 0,01$) и на 0,73 г (1,13 %) – II группы. Превосходство по массе желтка составляло 0,67 (4,12 %) и 0,40 (2,49 %) в сравнении с I и II группами, соответственно. По массе белка, желтка и по энергетической ценности яиц наивысшие показатели отмечены в III группе. В сравнении с I и II группами превосходство по желтку составляло 0,67 г (4,12 %) и 0,40 г (2,49 %), по энергетиче-

ской ценности на 3,08 % и 4,16 %, соответственно ($P < 0,01$). По абсолютной массе белка I группа отличалась от III группы на 4,28 % ($P < 0,01$), по плотности белка наблюдались высоко достоверные отличия между всеми группами (табл. 2). Масса скорлупы яиц III группы, по сравнению с I группой, была тяжелее на 5,79 % ($P < 0,01$). Это важный показатель, так как он определяет прочность яичной скорлупы и запас минеральных веществ для питания эмбрионов в племенных яйцах. По таким показателям как индекс формы, толщина скорлупы, толщина подскорлупной оболочки, упругая деформация отличия имели те же тенденции, что и у выше названных, но разница была статистически недостоверна.

Заключение. Исследования показали, что масса яиц влияет не только на живую массу цыплят в суточном возрасте, но и на живую массу в более поздний период роста.

Коэффициент наследуемости массы яиц (h^2) по матерям составил 0,701 ($P < 0,001$) а по отцам 0,389 ($P < 0,01$).

Таким образом, можно увеличить мясную продуктивность, не снижая качество яиц у мясо-яичных пород кур, за счёт отбора инкубационных яиц большей массы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования РФ 121052600357-8 (0445-2021-0012).*

Литература

- Hristakieva P. Phenotypic correlations between the egg weight, shape of egg, shell thickness, weight loss and hatchling weight of turkeys / P. Hristakieva, M. Oblakova, N. Mincheva, M. Lalev, K. Kalia-sheva // Slovak j. Anim. Sci. – 2017(2). – V. 50. – P. 90-94.
- Буяров В. С. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы мясного направления продуктивности (обзор) / В. С. Буяров, Я. С. Ройтер, А. Ш. Кавтарашвили, И. В. Червонова, А. В. Буяров // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 3. – С. 30-38.
- Явуз А. Контроль массы яиц родительского бройлерного поголовья на поздней стадии производства / А. Явуз, А. Калиновский // Техническое пособие Ross – Контроль массы яиц родительского бройлерного поголовья. – 2014. – 8 с.
- Османиян А. Продуктивность и однородность цыплят, выведенных из калиброванных яиц / А. Османиян, Р. Еригина А. Герасимов, Ю. Рыльских // Птицеводство. – 2011. – № 4. – С. 21-22.
- Kebede Senbeta Ewonetu. Effect of Egg Weight on post-Hatch Performance of White Leghorn Chicken Breed from Day-old to Laying Age / Kebede Senbeta Ewonetu, Asefa Kasaye // Journal of Poultry Research – 2018. – 15(2). – P. 16-22.
- ОСТ 10 321 2003 «Яйца куриные инкубационные. Технические условия» / В. И. Фисинин, Л. Ф. Дядичкина, Р. В. Данилов, Н. С. Позднякова. – М.: Минсельхоз России, 2003. – 15 с.
- ГОСТ 31654-2012 Яйца куриные пищевые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 13с.
- Фисинин В. Качество пищевых яиц и здоровое питание / В. Фисинин, А. Штеле, Г. Ерастов // Птицеводство. – 2008. – №2. – С. 2-6.
- Abiola S. S. Effect of size on hatchability of broiler chicks / S. S. Abiola, O. Meshioye, B. O. Oyerinde, M. A. Bamgbose // Archiva Zootechnica. – 2008. – V. 57. – P. 83-86.

10. Egbeyale L. T. Effect of egg size and strain on growth performance of cockerel / L. T. Egbeyale, S. S. Abiola, O. M. Sogunle, M. O. Ozoje // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2011. – V. 2 (12). – P. 1445-1453.
11. Bassareh M. Effects of Egg Size and Different Levels of Humidity during Incubation Period on the Embryonic Development, Hatching Percentage and Chicks Yield of Broiler Breeder / M. Bassareh, V. Rezaeipour // Austin J Vet Sci & Anim Husb. – 2021. – № 8(1). – P. 1074.
12. Царенко П. П., Васильева Л. Т. Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы: учебное пособие. – СПб: Из-во "Лань", 2020. – 280 с.
13. Перинек О. Ю. Проблема повышения питательной ценности яиц и мяса кур и место генофондных пород в её решении / О. Ю. Перинек, И. Л. Гальперн, О. И. Станишевская, Ю. Л. Силукова // Генетика и разведение. – 2017. – № 3. – С.12-22.
14. Ayeni A. O. Effect of egg sizes on egg qualities, hatchability and initial weight of the hatched-chicks / A. O. Ayeni, J. O. Agbede, F. A. Igbasan, G. E. Onibi, M. Adegbenro // International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). – 2018. – Vol. 3. – Issue 3. – P. 987-993.
15. Стинский Е. Режимы инкубации / Е. Стинский // Животноводство России. – 2007. – № 5. – С. 25.
16. Станишевская О. Режим инкубации должен учитывать качество яйца / О. Станишевская // Животноводство России. – 2008. – С. 17-18.

Fedorova Z., Vachrameev A.

The influence of the mass of incubation eggs on the growth indicators of a live weight of the bred young chickens and the quality of their eggs

Abstract.

Purpose: to determine the influence of the mass of hatching eggs on the growth and development of hatched chickens and on the quality of the eggs obtained from them in hens of the Pushkin breed.

Materials and methods. The material for the study was chickens of the Pushkin breed, in the amount of 70 heads. 52 weeks of age and their descendants, used later in reproduction (85 ♀ and 28 ♂). The birds were kept in individual cages. Conditions of keeping and feeding are in accordance with the standards adopted in the biore-source collection of the All-Russian Scientific Research Institute of Growing Animals "Genetic collection of rare and endangered breeds of chickens". Immediately before incubation, 340 eggs were estimated by mass. hatching eggs. The hatched chickens were weighed at the ages of 2, 4, 6, 8, 10, 12 weeks. Depending on the weight of the incubation egg of the mothers and the sex of the chick, the data obtained were divided into three groups: Group I (light) $\leq M-0.5\sigma$ (≤ 63.7 g-♀ and ≤ 65.14 g-♂), Group III (heavy) $\geq M+0.5\sigma$ (≥ 68.2 g-♀ and ≥ 70.07 g-♂), eggs with intermediate weight are classified as "medium" - group II. At the age of 35 weeks, eggs obtained from daughters of the experimental groups were assessed.

Results. It was noted that there are high correlation coefficients between weight incubation eggs the weight day-old of chickens: for hens $r = 0.85$ for roosters 0.95 ($P < 0.001$). The average live weight at one day of age by group differed significantly from each other. Significant differences were observed in both hens and roosters between groups I and III at 2 ($P < 0.05$), 6, 8, 10, and 12 months of age ($P < 0.01$). There were no significant differences in live weight between groups I-II and II-III. In terms of the quality of daughters' eggs, significant differences were observed in the weight of laid eggs between groups I and II, I and III ($P < 0.01$). In terms of the mass of protein, yolk, shell and the energy value of eggs, the highest indicators were noted in group III.

Conclusion. Studies have shown that the weight of eggs affects not only the live weight of chickens at the daily age, but also the live weight at a later period of growth. The coefficient of heritability of eggs mass (h^2) for

mothers was 0.701 ($P < 0.001$) and for fathers 0.389 ($P < 0.01$). Thus, it is possible to increase meat productivity without reducing the quality of eggs in meat-egg breeds of chickens by selecting incubation eggs of a larger mass.

Key words: chickens, egg quality, live weight, chickens, Pushkin breed of chickens, incubation.

Authors:

Fedorova Z. – PhD (Agr. Sci.); e-mail: zoya-fspb@mail.ru;

Vachrameev A. – e-mail: ab_poultry@mail.ru.

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry; 196601, Russian, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo, Moskovskoe sh., 55a.

References

1. Hristakieva P. Phenotypic correlations between the egg weight, shape of egg, shell thickness, weight loss and hatchling weight of turkeys / P. Hristakieva, M. Oblakova, N. Mincheva, M. Lalev, K. Kalia-sheva // Slovak j. Anim. Sci. – 2017(2). – V. 50. – P. 90-94.
2. Buyarov V. S. Assessment of the tribal qualities of the agricultural bird of the meat direction of productivity (review) / V. S. Buyarov, Ya. S. Roiter, A. Sh. Kavtarashvili, I. V. Chervonov, A. V. Buyarov // Bulletin of Agrarian Sciences. – 2019. – № 3. – P. 30-38.
3. Yavuz A. Control of the mass of eggs of the parent -headed livestock at a late stage of production / A. Yavuz, A. Kalinovskiy // Technical manual ROSS. – Monitoring the mass of eggs of the parental broiler livestock. – 2014. – 8 p.
4. Osmanan A. The productivity and homogeneity of chickens, derived from calibrated eggs / A. Osmanan, R. Erygin A. Gerasimov, Yu. Rylsky // Poultry farming. – 2011. – № 4. – P. 21-22.
5. Kebede Senbeta Ewonetu. Effect of Egg Weight on post-Hatch Performance of White Leghorn Chicken Breed from Day-old to Laying Age / Kebede Senbeta Ewonetu, Asefa Kasaye // Journal of Poultry Research – 2018. – 15(2). – P. 16-22.
6. OST 10 321 2003 “Chicken incubation eggs. Specifications ” / V. I. Fisinin, L.F. Dyadichkina, R. V. Danilov, N. S. Pozdnyakova. - M: The Ministry of Agriculture of Russia, 2003. – 15 p.
7. GOST 31654-2012 Eggs of chicken food. Specifications. – M.: Standinform, 2013. – 13 p.
8. Fisinin V. The quality of food eggs and healthy nutrition / V. Fisinin, A. Stepel, G. Erastov // Poultry farming. – 2008. – № 2. – P. 2-6.
9. Abiola S. S. Effect of size on hatchability of broiler chicks / S. S. Abiola, O. Meshioye, B. O. Oyerinde, M. A. Bamgbose // Archiva Zootechnica. – 2008. – V. 57. – P. 83-86.
10. Egbeyale L. T. Effect of egg size and strain on growth performance of cockerel / L. T. Egbeyale, S. S. Abiola, O. M. Sogunle, M. O. Ozoje // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2011. – V. 2 (12). – P. 1445-1453.
11. Bassareh M. Effects of Egg Size and Different Levels of Humidity during Incubation Period on the Embryonic Development, Hatching Percentage and Chicks Yield of Broiler Breeder / M. Bassareh, V. Rezaeipour // Austin J Vet Sci & Anim Husb. – 2021. – № 8(1). – P. 1074.
12. Tsarenko P. P., Vasilieva L. T. Methods for evaluating and improving the quality of agricultural poultry eggs: a textbook. – St. Petersburg: from the “Lan”, 2020. – 280 p.
13. Perinek O. Yu. The problem of increasing the nutritional value of eggs and meat of chickens and the place of gene pool in its solution / O. Yu. Perinek, I. L. Galpern, O. I. Stanishevskaya, Yu. L. Silyukova // Genetics and Genetics and Genetics and Genetics breeding. – 2017. – № 3. – P. 12-22.
14. Ayeni A. O. Effect of egg sizes on egg qualities, hatchability and initial weight of the hatched-chicks / A. O. Ayeni, J. O. Agbede, F. A. Igbasan, G. E. Onibi, M. Adegbenro // International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). – 2018. – Vol. 3. – Issue 3. – P. 987-993.
15. Sting E. Modes of incubation / E. Sting // Livestock of Russia. – 2007. – № 5. – P. 25.
16. Stanishevskaya O. The incubation regime should take into account the quality of the egg of / O. Stanishevskaya // Livestock of Russia. – 2008. – P. 17-18.

М. А. Максимова, Е. А. Корочкина

Факторы, определяющие фертильность спермы (обзор)

Аннотация.

Цель: систематизирование научных данных о факторах, оказывающих влияние на фертильность сперматозоидов.

Фертильность сперматозоидов – это способность половозрелого организма к воспроизведению потомства, ее определяют по показателям подвижности сперматозоидов, а также количеству нормальных и патологических форм в эякуляте. Фертильность самцов-производителей приобретает поэтапно. Придаток семенника играет большую роль в становлении сперматозоидов фертильными. Дозревание сперматозоидов происходит благодаря комплексу веществ, вырабатываемых придатком семенника, способность к оплодотворению яйцеклеток – в половых путях самки. Так, фруктоза, вырабатываемая пузырьковидными железами, оказывает влияние на фертильность животных. Другим веществом, обнаруженным в семенной плазме, является лимонная кислота, которая принимает участие в акросомальной реакции. На фертильность оказывают влияние такие факторы как: возраст животного, порода, здоровье половой системы самца, тепловой стресс и другие. Так, с возрастом в эякуляте увеличивается количество патологических форм сперматозоидов и снижается их активность, то же происходит при воспалительных заболеваниях половой системы самца. Изменения качественных характеристик спермы были зарегистрированы среди быков симментальской и красных пород, а также голштино-фризской и джерсейской пород. Неблагоприятно сказывается на показатели фертильности спермы продолжительный или сильный тепловой стресс, несмотря на наличие компенсаторных механизмов. Компенсаторные механизмы обеспечиваются наличием потовых желез в мошонке, которые иннервированы симпатическими нервами, а также наличием рефлекторной дуги между мошонкой и дыхательным центром. При повышении температуры мошонки происходит учащение частоты дыхания, что способствует охлаждению. Кроме этого, в зависимости от сезона года, изменяется активность сперматозоидов. Так, у животных с сезонной половой активностью, показатели фертильности спермы лучше в период размножения.

Таким образом, фертильность спермы – это многофакторный процесс, успешность которого главным образом обусловлена здоровьем половой системы самцов и наличием множества компенсаторно-приспособительных механизмов.

Ключевые слова: сперма; фертильность; сельскохозяйственные животные; придаток семенника.

Авторы:

Максимова М. А. – e-mail: mariaandreevna72@gmail.com;

Корочкина Е. А. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: e.koga@mail.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, Санкт-Петербург Черниговская, ул., 5.

Введение. Фертильность – это способность половозрелого организма к воспроизведению потомства. Фертильность спермы предположительно можно определить по следующим показателям: подвижность сперматозоидов, количество нормальных и патологических форм сперматозоидов в эякуляте [1, 2, 3].

Как известно, фертильность сперматозоидов – это процесс, складывающийся из нескольких этапов. В начале происходит сперматогенез, состоящий из четырех стадий: размножения, ро-

ста, формирования и созревания. Основные процессы, происходящие в данные стадии – пролиферация, мейоз и дифференцирование. Фаза пролиферации представляет собой митотическое деление сперматогоний, важной частью которой является обновление клеток-предшественников, во время фазы мейоза образуются первичные и вторичные сперматоциты, которые в конечном итоге преобразуются в гаплоидные сперматиды. В последнюю стадию сперматиды претерпевают изменения, заключающиеся в формировании

ферментов и ДНК [3, 4]. Для поддержания сперматогенеза необходим тестостерон, который способствует развитию половых клеток [5].

Затем сперматозоиды выходят в сеть канальцев и попадают в головку придатка семенника через проток придатка. Придаток семенника отвечает за обеспечение оптимальной среды, которая способствует трансформации сперматозоидов и их последующему хранению в жизнеспособном состоянии. При этом в каждом сегменте протока придатка функции немного меняются: в начальном сегменте происходит всасывание тестикулярной жидкости, что приводит к более высокой концентрации сперматозоидов в просвете, а в головке придатка и последующих сегментах происходит синтез и секреция белков. В хвосте придатка проток становится более широким, а эпителиальные клетки этого сегмента проявляют абсорбционную активность [6]. Придаток семенника играет важную роль в формировании фертильности сперматозоидов, так как под контролем андрогенов эпителий придатка выделяет белки, которые обеспечивают подходящую среду для созревания и обеспечения подвижности сперматозоидов [3, 7]. Согласно исследованию Vargachina F. и др. (2022) эпидидимосомы способны снабжать сперматозоиды новым набором белков, полученных из придатка семенника. Данный набор белков участвует в посттестикулярном созревании сперматозоидов, что в итоге влияет на оплодотворяющую способность сперматозоидов [8]. Эпидидимосомы представляют собой мембранные пузырьки, секретируемые по апокриновому типу эпителиальными клетками придатка семенника [9]. Также некоторые авторы связывают фертильность спермы и наличие определенных белков в семенной плазме и сперматозоидах. Так, исследование Kagunakaran M., Devanathan T. G. (2015) показало, что наличие гепарин-связывающего белка (НРВ) в сперме у быков повышало фертильность [10].

Что касается веществ, вырабатываемых в протоке придатка семенника и влияющих на фертильность сперматозоидов, их существует большое количество. Например, авторы Gerena R. L. et al. (1998) предположительно указывают, что низкое содержание простагландин D2-синтазы связано с более низкой фертильностью быков [11]. Однако другое исследование авторов Fouchescourt S. и др. (2002) показывает, что низкие концентрации простагландин D2-синтазы обнаружены у быков как с низкой, так и высокой фертильностью. Авторы предполагают, что либо это вещество не является необходимым для фертильности животных, либо его функцию берут на

себя другие белки при низкой концентрации простагландин D2-синтазы [12]. Другим веществом, влияющим на процесс созревания сперматозоидов, является гликогенсинтазнаякиназа 3 (GSK3). Авторы Reid A.T. и др. (2015) показали, что GSK3 присутствует в развивающихся сперматозоидах мыши, однако дополнительно он приобретает в протоке придатка семенника и участвует в регуляции сперматозоидов и акросомальной реакции [13]. Также большую роль в фертильности сперматозоидов играет белок аутофагии ATG5. Исследование авторов Huang Q. и др. (2021) продемонстрировало, что отсутствие белка ATG5 у мышей снижало количество и подвижность сперматозоидов, повышало количество аномальных сперматозоидов, и около 70 % испытуемых животных оказалось бесплодными [14].

По данным Breton S. и др. (2019) придаток семенника также играет роль в предотвращении аутоиммунных реакций против сперматозоидов благодаря наличию иммунных клеток, находящихся в тесном контакте с эпителиальными клетками [15]. Иммунные клетки придатка семенника представляют собой лимфоциты и макрофаги [16], они предотвращают аутоиммунный ответ против сперматозоидов, обеспечивая при этом защиту от патогенов [6].

Сперматозоиды содержат некоторые виды антигенов: аутоантигены, то есть присущие только им, аллоантигены, общие с другими клетками, и ксеноантигены. Фертильные сперматозоиды при созревании в придатке семенника приобретают оболочечный антиген, сходный с антигенами цервикальной слизи, внутриматочной среды и клеток женских половых путей. Благодаря этому фертильные сперматозоиды беспрепятственно продвигаются в половых путях самки [17].

Кроме этого, на фертильность оказывает влияние секрет придаточных половых желез. Так, секрет предстательной железы оказывает влияние на подвижность сперматозоидов [18]. E. Menezes и др. (2018) в своем исследовании показали, что фруктоза, вырабатываемая пузырьковидными железами, оказывает влияние на фертильность животных. Фруктоза является основным источником энергии для сперматозоидов быка, и ее количество коррелирует с показателями оплодотворяемости, что, по-видимому, связано с увеличением подвижности сперматозоидов. Другим веществом, обнаруженным в семенной плазме, является лимонная кислота, которая оказывает влияние на акросомальную реакцию [19].

Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что фертильность спермы приобретает по-

степенно по мере развития и созревания половых клеток, а придаток семенника и секрет придаточных половых желез играют важную роль в данном процессе. Однако фертильными становятся сперматозоиды, находящиеся в женских половых путях, благодаря процессу капацитации. Капацитация представляет собой частичное удаление поверхностных молекул, приобретаемых в придатке семенника, что позволяет части молекул соединиться с желточной зоной ооцита. Кроме этого, женские половые пути способствуют транспорту сперматозоидов благодаря повышенному тону и моторике, а цервикальная слизь, благодаря наличию сиаломуцина и сульфомуцина, способствует отсеиванию неподвижных сперматозоидов [3].

Как известно, фертильность спермы зависит от различных факторов. К этим факторам относятся: возраст животного, концентрация сперматозоидов, порода, состояние половой системы самца, тепловой стресс, сезон года [20-24].

Если говорить о возрастном факторе, то у многих животных происходит снижение качества спермы с возрастом, что влияет на фертильность спермы. Например, авторы Baharun A., Said S. и др. (2021) в своем исследовании выявили корреляцию между возрастом быка и средним количеством аномальных сперматозоидов. Так, у быков в возрасте 4-5 лет количество аномальных сперматозоидов составило 3,82 %, в возрасте 6-7 лет – 4,4 %, а в 8-10 лет – 10,2 % [20].

Другое исследование Berlin P. Pardede et al. (2020) также показало снижение общей подвижности сперматозоидов у быков более старшего возраста. Несмотря на это, даже более низкие результаты подвижности соответствовали стандартам искусственного осеменения [25]. Однако авторы Усова Т.П., Козлова О.В. и др. (2012) в проведенном исследовании показали, что возраст быков не оказывает существенного влияния на подвижность сперматозоидов в свежей сперме [26].

Похожее исследование авторов Tsakmakidis I.A. и др. (2012) проводилось на хряках. Результаты исследования показали, что частота опороса свиней спермой, полученной от хряков в возрасте 7-10 месяцев, составила 65 %. При этом частота опороса спермой, полученной от хряков в возрасте 18-33 месяца и 51-61 месяц, составляла 87,2 % и 84,7 %, соответственно [27]. В исследовании Околышева С. М. и др. (2022) лучшие показатели фертильности выявлены у хряков в возрасте 3 и 4 лет – оплодотворяющая способность составляла 95 % и 94 %, соответственно [28].

Alvarez M. и др. (2011) провели исследование, в котором оценили влияние концентрации

сперматозоидов барана на фертильность. Авторы сделали вывод о том, что повышение концентрации до $800 \times 10^6 \text{ мл}^{-1}$ и более отрицательно сказывается на качестве спермы барана [29].

Немаловажным фактором, влияющим на фертильность спермы, также является порода животного. В исследовании Клещева М. А. и др. (2018) было обнаружено, что в сперме быков симментальской и красных пород (английская и красная датская) обнаружено повышенное количество аномалий головки сперматозоида по сравнению с черно-пестрой породой. Присутствие таких сперматозоидов говорит о нарушениях в сперматогенезе и отрицательно сказывается на фертильности спермы несмотря на то, что показатель подвижности сперматозоидов соответствует нормальным значениям [21]. Качество спермы и породные различия также исследовали Lemma A. et al. (2015) у пород голштино-фризская, джерсейская и других. Согласно исследованию, в сперме джерсейской и голштино-фризской породы подвижность сперматозоидов близки по значениям и составляют 79,41 % и 78,69 %, соответственно [30].

Что касается других видов животных, то авторами Hoseini S. A. и др. (2018) проводилась оценка качества спермы у романовской породы баранов и породы Lori Bakhtiari, разводимой в Иране. По результатам исследования было выяснено, что более высокий процент подвижных сперматозоидов (59,47 %), а также высокий процент сперматозоидов с прямолинейно-поступательным движением (52,37 %) наблюдали в сперме баранов романовской породы [31].

Безусловно, состояние здоровья оказывает влияние на фертильность спермы. Так, авторы Тое F. и др. (1994) провели исследование, в котором выяснили, что качество спермы значительно снижается при орхите и эпидидимите: снижается подвижность сперматозоидов и увеличивается количество аномальных сперматозоидов – 24,3 % при орхите, 20,7 % при эпидидимите, по сравнению со здоровыми баранами – 6,4 % [22].

Тепловой стресс также оказывает влияние на фертильность спермы. На коже мошонки имеется большое количество потовых желез, которые иннервированы симпатическими нервами. При повышении температуры гипоталамус посылает импульсы к потовым железам, и потоотделение позволяет мошонке и семенникам охладиться. Стоит также отметить, что кожа мошонки обеспечена термочувствительными рецепторами, которые связаны в том числе с частотой дыхания. Так, частота дыхания у барана на-

чинает повышаться при достижении температуры тела и мошонки 36°C, а при температуре 40-42°C у животного развивается полипноэ, которое может достигать 200 движений в минуту [3]. Таким образом, в организме самца существуют рефлекторные дуги между мошонкой и дыхательным центром мозга.

Несмотря на компенсаторные механизмы со стороны организма, продолжительное или сильное воздействие теплового стресса влияет на фертильность животных. Согласно исследованию Garcia-Oliveros L. N. и др. (2020) при воздействии теплового стресса увеличивается число аномальных сперматозоидов, снижается подвижность сперматозоидов и целостность плазматической мембраны, а через 28 дней наблюдается увеличение фрагментации ДНК [23]. Исследование авторов Гутман М. П. и др. (2021) показало, что у хряков разных пород при воздействии теплового стресса концентрация сперматозоидов в эякуляте снизилась на 11,47-34,96 %, а оплодотворяемость свинок, осемененных спермой от хряков, полученной в период теплового стресса, снизилась на 10,3-23,7 % [32].

В зарубежных исследованиях для оценки теплового стресса используется показатель индекса температуры и влажности (ТНІ). В своем исследовании авторы Llamas L. N. и др. (2020) выявили, что высокий индекс температуры и влажности вызывает увеличение гибели сперматозоидов, помимо этого, наблюдалось сни-

жение общего количества blastocysts на 7-й и 8-й день оплодотворения *in vitro* [33].

Кроме теплового стресса на показатели спермы животных оказывает влияние сезон года. Так, авторы Руденко О.В. и др. (2020) в своем исследовании выявили, что показатель активности сперматозоидов у быков разных пород в течение года колеблется: в начале года активность составляет в среднем 5,9 баллов, к июлю повышается до 6,4, а затем в декабре вновь происходит снижение до 5,9 баллов [24]. Похожие результаты ранее были получены при исследовании спермы козлов разных пород авторов Kagiannidis A. и др. (2000). Количественные и качественные характеристики спермы лучше в период размножения (конец лета, осень): выше процент подвижных сперматозоидов и ниже процент аномальных сперматозоидов [34].

Подводя итоги нужно отметить, что фертильность сперматозоидов — это процесс, который складывается из стадийного сперматогенеза и последующего созревания сперматозоидов благодаря действию веществ, поступающих в проток придатка. В свою очередь, придаточные половые железы также оказывают влияние на фертильность спермы благодаря синтезу веществ, положительно воздействующих на подвижность сперматозоидов. Фертильность спермы зависит от многих факторов: возраста животных, породы, сезона года, теплового стресса, здоровья половой системы самца и других факторов.

Литература

1. Атрощенко М. М. Биохимические маркеры качества спермы жеребцов / М. М. Атрощенко, Д. В. Медведев // Сельскохозяйственная биология. — 2023. — Т. 58. — № 2. — С. 249-259.
2. Garcia-V6zquez. Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals / Garcia-V6zquez, Francisco A., Gadea, Joaquin // Asian Journal of Andrology. — 2016. — Vol. 45. — № 4. — P. 844-850.
3. Senger P. L. Pathways to pregnancy and parturition / P. L. Senger // published by Current Conceptions, Inc., 1610, NE, Eastgate Blvd., Pullman. — 2003. — 373 p.
4. Полянцев Н. И. Акушерство, гинекология и биотехника размножения животных: Учебник. — Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2012. — 400 с.
5. Walker W. H. Androgen regulation of spermatogenesis / W. H. Walker // Spermatogenesis. Biology and Clinical Implications. — 2019. — P. 40-51.
6. Zhou W. Characteristics of the Epididymal Luminal Environment Responsible for Sperm Maturation and Storage / W. Zhou, Geoffrey N. De luliis, M. D. Dun, B. Nixon // Frontiers in Endocrinology. — 2018. — Vol. 9. Doi: 10.3389/fendo.2018.00059.
7. Arroteia K. F. The Epididymis: Embryology, Structure, Function and Its Role in Fertilization and Infertility / K. F. Arroteia, P. V. Garcia, M. F. Barbieri, M. L. Justino et al. // Embryology - Updates and Highlights on Classic Topics. — 2012. — P. 41-66.
8. Barrachina F. Sperm acquire epididymis-derived proteins through epididymosomes / F. Barrachina, M.A. Battistone, J. Castillo, C. Mallofre // Human Reproduction. — 2022. — Vol. 37. — № 4. — P. 651-668. Doi: 10.1093/humrep/deac015.

9. Sullivan R. Epididymosomes are involved in the acquisition of new sperm proteins during epididymal transit / R. Sullivan, G. Frenette, J. Girouard // *Asian Journal of Andrology*. – 2007. – Vol. 9. – № 4. – P. 483-491. Doi: 10.1111/j.1745-7262.2007.00281.x.
10. Karunakaran M. Evaluation of bull semen for fertility-associated protein, in vitro characters and fertility / M. Karunakaran, T. G. Devanathan // *Journal of Applied Animal Research*. – 2017. – Vol. 45. – № 1. – P. 136-144.
11. Gerena R. L. Identification of a fertility-associated protein in bull seminal plasma as lipocalin-type prostaglandin D synthase / R. L. Gerena, D. Irikura, Y. Urade, N. Eguchi // *Biology of Reproduction*. – 1998. – Vol. 58. – № 3. – P. 826-833. Doi: 10.1095/biolreprod58.3.826.
12. Fouchecourt S. Mammalian lipocalin-type prostaglandin D2 synthase in the fluids of the male genital tract: putative biochemical and physiological functions / S. Fouchecourt, G. Charpigny, P. Reinaud, P. Dumont // *Biology of Reproduction*. – 2002. – Vol. 66. – № 2. – P. 458-467.
13. Reid A. T. Glycogen synthase kinase 3 regulates acrosomal exocytosis in mouse spermatozoa via dynamin phosphorylation / A. T. Reid, A. L. Anderson, S. D. Roman, E. A. McLaughlin et al. // *The FASEB Journal*. – 2015. – Vol. 29. – № 7. – P. 2872-2882.
14. Huang Q. Autophagy core protein ATG5 is required for elongating spermatid development, sperm individualization and normal fertility in male mice / Q. Huang, Y. Liu, S. Zhang, Y. Tian Yap et al. // *Autophagy*. – 2021. – Vol. 17. – № 7. – P. 1753-1767.
15. Breton S. Epithelial dynamics in the epididymis: role in the maturation, protection, and storage of spermatozoa / S. Breton, A. V. Nair, M. A Battistone // *Andrology*. – 2019. – Vol. 7. – № 5. – P. 631-643. Doi: 10.1111/andr.12632.
16. Da Silva N. Exploring the role of mononuclear phagocytes in the epididymis / N. Da Silva, T. B. Smith // *Asian Journal of Andrology*. – 2015. – Vol. 17. – № 4. – P. 591-596.
17. Студенцов А. П. Акушерство, гинекология и биотехника репродукции животных: учебник для вузов / А. П. Студенцов, В. С. Шипилов, В. Я. Никитин и др. // 12-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 548 с.
18. Авдеенко В. С. Ветеринарная андрология: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2022. – 308 с.
19. Cazaux Velho A. L. Metabolomic markers of fertility in bull seminal plasma / A. L. Cazaux Velho, E. Menezes, Dinh T., A. Kaya // *PLoS One*. – 2018. – № 13(4): e0195279. Doi: 10.1371/journal.pone.0195279.
20. Baharun A. Correlation between age, testosterone and adiponectin concentrations, and sperm abnormalities in Simmental bulls / A. Baharun, S. Said, R. I. Arifiantini, N. W. L. Karia. // *Veterinary World*. – 2021. – Vol. 12. – № 8. – P. 2124-2130. Doi: 10.14202/vetworld.2021.2124-2130.
21. Клещев М. А. Влияние породы и генеалогической линии на показатели спермопродукции и разнообразие морфологических форм сперматозоидов у быков-производителей / М. А. Клещев, В. Л. Петухов, Л. В. Осадчук // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2018. – Т. 22. – № 8. – С. 931-938. Doi: 10.18699/VJ18.435.
22. Toe F. Semen characteristics of Ile-de-France rams of different age and physical condition / F. Toe, A. Lahlou-Kassi, E. Mukasa-Mugerwa // *Theriogenology*. – 1994. – Vol. 42. – № 2. – P. 321-326. Doi: 10.1016/0093-691x(94)90276-3.
23. Garcia-Oliveros L. N. Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings / L. N. Garcia-Oliveros, R. P. de Arruda, L. Batissaco, V. H. G. Gonzaga // *International Journal of Biometeorology*. – 2020. – Vol. 64. – № 8. – P. 1367-1378.
24. Руденко О. В. Сезонные изменения воспроизводительных способностей быков-производителей / О. В. Руденко, М. Алмохаммед // *Вестник БГАУ*. – 2020. – № 3. – С. 74-80.
25. Pardede B. P. Decreased bull fertility: age-related changes in sperm motility and DNA fragmentation / B. P. Pardede, I. Supriatna, Y. Yudi, M. Agil // *Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 151.
26. Усова Т. П. Влияние породы и возраста на показатели спермопродукции быков / Т. П. Усова, О. В. Козлова, О. В. Першина // *Вестник Российского Государственного аграрного заочного университета*. – 2012. – Т. 12 – № 17. – С. 44-47.

27. Tsakmakidis I. A. Age-related changes in quality and fertility of porcine semen / I. A. Tsakmakidis, T. A. Khalifa, C. M. Boscov // *Biological Research*. – 2012. – Vol. 45. – № 3. – P. 381-386. Doi: 10.4067/S0716-97602012000400009.
28. Околышев С. М. Влияние возраста на качество спермы хряков разной линейной принадлежности / С. М. Околышев, Ю. И. Тимошенко // *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: Сборник трудов научно-практической конференции*— Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2022. – С. 490-491.
29. Alvarez M. Sperm concentration at freezing affects post-thaw quality and fertility of ram semen / M. Alvarez, J. Tamayo-Canul, E. Anel, J. C. Boixo // *Theriogenology*. – 2012. – Vol. 77. – № 6. – P. 1111-1118.
30. Lemma A. Effect of Age and Breed on Semen Quality and Breeding Soundness Evaluation of Pre-Service Young Bulls / A. Lemma, T. Shemsu // *Journal of Reproduction and Infertility*. – 2015. – Vol. 6. – № 2. – P. 35-40. Doi: 10.5829/idosi.jri.2015.6.2.94131.
31. Hoseini S. A. Сравнительное изучение семени баранов романовской породы и породы Lori Bakhtari / *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53. – № 2. – С. 318-325.
32. Гутман М. П. Влияние теплового стресса на качество спермопродукции хряков-производителей разных пород и ее оплодотворяющую способность / М. П. Гутман, Н. Н. Горб, В. М. Сороколетова // *Вестник НГАУ*. – 2021. – № 2. – С. 106-114.
33. Llamas L. N. Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro / N. L. Llamas, D. de S. R. Angrimani, L. de C. Bicudo, K. J. Szymanska // *Theriogenology*. – 2020. – Vol. 141. – P. 16-25.
34. Karagiannidis A. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece / A. Karagiannidis, S. Varsakeli, G. Karatzas // *Theriogenology*. – 2000. – Vol. 53. – № 6. – P. 1285-1293.

Maksimova M, Korochkina E.

Factors determining sperm fertility

Abstract.

The purpose of the work is to systematize scientific data on factors affecting sperm fertility. Sperm fertility is the ability of a sexually mature organism to reproduce offspring. It is determined by parameters such as sperm motility and the quantity of normal and pathological sperm forms in the ejaculate. The fertility of male producers is acquired in stages: spermatogenesis occurs at the beginning, then the spermatozoa mature in the epididymis. The epididymis plays a significant role in making sperm fertile. Maturation occurs due to a complex of substances produced by the epididymis, and the full maturation of spermatozoa occurs in the genital tract of the female. Thus, fructose, produced by the vesicular glands, affects the fertility of animals. Another substance found in seminal plasma is citric acid, which takes part in the acrosomal reaction. Fertility is influenced by such factors as: the age of the animal, breed, the health of the male's reproductive system, heat stress and others. For instance, as animals age, the number of pathological sperm forms increases in the ejaculate, and their motility decreases. The same happens in cases of inflammatory diseases of the male reproductive system. Changes in the qualitative characteristics of sperm were recorded among Simmental and red breeds, as well as Holstein-Frisian and Jersey breeds. Prolonged or severe heat stress can also have a negative impact on fertility, despite the presence of compensatory mechanisms. These mechanisms are maintained by the presence of sweat glands in the scrotum, which are innervated by sympathetic nerves, as well as a reflex arc between the scrotum and the respiratory center. When the scrotum's temperature rises, respiratory rate increases, facilitating cooling. Furthermore, sperm activity can vary depending on the season. In animals with seasonal reproductive activity, sperm fertility parameters are better during the breeding season.

In summary, sperm fertility is a multifactorial process, the success of which is mainly due to the health of the male reproductive system and the presence of many compensatory and adaptive mechanisms.

Key words: sperm; fertility; farm animals; epididymis

Authors:

Maksimova M. – e-mail: mariaandreevna72@gmail.com;

Korochkina E – PhD (Vet. Sci.); e-mail: e.kora@mail.ru

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, Chernigovskaya str., 5.

References

1. Atroshchenko M. M. Biochemical markers of the quality of sperm stallions / M. M. Atroshchenko, D.V. Medvedev // *Agricultural Biology*. – 2023. – Vol. 58. – № 2. – P. 249-259.
2. Garcia-Vazquez. Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals / Garcia-Vazquez, Francisco A., Gadea, Joaquin // *Asian Journal of Andrology*. – 2016. – Vol. 45. – № 4. – P. 844-850.
3. Senger P. L. Pathways to pregnancy and parturition / P. L. Senger // published by Current Conceptions, Inc., 1610, NE, Eastgate Blvd., Pullman. – 2003. – 373 p.
4. Polyantsev N. I. Obstetrics, gynecology and biotechnics of animal reproduction: Textbook. -St. Petersburg: Publishing House "Lan". – 2012. – 400 p.
5. Walker W. H. Androgen regulation of spermatogenesis / W. H. Walker // *Spermatogenesis. Biology and Clinical Implications*. – 2019. – P. 40-51.
6. Zhou W. Characteristics of the Epididymal Luminal Environment Responsible for Sperm Maturation and Storage / W. Zhou, Geoffry N. De lullis, M. D. Dun, B. Nixon // *Frontiers in Endocrinology*. – 2018. – Vol. 9. Doi: 10.3389/fendo.2018.00059.
7. Arrosteia K. F. The Epididymis: Embryology, Structure, Function and Its Role in Fertilization and Infertility / K. F. Arrosteia, P. V. Garcia, M. F. Barbieri, M. L. Justino et al. // *Embryology - Updates and Highlights on Classic Topics*. – 2012. – P. 41-66.
8. Barrachina F. Sperm acquire epididymis-derived proteins through epididymosomes / F. Barrachina, M.A. Battistone, J. Castillo, C. Mallofre // *Human Reproduction*. – 2022. – Vol. 37. – № 4. – P. 651-668. Doi: 10.1093/humrep/deac015.
9. Sullivan R. Epididymosomes are involved in the acquisition of new sperm proteins during epididymal transit / R. Sullivan, G. Frenette, J. Girouard // *Asian Journal of Andrology*. – 2007. – Vol. 9. – № 4. – P. 483-491. Doi: 10.1111/j.1745-7262.2007.00281.x
10. Karunakaran M. Evaluation of bull semen for fertility-associated protein, in vitro characters and fertility / M. Karunakaran, T. G. Devanathan // *Journal of Applied Animal Research*. – 2017. – Vol. 45. – № 1. – P. 136-144.
11. Gerena R. L. Identification of a fertility-associated protein in bull seminal plasma as lipocalin-type prostaglandin D synthase / R. L. Gerena, D. Irikura, Y. Urade, N. Eguchi // *Biology of Reproduction*. – 1998. – Vol. 58. – № 3. – P. 826-833. Doi: 10.1095/biolreprod58.3.826.
12. Fouchecourt S. Mammalian lipocalin-type prostaglandin D2 synthase in the fluids of the male genital tract: putative biochemical and physiological functions / S. Fouchecourt, G. Charpigny, P. Reinaud, P. Dumont // *Biology of Reproduction*. – 2002. – Vol. 66. – № 2. – P. 458-467.
13. Reid A. T. Glycogen synthase kinase 3 regulates acrosomal exocytosis in mouse spermatozoa via dynamin phosphorylation / A. T. Reid, A. L. Anderson, S. D. Roman, E. A. McLaughlin et al. // *The FASEB Journal*. – 2015. – Vol. 29. – № 7. – P. 2872-2882.
14. Huang Q. Autophagy core protein ATG5 is required for elongating spermatid development, sperm individualization and normal fertility in male mice / Q. Huang, Y. Liu, S. Zhang, Y. Tian Yap et al. // *Autophagy*. – 2021. – Vol. 17. – № 7. – P. 1753-1767.
15. Breton S. Epithelial dynamics in the epididymis: role in the maturation, protection, and storage of spermatozoa / S. Breton, A.V. Nair, M.A Battistone // *Andrology*. – 2019. – Vol. 7. – № 5. – P. 631-643.
16. Da Silva N. Exploring the role of mononuclear phagocytes in the epididymis / N. Da Silva, T. B. Smith // *Asian Journal of Andrology*. – 2015. – Vol. 17. – № 4. – P. 591-596.

17. Studsov A.P. Obstetrisms, gynecology and biotechnics of animal reproductions: a textbook for universities / A. P. Studitsov, V. S. Shipilov, V. Ya. Nikitin and others // 12th ed., Sore. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 548 p.
18. Avdeenko V. S. Veterinary andrology: a textbook. -St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2022. – 308 p.
19. Cazaux Velho A. L. Metabolomic markers of fertility in bull seminal plasma / A. L. Cazaux Velho, E. Menezes, Dinh T., A. Kaya // PLoS One. – 2018. – № 13 (4): e0195279.
20. Baharun A. Correlation between age, testosterone and adiponectin concentrations, and sperm abnormalities in Simmental bulls / A. Baharun, S. Said, R. I. Arifiantini, N. W. L. Karia. // Veterinary World. – 2021. – Vol. 12. – № 8. – P. 2124-2130. Doi: 10.14202/vetworld.2021.2124-2130.
21. Kleshchev M. A. The influence of the breed and the genealogical line on the indicators of sperm products and the variety of morphological forms of spermatozoa among manufacturing bulls / M. A. Kleshev, V. L. Petukhov, L.V. Osadchuk // Vavilovsky Journal of Genetics and Schegation. – 2018. – Vol. 22. – P. 931-938. Doi: 10.18699/vj18.435.
22. Toe F. Semen characteristics of Ile-de-France rams of different age and physical condition / F. Toe, A. Lahlou-Kassi, E. Mukasa-Mugerwa // Theriogenology. – 1994. – Vol. 42. – № 2. – P. 321-326. Doi: 10.1016/0093-691x(94)90276-3.
23. Garcia-Oliveros L. N. Heat stress effects on bovine sperm cells: a chronological approach to early findings / L. N. Garcia-Oliveros, R. P. de Arruda, L. Batissaco, V. H. G. Gonzaga // International Journal of Biometeorology. – 2020. – Vol. 64. – № 8. – P. 1367-1378.
24. Rudenko O. V. Seasonal changes in the reproductive abilities of the bull-free bulls / O.V. Rudenko, M. Almohammed // Bulletin of BGAU. – 2020. – № 3. – P. 74-80.
25. Pardede B. P. Decreased bull fertility: age-related changes in sperm motility and DNA fragmentation / B. P. Pardede, I. Supriatna, Y. Yudi, M. Agil // Web of Conferences. – 2020. – Vol. 151.
26. Usova T.P. The influence of the breed and age on the indicators of the sperm products of the bulls / T.P. Usova, O. V. Kozlova, O. V. Pershin // Bulletin of the Russian State Agrarian Useful University. – 2012. – Vol. 12. – № 17. – P. 44-47.
27. Tsakmakidis I. A. Age-related changes in quality and fertility of porcine semen / I. A. Tsakmakidis, T. A. Khalifa, C. M. Boscus // Biological Research. – 2012. – Vol. 45. – № 3. – P. 381-386. Doi: 10.4067/S0716-97602012000400009.
28. Oklevshev S. M. Influence of age on the quality of sperm of the boars of different linear affiliation / S. M. Okryshev, Yu. I. Tymoshenko // Actual problems of veterinary medicine, livestock, biotechnology and expertise of animal and products of animal origin: a collection of works of a scientific and practical conference. – Moscow: Agricultural Technologies, 2022. – P. 490-491.
29. Alvarez M. Sperm concentration at freezing affects post-thaw quality and fertility of ram semen / M. Alvarez, J. Tamayo-Canul, E. Anel, J. C. Boixo // Theriogenology. – 2012. – Vol. 77. – № 6. – P. 1111-1118.
30. Lemma A. Effect of Age and Breed on Semen Quality and Breeding Soundness Evaluation of Pre-Service Young Bulls / A. Lemma, T. Shemsu // Journal of Reproduction and Infertility. – 2015. – Vol. 6. – № 2. – P. 35-40. Doi: 10.5829/idosi.jri.2015.6.2.94131.
31. Hoseini S. A. A comparative study of the seed of the ramovskaya breed and the Lori Bakhtari breed / Agricultural Biology. – 2018. – Vol. 53. – № 2. – P. 318-325.
32. Gutman M.P. The influence of thermal stress on the quality of sperm products of the boars-manufacturers of different breeds and its fertilizing ability / M. P. Gutman, N. N. Gorb, V. M. Sorokoletova // Bulletin of NGAU. – 2021. – № 2. – P. 106-114.
33. Llamas L. N. Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro / N. L. Llamas, D. de S. R. Angrimani, L. de C. Bicudo, K. J. Szymanska // Theriogenology. – 2020. – Vol. 141. – P. 16-25.
34. Karagiannidis A. Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece / A. Karagiannidis, S. Varsakeli, G. Karatzas // Theriogenology. – 2000. – Vol. 53. – № 6. – P. 1285-1293.

Н. Ф. Хуснетдинова¹, Б. С. Иолчиев²

Синхронизация полового цикла ярок для регуляции окота

Аннотация.

Цель: изучение влияния продолжительности использования прогестерона для синхронизации полового цикла и окота овец породы дорпер в сезон размножения.

Материалы и методы. Объектом исследования были ярки ($n=43$) породы дорпер. Ярок синхронизировали с помощью введения пессариев с прогестероном (СИДР) и инъекции в день удаления СИДР хорионического гонадотропина лошадей (ХГЛ) в дозировке 500 МЕ. Овцы были разделены на три группы: I группа ($n=13$) – на 9 суток введен CIDR с прогестероном (CIDR® Ovis, Zoetis, Мадрид, Испания); II группа ($n=9$) – CIDR введен на 11 дней; III группа ($n=21$) – CIDR введен на 13 дней. Во всех трех группах в день удаления пессария сделана внутримышечная инъекция ХГЛ 500 МЕ. По завершении синхронизации в течение 72 ч проводили наблюдения за признаками эструса. О начале эструса судили по поведению ярок, когда фиксировалось состояние неподвижности и допускании садки барана. Продолжительность течки измеряли с момента первого полового акта до тех пор, пока овца не начала отвергать самца.

Результаты. Средний интервал между удалением пессария и началом течки в трех группах составил: в первой группе – $38,7 \pm 5,1$ ч; во второй группе – $34,6 \pm 5,8$ ч; в третьей группе – $52,4 \pm 4,4$ ч. Минимальное время от извлечения CIDR до начало эструса установлено в первой группе – через 12 ч, максимальное время зафиксировано в третьей группе – 96 ч.

Заключение. Продемонстрировано достоверное влияние прогестерон содержащего гестагенного препарата на репродуктивные показатели ярок, главным образом на начало эструса. Наиболее оптимальным является использование CIDR с постоянной скоростью выделения прогестерона на 9-11 дней, так как в этих группах наблюдалось 100%-ная реакция на гормональную обработку.

Ключевые слова: синхронизация, гормоны, овцы, дорпер, эструс, ХГЛ, CIDR, суягность.

Авторы:

Хуснетдинова Н. Ф. – кандидат биологических наук; e-mail: vet-doc@bk.ru;

Иолчиев Б. С. – доктор биологических наук; e-mail: baylar1@mail.ru.

¹ Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина; 109472, Российская Федерация, Москва, ул. Академика Скрябина, 23;

² Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста; 142132, Российская Федерация, Московская область, городской округ Подольск, поселок Дубровицы, д. 60.

Введение. Овцеводство играет важную роль в решении задач продовольственной безопасности, экономической и социальной жизни общества, особенно в регионах со сложными природно-климатическими условиями [1-3]. В регионах с интенсивным введением сельскохозяйственного производства особое внимание уделяется мясному овцеводству.

Для эффективного ведения отрасли используются различные селекционно-генетические и биотехнологические методы [4, 5]. Одним из основных факторов, влияющих на рентабельность отрасли, является эффективный менеджмент воспроизводства стада [6, 7]. Использование вспомогательных репродуктивных технологий в овцеводстве позволяет регулировать сезон раз-

множения овец, сроки окота, повысить фертильность баранов и овцематок, увеличить выход ягнят на 100 овцематок [8]. Большинство пород овец являются полиэстральными животными с ярко выраженным сезонным размножением, который продолжается около 3 месяцев и охватывает период с октября по декабрь [9].

Исследования показывают, что распределение спонтанной охоты у овец имеет криволинейный характер [10]. Это сопровождается увеличением периода размножения и ягнения, что приводит к дополнительным экономическим затратам. Наличие в отаре ягнят разного возраста вызывает технологические и ветеринарные проблемы, привлечение дополнительных трудовых и материальных ресурсов.

Эффективным методом менеджмента воспроизводства в овцеводстве является синхронизация полового цикла у ярок и овцематок. Этот метод позволяет планировать нагрузки на оператора искусственного осеменения и баранов-производителей при естественной случке. Создает возможность получить разновозрастных ягнят за короткий срок, что позволяет сократить затраты на проведение окота и ветеринарной профилактической работы. Для синхронизации полового цикла овец используются различные протоколы и методы синхронизации [11, 12].

Распространенным методом синхронизации является использование прогестерона в сочетании с другими препаратами. Результаты анализа научной литературы показывают, что эффективность использования прогестерона зависит от многочисленных факторов, таких как продолжительность использования, породы, сочетания с другими препаратами, формы используемого препарата и др.

Цель исследования – изучить влияние продолжительности использования прогестерона на синхронизацию полового цикла и окота овец породы дорпер в сезон размножения.

Материалы и методы. Экспериментальная часть исследования проводилась в сезон размножения овец (сентябрь, октябрь) на юге Ставропольского края (44°09'00" с. ш. 43°28'00" в. д.). В эксперимент были включены 43 чистопородных ярок породы дорпер в возрасте 14-16 месяцев. Упитанность животных экспериментальной вы-

борки соответствовала заводской кондиции (BCS=3,5). В эксперименте использовали оцененных по фертильности баранов-производителей (n=5). Условия содержания и уровень кормления всех групп до эксперимента и в период исследования были идентичными. Животные рандомным методом были разделены на три группы (рис.1). Овец синхронизировали с помощью введения пессариев с прогестероном (CIDR) и введением в день удаления CIDR хорионического гонадотропина лошадей (ХГЛ) в дозировке 500 МЕ.

Овцы были разделены на три группы: I группа (n=13) – на 9 суток введен CIDR с прогестероном (CIDR® Ovis, Zoetis, Мадрид, Испания); II группа (n=9) – CIDR введен на 11 дней; III группа (n=21) – CIDR введен на 13 дней. Во всех трех группах в день удаления пессария сделана внутримышечная инъекция ХГЛ 500 МЕ.

При завершении синхронизации после удаления пессариев и инъекции ХГЛ 500 МЕ, через 12 часов в течение 72 ч проводили наблюдения за признаками эструса. О начале эструса судили по поведению ярок, когда фиксировалось состояние неподвижности и допускалась садка барана. Продолжительность течки измеряли с момента первого полового акта до тех пор, пока овца не начала отвергать самца. Суягность ярок определяли через 30 дней после случки с помощью ультразвуковой диагностики (Chison sonotouch 60).

Для оценки результатов синхронизации ярок учитывали следующие показатели:

- % животных с положительным ответом на

Таблица 1. Дисперсионный анализ влияния схемы обработки овец на эструс и многоплодия.

| Источник | Зависимая переменная | F | Значимость | Частичная эта-квадрат | Мощность, % |
|--------------------------|----------------------|-------|------------|-----------------------|-------------|
| Скорректированная модель | Начало эструса | 3,33 | 0,04 | 0,16 | 59 |
| | Количество | 1,16 | 0,32 | 0,06 | 23 |
| Свободный член | Начало эструса | 187,2 | 0 | 0,84 | 100 |
| | Количество | 51,51 | 0 | 0,59 | 100 |
| CIDR | Начало эструса | 3,33 | 0,04 | 0,16 | 59 |
| | Количество | 1,16 | 0,32 | 0,06 | 23 |

Таблица 2. Показатели сопряженности продолжительности использования CIDR с началом эструса у ярок

| Показатели | Значение | ст.св. | Асимптотическая значимость (2-сторонняя) |
|----------------------------------|----------|--------|--|
| Хи-квадрат Пирсона | 27,29 | 12 | 0,007 |
| Отношения правдоподобия | 33,91 | 12 | 0,001 |
| Линейно-линейная связь | 3,78 | 1 | 0,052 |
| Количество допустимых наблюдений | 38 | - | - |

гормональные обработки от общего количества ярок в экспериментальной выборке;

- наступление эструса после удаления CIDR и внутримышечной инъекции ХГЛ;
- % суягных самок;
- выход ягнят на одну овцематку.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием пакета программ IBM SPSS Statistics 23.0. Результаты статистической обработки полученных данных приведены в виде средней (М) и стандартной ошибки средней (\pm SEM). Достоверность разницы между группами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Для определения соотношения между количеством ярок положительно реагирующих на синхронизацию, коэффициентом оплодотворения и долей обьягнвившихся овец использовали критерий χ^2 . Различия считали статистически значимыми при $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Результаты дисперсионного анализа показывают, что схема гормональной обработки с использованием интервагинальных пессариев CIDR в сочетании с внутримышечной инъекцией ХГЛ 500 МЕ в день удаления пессария оказывает достоверное влияние на наступление эструса у овец (табл. 1). Используемые схемы гормональной обработки на многоплодие не имеют значимого влияния. Анализ эффективности схемы обработки на изучаемые признаки показывает, что эффект гормональной обработки на наступление эструса имеет высокий уровень. Анализ сопряженности гормональной обработки с разными сроками использования интервагинальных пессариев CIDR, с ответом на обработки, временем начала наступления эструса и многоплодия, показывают, что используемая схема синхронизации имеет достоверное влияние на время наступления эструса (табл. 2).

Уровень значимости χ^2 , характеризующий сопряженность используемой схемы с многоплодием не является достоверным. Самый короткий интервал между удалением пессария и началом течки (12 ч) наблюдался в группе, где пессарий с прогестероном был установлен на 9 дней. Са-

мый длительный интервал между удалением пессария и началом течки (96 ч) наблюдался во второй группе (табл. 3).

В результате использования синхронизации в среднем у 88,3 % ярок наступил эструс. В зависимости от используемой схемы между группами зафиксирована существенная разница. В группах, где продолжительность использования CIDR составила 9 и 11 дней, эструс наступил у всех ярок. В группе ярок, у которых пессарий извлекали на 13-ый день, данный показатель составил 76,2 %. В среднем по всем группам – 88,3 %. Средний интервал между удалением пессария и началом течки в трех группах составил: в первой группе – 38,7 \pm 5,1 ч; во второй группе – 34,6 \pm 5,8 ч; в третьей группе – 52,4 \pm 4,4 ч.

Достоверная разница по срокам начала эструса в зависимости от продолжительности использования пессария установлена между второй и третьей группами. Во второй группе начало эструса зафиксировано на 17 ч раньше, чем в третьей группе ($p < 0,05$). Минимальное время от извлечения CIDR до начала эструса установлено в первой группе – через 12 ч, медиана и мода для этой группы составляет 48 ч, максимальное время 72 ч. Максимальное время зафиксировано в третьей группе – 96 ч, для данной группы медиана и мода также составили 48 ч, минимальное время от инъекции до наступления эструса – 48 ч.

В третьей группе суягность составила 81,8 % от количества овец пришедших в охоту. Во второй группе – 66,7 %. В первой группе – 76,9 %. При этом среднее количество ягнят на овцу в третьей группе составило 1,9 \pm 0,3 ягненка, во второй группе – 1,3 \pm 0,2 ягненка, а первой в группе – 1,8 \pm 0,3 ягненка.

Заключение. Результаты исследования показывают, что использование прогестерон содержащего гестагенного препарата оказывает достоверное влияние на начало эструса. Наиболее оптимальным является использование CIDR с постоянной скоростью выделения прогестерона на 9-11 дней, так как в этих группах наблюдалось 100% реакция на гормональную обработку.

Таблица 3. Перекрестная таблица начала эструса и схемы обработки.

| Схема синхронизации | | Начало эструса после удаления CIDR, ч | | | | | | | Всего |
|---------------------|----|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-------|
| | | 12 | 24 | 42 | 44 | 48 | 72 | 96 | |
| CIDR | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 13 |
| | 11 | 0 | 6 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 9 |
| | 13 | 0 | 0 | 3 | 2 | 9 | 0 | 2 | 16 |
| Всего | | 2 | 10 | 3 | 2 | 16 | 3 | 2 | 38 |

Таблица 4. Репродуктивные показатели ярок в зависимости от схемы гормональной обработки.

| Показатели | Схема обработки | | | Всего |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------|
| | CIDR 9 дней + ХГЛ 500 МЕ | CIDR 11 дней + ХГЛ 500 МЕ | CIDR13 дней + ХГЛ 500 МЕ | |
| Обработано, гол. | 13 | 9 | 21 | 43 |
| Пришли в охоту | гол. | 13 | 9 | 38 |
| | % | 100 | 100 | 88,3 |
| Установлена суягность | гол. | 10 | 5 | 28 |
| | % | 76,9 | 55,5 | 65,1 |
| Продолжительность от удаления CIDR до начала эструса, час. | 38,7±5,1 | 34,6±5,8 | 52,4±4,4 | 43,5±3,1 |
| Многоплодность, гол. | 1,8±0,3 | 1,3±0,3 | 1,9±0,2 | 1,7±0,2 |

Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования РФ 121052600357-8 (0445-2021-0012).

Литература

1. Балакирев Н. А. Состояние и перспектива развития овцеводства России / Н. А. Балакирев, Ф. Р. Фейзуллаев, В. Д. Гончаров, М. В. Селина // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 1 (26). – С. 58-63.
2. Селионова М. И. Экономика овцеводства: плюсы и минусы / М. И. Селионова, Г. Т. Бобрышова, З. К. Гаджиев, С. А. Измалков // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 1. – С. 5-10.
3. Shaokat A. Reproductive problems in small ruminants (Sheep and goats): A substantial economic loss in the world / A. Shaokat et al. // Large Animal Review. – 2019. – № 25. – P. 215-223.
4. Чекункова Ю. А. Стимуляция охоты у овец в весенний период / Ю. А. Чекункова // Вестник АГАУ. – 2016. – № 8. – С. 104-108.
5. Кравченко Н. И. Воспроизводительное скрещивание помесей мериносов с романовской породой для создания нового генотипа многоплодных овец / Н. И. Кравченко // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 1. – С. 50-56.
6. Дмитриева Т. О. Некоторые результаты скрещивания овец романовской породы и катадин / Т. О. Дмитриева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 9-1(111). – С. 94-97. Doi: 10.23670/IRJ.2021.9.111.015.
7. Владимиров Н. И. Подбор родительских пар и продуктивность потомства в овцеводстве / Н. И. Владимиров, А. П. Косарев, Н. Ю. Владимирова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (125). – С. 85-89.
8. Христиановский П. И. Методы интенсификации воспроизводства в овцеводстве (обзор) / П. И. Христиановский, С. А. Платонов, Е. С. Медетов, Т. Б. Алдыяров // Известия ОГАУ. – 2022. – № 3 (95). – С. 259-263.
9. Сергеев М. А. Особенности эндокринной регуляции полового цикла у овец и коз / М. А. Сергеев, А. И. Фролова, М. А. Багманов и др. // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Баумана Н. Э. – 2013. – Т. 215. – С. 313-318.
10. Айбазов А.-М. М. Перспективная биотехнология воспроизводства овец и коз / А.-М. М. Айбазов, М. С. Сеитов, Т. В. Мамонтова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 1. – № 7. – С. 3-7.
11. Зонтурлу А. К. Синхронизация эструса у овец (*Ovis Aries*) породы Авасси вне сезона размножения при скармливании витамина Е и мультиминеральной добавки (Se, Ca, P, Cu, Co) / А. К. Зонтурлу, С. Кацар, М. Сенмез, А. Йусе, С. Кайа // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 2. – С. 331-337.
12. Martinez-Ros P. Efficiency of CIDR-Based Protocols Including GnRH Instead of eCG for Estrus Synchronization in Sheep / P. Martinez-Ros, A. Gonzalez-Bulnes // Animals. – 2019. – № 4: 146. Doi: 10.3390/ani9040146.

Khusnetdinova N.¹, Iolchiev B.²

Synchronization of the reproductive cycle is bright for the regulation of lambing

Abstract.

Purpose: to study the effect of the duration of the use of progesterone for synchronization of the sexual cycle and the elaboration of the Dorper breed in the reproduction season.

Materials and methods. The object of the study was bright ($n = 43$) of the Dorper breed. Yarok was synchronized by the introduction of pessaries with progesterone (sidr) and injection on the day of removal of the CIDR of a chorionic gonadotropin of horses (HCH) in a dosage of 500 ME. Sheep were divided into three groups: I group ($n = 13$) – for 9 days a CIDR with progesterone (CIDR® OVIS, Zoetis, Madrid, Spain) was introduced for 9 days; Group II ($n = 9$) – CIDR was introduced for 11 days; Group III ($n = 21$) – CIDR was introduced for 13 days. In all three groups on the day of removal of the pessary, intramuscular injection of the HCL 500 IU is made. Upon completion of synchronization, observations of the signs of estrus were observed within 72 hours. Jacket was judged by the beginning of the estrus, when the state of immobility and the allowance of the ram of the ram was recorded. The duration of estrus was measured from the moment of the first intercourse until the sheep began to reject the male.

Results. The average interval between the removal of the pessary and the beginning of estrus in three groups was: in the first group – $38,7 \pm 5,1$ hours; in the second group – $34,6 \pm 5,8$ hours; In the third group – $52,4 \pm 4,4$ hours. The minimum time from the extraction of CIDR to the beginning of the estrus was installed in the first group – after 12 hours, the maximum time was recorded in the third group – 96 hours.

Conclusion. The reliable effect of progesterone containing a gestagen drug on the reproductive indicators of the fierce, mainly at the beginning of the estrus, has been demonstrated. The most optimal is the use of CIDR with a constant rate of progesterone release by 9-11 days, since these groups have a 100% reaction to hormonal treatment.

Key words: synchronization, hormones, sheep, dorper, estrus, CGL, SIDR, pregnancy.

Authors:

Khusnetdinova N. – PhD (Biol. Sci; e-mail: vet-doc@bk.ru;

Iolchiev B. – Dr. Habil. (Biol. Sci.); e-mail: baylar1@mail.ru.

¹ Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K. I. Scriabin; 109472, Russian Federation, Moscow, Ul. Academician Scriabin, 23;

² L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry; Dubrovitsy, 60, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132 Russia.

References

1. Balakirev N. A. The state and prospect of the development of sheep breeding of Russia / N. A. Balakirev, F. R. Feizullaev, V. D. Goncharov, M. V. Selina // Agrarian Bulletin of the Verkhnevol-Zheya. – 2019. – № 1 (26). – P. 58-63.
2. Selionova M. I. Economics of sheep breeding: pros and cons / M. I. Seelionov, G. T. Bobryshova, Z. K. Gadzhiev, S. A. Izmalkov // Sheep, goats, wool business. – 2017. – № 1. – P. 5-10.
3. Shaokat A. Reproductive Problems in Small Ruminants (Sheep and Goats): A Substantial Economic Loss in the World / A. Shaokat et al. // Large Animal Review. – 2019. – № 25. – P. 215-223.
4. Chekunkova Yu. A. Stimulation of hunting at the sheep in the spring / Yu. A. Chekun-Kova // Bulletin of Agau. – 2016. – № 8. – P. 104-108.
5. Kravchenko N. I. Preventive crossing of Merinos's estates with the Ro-Manovskoy breed to create a new genotype of multiple sheep / N. I. Kravchenko // Agricultural Journal. – 2019. – № 1. – P. 50-56.
6. Dmitrieva T.O. Some results of crossing the sheep of the Romanov breed and Katadin / T. O. Dmitrieva // International Scientific Research Journal. – 2021. – № 9-1 (111). – P. 94-97. Doi: 10.23670/IRJ.2021.9.111.015.

7. Vladimirov N. I. The selection of parental couples and the productivity of offspring in the Ov-Privaria / N. I. Vladimirov, A.P. Kosarev, N. Yu. Vladimirov // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2015. – № 3 (125). – P. 85-89.
8. Christian P.I. Methods of intensification of reproduction in the sheep (review) / P. I. Christianovsky, S. A. Platonov, E. S. Medetov, T. B. Aldyarov // Healthy Ogau. – 2022. – № 3 (95). – P. 259-263.
9. Sergeev M. A. Features of the endocrine regulation of the sexual cycle in sheep and goats / M. A. Sergeev, A. I. Frolov, M. A. Bagmanov and other // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after Bau-Man N. E. – 2013. – Vol. 215. – P. 313-318.
10. Aibazov A.-M. M. Promising biotechnology of the reproduction of sheep and goats / A.-M. M. Aibazov, M. S. Seitov, T. V. Mamontova // Collection of scientific works of the Stavropol Research Institute of Livestock and Feeding. – 2014. – Vol. 1. – № 7. – P. 3-7.
11. The umbrella A.K. Synchronization of the estrus in sheep (ovis aries) of the Avassi breed outside the reproduction season when fed vitamin E and multimineral additives (se, s, p, CO, CO) / A.K. Usturner, S. Katsar, M. Senmez, A. Yusa, S. Kaya // Agricultural Biology. – 2017. – Vol. 52. – № 2. – P. 331-337.
12. Martinez-Ros P. Efficiency of Cidr-Based Protocols Including GnRH Inst, eCG for estrus synchronization in sheep / P. Martinez-Ros, A. Gonzalez-Bulnes // Animals. – 2019. – № 4: 146. Doi: 10.3390/Ani9040146.

Ю. Е. Беренев

Сравнительная характеристика самок ладожской палии (*Salvelinus Alpinus L.*), выращиваемой в условиях рыбоводного хозяйства Ленинградской области, по размерно-весовым и репродуктивным признакам

Аннотация.

Цель: провести сравнительную характеристику самок, созревших впервые в возрасте 4 и 5 лет, по основным масса-размерным и репродуктивным признакам.

Материалы и методы: экспериментальные исследования проводились на базе федерального селекционно-генетического центра рыбоводства (ФСГЦР) в пос. Ропша (Ленинградская обл.). Объектом исследования служили самки ладожской палии (*Salvelinus alpinus L.*) III поколения, достигшие половой зрелости в 4- (n=50) и 5-годовалом (n=45) возрасте. Индивидуальную оценку самок второго поколения заводского разведения проводили в два этапа: во время первого нереста в возрасте пяти лет (2019 г.) и в следующем нерестовом сезоне в возрасте шести лет (2020 г.). При измерении тела и сбора половых продуктов использовали в качестве анестетика гвоздичное масло. Анестезирование проводили путем помещения рыб в водный раствор гвоздичного масла концентрацией 0,15–0,2 мл/л на 2–3 минуты.

Результаты: при оценке зрелых самок в возрасте 4 и 5 лет было выявлено, что при статистически значимом увеличении массы тела пятигодоваликов с $1869,3 \pm 57,5$ по $2156,6 \pm 96,53$, кратность между лимитами массы тела с возрастом не изменилась и составляет 3,2. По остальным критериям наблюдается тенденция к уменьшению вариабельности. Наблюдается статистически значимое увеличение средней массы одной икринки при условии, что средние значения других репродуктивных признаков отличий не имеют. При этом вариабельность данных признаков у пятигодоваликов выше чем у четырехгодоваликов. Так, рабочая плодовитость увеличилась с 37,4 до 55,1%, а относительная с 26,8 до 43,7%. Корреляционный анализ показал появление с возрастом слабой отрицательной связи между относительной плодовитостью и большинством масса-размерных признаков, в остальном сохранение общих тенденций во взаимосвязи с усилением положительной корреляции.

Ключевые слова: палия; самки; масса-размерные признаки; показатели; созревание; корреляция.

Авторы:

Беренев Ю. Е. – e-mail: yberenev@list.ru; Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5.

Введение. Ладожская палия — это озерная форма арктического гольца. Считается, что за время развития в условиях пресных озер, она приобрела некоторые отличия от изначальной формы, например, цвет или размер головы, однако эти изменения не слишком значительны. Тем не менее, обитающую палию в озерах Карелии и Кольского полуострова принято относить к подвиду *S. alpinus (L.)* с названием вида — *Salvelinus alpinus lepechini (Gmelin)* [1].

Палия является ценным промысловым объектом. В начале прошлого века промысловый и потребительский лов достигал 300 т (порядка 100 т вылавливалось в Ладожском озере). В результате бесконтрольного вылова палии во время нереста к началу 60-х годов ее численность и, соответственно, уловы резко сократились. Введение

запрета на вылов палии в период нереста на основных нерестилищах не привело к положительным результатам [2].

Первые документированные попытки искусственного разведения арктического гольца были предприняты в конце XIX века в Норвегии и почти одновременно — в России. Коммерческое выращивание в объемах 12–24 т стартовало в 1980-х гг. в Канаде [3, 4]

Ярким подтверждением увеличения численности палии является то, что ее стали массово ловить рыбаки-любители не только на «основных» нерестилищах, но и в остальной части акватории озера. Стабилизация численности и повышение запасов палии позволили с 1996 года организовать сетной любительский лов этого вида по лицензиям [5].

В настоящее время в России разведение гольцов, а именно палии, ограничивается целями компенсации ущерба, нанесенного водным биоресурсам в результате хозяйственной деятельности. А само разведение, выращивание и содержание проходит на базе хозяйства с замкнутой системой водоснабжения в пос. Ропша Ленинградской области.

Благодаря пластичности гольцов, в том числе адаптации к низким температурам, палия по-прежнему вызывает интерес как перспективный объект аквакультуры Карелии и Кольского полуострова. Гольцы являются наиболее холодостойкими представителями семейства лососевых. Однако их выращивание сопровождается рядом трудностей: по сравнению с близкими родами морфогенез сильно растянут, а половое созревание может происходить в разном возрасте [4].

Как известно, создание эффективных технологий заводского воспроизводства гидробионтов и оптимизация рыбоводного процесса в значительной степени опираются на эколого-физиологические механизмы управления ростом и развитием рыб в конкретных условиях среды. Именно поэтому при введении в аквакультуру любых объектов практическому рыбоводству требуется детальное изучение максимального количества биологических характеристик рыб с учетом спе-

цифики условий их содержания.

Цель исследований – провести сравнительную характеристику самок, созревших впервые в возрасте 4 и 5 лет, по основным масса-размерным и репродуктивным признакам.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи: 1) рассчитать и сравнить морфометрические показатели зрелых самок палии в возрасте 4 и 5 лет; 2) оценить корреляционные связи между признаками.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились на базе федерального селекционно-генетического центра рыбоводства (ФСГЦР) в Ропше (Ленинградская обл.)

Объектом исследования служили самки ладожской палии (*Salvelinus alpinus L.*) III поколения селекции, достигшие половой зрелости в 4 ($n=50$) и 5-годовалом ($n=45$) возрасте. Индивидуальную оценку самок второго поколения заводского разведения проводили в два этапа: во время первого нереста в возрасте пяти лет (2019 г.) и в следующем нерестовом сезоне в возрасте шести лет (2020 г.). Исходное маточное стадо заложено в 1999 г. Из икры палии, отловленной в Ладожском оз. на естественных нерестилищах. Выращивание рыб проводят в закрытом помещении в проточных бассейнах с ключевым водоснабжением. Температура воды зимой – 4.5°C,

Таблица 1. Показатели четырехгодовиков палии.

| Показатели | lim (min-max) | M±m | Cv, % |
|---|---------------|--------------|-------|
| <i>Масса-размерные признаки</i> | | | |
| Масса тела, г | 910-2965 | 1869,3±57,5* | 21,9 |
| Длина тела (по Смиту), см | 45-65 | 54,1±0,54 | 7,2 |
| Длина тела (от конца рыла до конца чешуйчатого покрова), см | 42-57 | 50,2±0,45 | 6,4 |
| Длина головы, см | 8,2-11,5 | 9,6±0,09 | 6,8 |
| Высота тела, см | 8,4-14,2 | 11,7±0,17 | 10,1 |
| Толщина тела, см | 4,1-8,2 | 5,9±0,1 | 12,4 |
| <i>Репродуктивные признаки</i> | | | |
| Масса одной икринки, мг | 67-94 | 80,6±0,98* | 8,7 |
| Рабочая плодовитость | 938-6734 | 3000,8±157,3 | 37,4 |
| Относительная плодовитость | 696-2719 | 1821,4±68,3 | 26,8 |
| <i>Индексы</i> | | | |
| Упитанности | 1,17-2,2 | 1,45±0,02 | 11,9 |
| Толщины | 8,46-15,1 | 10,9±0,14 | 9,4 |
| Головы | 14,46-22,46 | 17,8±0,15 | 5,9 |
| Прогонистости | 3,9-6,12 | 4,65±0,05 | 8,3 |
| Репродуктивности | 4,7-57,1 | 15,47±0,99 | 45,7 |

Примечание: различие по данному показателю статистически достоверно ($p \leq 0,05$)

летом – 6.0-14.0°С [6]. Для обеспечения нормального развития и высокой интенсивности роста использовали гранулированные корма фирмы «БиоМар». Палию кормили согласно нормативам, в которых указаны температура воды, кратность раздачи корма и его биохимический состав, наиболее благоприятствующий росту рыб определенного возраста [6]. При созревании производителей проводят бонитировку и постоянный контроль состояния рыб. Измерения проводились по схеме, принятой для лососевых рыб по традиционной методике [7]. При измерении тела и сборе половых продуктов использовали в качестве анестетика гвоздичное масло. Анестезирование проводили путем помещения рыб в водный раствор гвоздичного масла концентрацией 0,15-0,2 мл/л на 2-3 минуты [8].

Основная цель бонитировки промышленного стада – это распределение рыб на группы по готовности к нересту и потенциальной плодовитости. Порядок проведения бонитировки, набор учитываемых признаков и методы их оценки в основном однотипны и не зависят от породной и даже видовой принадлежности рыб.

Для проведения бонитировочных работ было использовано следующее оборудование: сачки для вылова рыб, носилки, весы с точностью взвешивания не менее 10 г для индивидуального взвешивания и бонитировочную доску с мерным угольником. При организации бонитировки подготавливают также необходимые средства для проведения мечения рыб, а также их профилактической и лечебной обработки. Бонитировка самок и самцов по экстерьерным признакам включает ряд показателей [9]: массу рыб; длину тела от конца рыла до конца чешуйного покрова – L; длину тела по Смиту – от конца рыла до конца развилки на хвостовом плавнике – Sm; длину головы от конца рыла до конца жаберной крышки – С; наибольшую высоту тела – Н; наибольшую толщину тела – В. Данные линейных промеров использовались для расчёта индексов телосложения – индекс толщины тела, индекс длины головы, индекс прогонистости и коэффициент упитанности по Фультону. Также был проведен корреляционный анализ с целью выявления взаимосвязей признаков между собой.

Биометрическая обработка данных проведена по общепринятым в биологии методам. Статистическая обработка проведена с определением минимального (Min) и максимального (Max) значений массива и расчетом среднего значения (M), ошибки средней (m), коэффициента вариации (Cv). Различия между показателями оценивались с использованием t-критерия Стьюдента, достоверными считались различия показателей при $p \leq 0,05$.

Биометрическая обработка данных проведена по общепринятым в биологии методам. Статистическая обработка проведена с определением минимального (Min) и максимального (Max) значений массива и расчетом среднего значения (M), ошибки средней (m), коэффициента вариации (Cv). Различия между показателями оценивались с использованием t-критерия Стьюдента, достоверными считались различия показателей при $p \leq 0,05$.

Таблица 2. Показатели пятигодовиков палии.

| Показатели | lim (min-max) | M±m | Cv,% |
|---|---------------|---------------|------|
| <i>Масса-размерные признаки</i> | | | |
| Масса тела, г | 1155-3765 | 2156,6±96,53* | 30 |
| Длина тела (по Смиту), см | 49-66 | 56,02±0,67 | 8 |
| Длина тела (от конца рыла до конца чешуйчатого покрова), см | 45-61 | 51,73±0,63 | 8,1 |
| Длина головы, см | 8,5-11,6 | 9,84±0,12 | 8,3 |
| Высота тела, см | 8,5-14,7 | 11,28±0,2 | 11,8 |
| Толщина тела, см | 4,7-8 | 6,11±0,13 | 13,8 |
| <i>Репродуктивные признаки</i> | | | |
| Масса одной икринки, мг | 68-109 | 92,1±1,45* | 8,6 |
| Рабочая плодовитость | 831-6554 | 3190±306 | 44,9 |
| Относительная плодовитость | 642-2973 | 1712±123 | 31,3 |
| <i>Индексы</i> | | | |
| Упитанности | 1,18-1,92 | 1,52±0,02 | 11,5 |
| Толщины | 8,95-13,05 | 10,87±0,13 | 8 |
| Головы | 16,36-19,49 | 17,58±0,1 | 3,7 |
| Прогонистости | 4,07-5,88 | 4,9±0,05 | 7 |
| Репродуктивности | 5,8-22,22 | 13,6±0,72 | 34,4 |

Примечание: различие по данному показателю статистически достоверно ($p \leq 0,05$)

Результаты и обсуждение. Наблюдение за изменением данных признаков является важной частью селекционно-племенной деятельности, поскольку ухудшение показателей может указывать на появление биотехнических проблем при выращивании рыб, причем еще на стадии инкубации. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2.

У четырехгодовалой палии можно наблюдать высокую по показателю, но стандартную для рыбных хозяйств вариабельность по массе тела. В селекционной работе данный признак важен, но не значит, что стоит выбраковать тех, что с низким весом, и оставить самых крупных.

Отбор быстрорастущих особей нежелателен, поскольку у них часто наблюдаются отклонения от нормального функционирования половых желез, а наследуемость темпов роста низка [9]. Также не стоит оставлять без внимания тот факт, что группы особей, превосходящих других по длине и весу, формируются за счет конкуренции особей за пищу и поэтому их темпы роста могут быть мало связаны. Наблюдается высокая вариабельность репродуктивных признаков из чего следует повышение индекса репродуктивности.

Кратность между лимитами массы тела с возрастом не изменилась и составляет 3,2. По остальным критериям наблюдается тенденция к уменьшению вариабельности.

Наблюдается статистически значимое увеличение средней массы одной икринки при условии, что средние значения других репродуктивных признаков отличий не имеют. Показатель массы икринки тесно связан с количеством питательных веществ в желточном мешке и, соответственно, с размерами будущих личинок, что в свою очередь влияет на сроки перехода личинок к активному питанию и их выживаемость. Как у четырех-, так и у пятигодовалых вариабельность по данному признаку на низком уровне, что может говорить о повышенной жизнеспособности икры [6]. При этом вариабельность рабочей плодовитости и относительной плодовитости у пятигодовалых выше, чем у четырехгодовалых. Так, рабочая плодовитость увеличилась с 37,4 до 44,9 %, а относительная с 26,8 до 31,3 %.

В работе по изучению самок палии второго поколения Павлисовым А. А. были получены схожие данные по индексам толщины, головы и прогонистости [8]. Статистически незначимые отличия по показателям индексов тела, а также коэффициента упитанности как у самок III поколения, так и у II [8] могут свидетельствовать о наличии определенных видовых стандартов по массе и форме тела.

Кроме того, были изучены корреляционные связи исследуемых параметров. В таблицах 3, 4 можно увидеть, что основной массив корреля-

Таблица 3. Корреляция масса-размерных и репродуктивных показателей созревших четырехгодовалых самок.

| Показатели | Масса рыбы РТ в г | Длина тела по Смигу L, см | Длина тела чеш. покрова, It | Длина головы | Высота тела Нт в см | Толщина тела Вт | Масса икры в г | Масса одной икринки в мг | Рабочая плодовитость | Относительная плодовитость |
|-----------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|
| Масса рыбы РТ в г | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Длина тела по Смигу L, см | 0,700 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Длина тела чеш. покрова, It | 0,858 | 0,794 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Длина головы | 0,571 | 0,617 | 0,776 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| Высота тела Нт в см | 0,876 | 0,641 | 0,798 | 0,520 | 1 | - | - | - | - | - |
| Толщина тела Вт | 0,844 | 0,638 | 0,735 | 0,466 | 0,810 | 1 | - | - | - | - |
| Масса икры в г | 0,691 | 0,341 | 0,694 | 0,508 | 0,700 | 0,504 | 1 | - | - | - |
| Масса одной икринки в мг | 0,253 | 0,303 | 0,266 | 0,04 | 0,368 | 0,269 | 0,095 | 1 | - | - |
| Рабочая плодовитость | 0,766 | 0,528 | 0,669 | 0,332 | 0,780 | 0,617 | 0,759 | 0,090 | 1 | - |
| Относительная плодовитость | 0,256 | 0,197 | 0,239 | 0,042 | 0,415 | 0,197 | 0,522 | -0,077 | 0,793 | 1 |

ционных связей схож между самками палии как 4, так и 5 лет.

Данные таблицы 3 указывают на наличие положительной корреляции между всеми масса-размерными признаками, будь то масса рыбы и длина тела, высота, толщина или длина чешуйчатого покрова.

Корреляционный анализ ($p \leq 0,05$) (табл. 3) выявил высокую связь между рабочей плодовитостью и массой тела ($r = 0,76$), а также между всеми линейными признаками: рабочая плодовитость – длина тела от конца рыла до конца чешуйчатого покрова ($r = 0,67$), рабочая плодовитость – толщина тела ($r = 0,61$), рабочая плодовитость – высота тела ($r = 0,78$). Между относительной плодовитостью и высотой тела связь умеренная ($r = 0,44$). С остальными признаками связь либо низкая, либо ее нет. Кроме того, положительная корреляция имеется и у репродуктивных признаков с масса-размерными.

Если обратить внимание на корреляционные связи между репродуктивными признаками с масса-размерными, то можно увидеть, как происходит уменьшение корреляции вплоть до ее отсутствия. Корреляционный анализ показал появление слабой отрицательной связи между относительной плодовитостью и большинством масса-размерных признаков: относительная плодовитость – длина тела от конца рыла до конца

чешуйчатого покрова ($r = -0,19$), относительная плодовитость – длина головы ($r = -0,25$), относительная плодовитость – длина тела по Смиуту ($r = -0,25$). С высотой тела корреляция ослабла и снизилась до ($r = 0,24$). В остальном сохраняются общие тенденции во взаимосвязи параметров как и у четырехгодовиков с усилением положительной корреляции.

Закключение. При введении объекта в аквакультуру ведущим фактором является скорость роста рыб. Средняя масса тела четырехгодовиков и пятигодовиков была $1869,3 \pm 57,5$ г и $2156,6 \pm 96,53$ г, соответственно, что существенно меньше, чем у радужной форели такого же возраста. Это определяется оптимальными температурами выращивания, которые для палии существенно ниже.

В тоже время, при низкой температуре воды палия не уступает радужной форели по скорости роста. Существенная вариабельность по массе тела дает возможность ведения селекции по этому признаку. При создании пород для товарного рыбоводства можно применять методы семейной селекции, при которой возможно снижения генетического разнообразия, что недопустимо при выпуске молоди в естественные водоемы. Успех селекции при этом будет определяться существенно большей долей генотипической варианты, чем при массовом отборе.

Таблица 4. Корреляция масса-размерных и репродуктивных показателей созревших пятигодовалых самок палии.

| Показатели | Масса рыбы РТ в г | Длина тела по Смиуту L, см | Длина тела чеш. покрова, Iг | Длина головы | Высота тела Нг в см | Толщина тела Вт | Масса икры в г | Масса одной икринки в мг | Рабочая плодовитость | Относительная плодовитость |
|-----------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|
| Масса рыбы РТ в г | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Длина тела по Смиуту L, см | 0,916 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Длина тела чеш. покрова, Iг | 0,938 | 0,972 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Длина головы | 0,805 | 0,896 | 0,852 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| Высота тела Нг в см | 0,939 | 0,797 | 0,837 | 0,693 | 1 | - | - | - | - | - |
| Толщина тела Вт | 0,961 | 0,862 | 0,878 | 0,761 | 0,926 | 1 | - | - | - | - |
| Масса икры в г | 0,642 | 0,453 | 0,513 | 0,434 | 0,773 | 0,624 | 1 | - | - | - |
| Масса одной икринки в мг | 0,010 | 0,143 | 0,064 | 0,057 | -0,071 | -0,004 | 0,076 | 1 | - | - |
| Рабочая плодовитость | 0,573 | 0,322 | 0,393 | 0,319 | 0,752 | 0,581 | 0,932 | -0,065 | 1 | - |
| Относительная плодовитость | -0,032 | -0,254 | -0,195 | -0,255 | 0,242 | 0,022 | 0,653 | -0,152 | 0,837 | 1 |

Автор статьи выражает благодарность сотрудникам ФСГЦР филиала ФГБУ "Главрыбвод" В. М. Голоду и Н. И. Шиндавиной за помощь в сборе материала и подготовке публикации.

Литература

1. Сытюгина К. С. Генеративные процессы гольца озёрного Кольского полуострова / К. С. Сытюгина // Наука и образование сегодня. — 2018. — Т. 5. — № 28. — С. 14-15.
2. Михайленко В. Г. Состояние и перспективы естественного и искусственного воспроизводства палии Ладожского озера / В. Г. Михайленко, А. Г. Леонов, М. А. Дятлов // Мат. II между. науч. конф. «Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб». — СПб, 2013. — С. 260-262
3. Есин Е. В. Гольцы рода *Salvelinus* азиатской части Северной Пацифики: происхождение, эволюция и современное разнообразие / Е. В. Есин, Г. Н. Маркевич // Петропавловск-Камчатский. — 2017. — 187 с.
4. Кудерский Л. А. Американская палия в ручьях Ленинградской области / Л. А. Кудерский // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1984. — Вып. 220. — С. 97-117.
5. Федеральное агентство по рыболовству: сайт. — URL: <https://fish.gov.ru/otrasl-v-tsifrah/2017/06/15/v-leningradskoj-oblasti-vpervye-chipirovali-paliyu/> (дата обращения: 14.03.2023).
6. Никандров В. Я. Научно-методические подходы и опыт разведения арктических гольцов на примере заводского выращивания ладожской палии *Salvelinus lepechini* (Gmelin 1788). / В. Я. Никандров, Н. И. Шиндавина, В. М. Голод, А. А. Лукин // Рыбное хозяйство. — 2021. — № 6. — С. 104-113.
7. Правдин И. Ф. Изучение возраста и роста рыб: Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин // Пищевая промышленность. — М, 1966. — С. 347.
8. Павлисов А. А. Рыбоводно-биологическая оценка самок заводского стада ладожской палии (*Salvelinus alpinus complex*) / А. А. Павлисов // Мат. между. науч. конф. «Рыбохозяйственные водоемы России. Фундаментальные и прикладные исследования». — 2014. — С. 1290-1296.
9. Голод В. М. Селекционно-племенная работа с радужной форелью / В. М. Голод, В. Я. Никандров, Е. Г. Терентьева, Н. И. Шиндавина. — СПб, 1995. — 29 с.

Berenev Yu.

Comparative characteristics of female Ladoga palia (*Salvelinus Alpinus L.*), grown in the conditions of fish farming in the Leningrad region by size, weight and reproductive characteristics

Abstract.

Purpose: to conduct a comparative characterization of females matured for the first time at the age of 4 and 5 years according to the main mass-dimensional and reproductive characteristics.

Materials and methods. Experimental studies were carried on the basis of the Federal Fish Breeding Genetic Center (FSGTSR). The object of the study was female Ladoga char (*Salvelinus alpinus L.*) of the III generation, which reached puberty at 4- ($n=50$) and 5-year-olds. ($n=45$) age. Females of the second generation of factory breeding were individually assessed in two stages: during the first spawning at the age of five years (2019) and in the next spawning season at the age of six years (2020). When measuring the body and collecting genital products, clove oil was used as an anesthetic. Anesthesia was performed by placing the fish in an aqueous solution of clove oil at a concentration of 0,15–0,2 ml/l for 2–3 minutes.

Results. When evaluating mature females at the age of 4 and 5 years, it was found that with a statistically significant increase in body weight of five-year-olds from 1869.3 ± 57.5 to 2156.6 ± 96.53 , the multiplicity between

the body weight limits did not change with age and is 3,2. For other criteria, there is a tendency to decrease in variability. A statistically significant increase in the average weight of one egg is observed, provided that the average values of other reproductive traits do not differ. At the same time, the variability of these signs in five-year-olds is higher than in four-year-olds. So the working fertility increased from 37,4 to 55,1 %, and relative from 26,8 to 43,7 %. Correlation analysis showed the appearance of a weak negative relationship with age between relative fecundity and most of the weight-size traits, otherwise the general trends were preserved in conjunction with an increase in positive correlation.

Key words: *palia*; females; mass-dimensional characteristics; indicators; maturation; correlation.

Authors:

Berenev Yu. – e-mail: yberenev@list.ru; St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, Chernihiv str., 5.

References

1. Sytyugina K. S. Generative processes of the lifting of the Ozerny Kola Peninsula / K. S. Sytyugin // Science and Education Today. – 2018. – Vol. 5 – № 28. – P. 14-15.
2. Mikhailenko V. G. The state and prospects of the natural and artificial reproduction of Pali Ladoga Lake / V. G. Mikhailenko, A. G. Leonov, M. A. Dyatlov // Mat. II member. scientific. Conf. "Reproduction of natural populations of valuable species of fish.". – St. Petersburg, 2013. – P. 260-262
3. Esin E.V. Goltsi of the genus *Salvelinus* Asian part of the northern pacifika: origin, evolution and modern diversity / E. V. Esin, G. N. Markevich // Petropavlovsk-Kamchatsky. – 2017. – 187 p.
4. Kudersky L. A. American Pali in streams of the Leningrad region / L. A. Kudersky // Sat. scientific. tr. gosNIORH. – 1984. – Issue. 220. – P. 97-117.
5. Federal Fisheries Agency: Site. -URL: <https://fish.gov.ru/otrasl-v-tsifrakh/2017/06/15/v-Lengradskoj-oblasti-vpervye-chipirovali-paliyu/>(Application date: 14.03.2023).
6. Nikandrov V. Ya. Scientific and methodological approaches and the experience of breeding Arctic Goltsi on the example of the factory cultivation of the Ladoga Pali *Salvelinus Lepechini* (Gmelin 1788). / V. Ya. Nikandrov, N. I. Shindavin, V. M. Hurd, A. A. Lukin // Fish. – 2021. – № 6. – P. 104-113.
7. Pravdin I. F. Study of the age and growth of fish: a guide to the study of fish / I. F. Pravdin // Food Industry. – M, 1966. – P. 347.
8. Pavlisov A. A. Fish-breeding assessment of females of the factory herd of Ladoga Pali (*Salvelinus alpinus complex*) / A. A. Pavlisov // Mat. Mez. scientific. Conf. "Fishery reservoirs of Russia. Fundamental and applied research". – 2014. – P. 1290-1296.
9. The hunger of V. M. breeding and tribe work with rainbow trout / V. M. Holod, V. Ya. Nikandrov, E. G. Terentyeva, N. I. Shindavin. - St. Petersburg, 1995. – 29 p.

А. И. Азовцева, Н. В. Дементьева

Факторы, влияющие на крепость костяка кур

Аннотация.

Цель: изучение накопленных данных о генетической детерминированности крепости костяка и обсуждение возможности их использования для совершенствования птицеводства.

Как в мясном, так и в яичном птицеводстве крепость костяка является важной характеристикой благополучия животных, от которой во многом зависит экономическая эффективность отрасли. Связано это с тем, что отсутствие крепости выражается хрупкостью костей, их деформациями или переломами, возникающими как при определенных технологиях содержания птиц, так и при переработке продуктов птицеводства, что сопровождается экономическими потерями. Качество и прочность костной ткани складывается, помимо условий содержания, из сложного комплекса взаимодействий структурных, физиологических, пищевых и архитектурных составляющих. Изучение крепости костяка птиц усложняется также особенностями воспроизводства. Процесс яйцекладки обуславливает некоторые особенности остеогенеза, в числе которых образование медуллярной кости, функция которой заключается в депонировании кальция, необходимого для образования скорлупы. На сегодняшний день фактическая оценка крепости костяка происходит посмертно, в случае измерения минеральной плотности костей, а также прочности кости на разрыв. Особенность обоих методов заключается в том, что они не позволяют использовать оцененных животных в селекции для улучшения крепости костяка, поэтому изучение генетических детерминант этого комплексного признака является актуальной исследовательской задачей. Использование современных методов анализа информации на основании ДНК-технологий является необходимым этапом для выявления генов-кандидатов, контролирующих крепость костяка птиц, способным в перспективе увеличить эффективность селекции в птицеводстве. В настоящем обзоре обсуждаются имеющиеся результаты полногеномного поиска ассоциаций (GWAS) с крепостью костей птиц, а также существующие данные о взаимосвязи крепости костяка с такими прижизненно оцениваемыми характеристиками как яйценоскость и возраст снесения первого яйца.

Ключевые слова: крепость костяка, минеральная плотность костей, прочность костей на разрыв, остеопороз, ДНК-маркеры, медуллярная кость.

Авторы:

Азовцева А. И. – e-mail: ase4ica15@mail.ru;

Дементьева Н. В. – кандидат биологических наук; e-mail: dementevan@mail.ru.

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ); 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а.

Введение. Птицеводство является источником высококачественного белка животного происхождения, что обуславливает важность этой отрасли сельского хозяйства как экономического объекта Российской Федерации. За последние 10 лет мясное производство в птицеводстве вышло на уровень, позволяющий импортировать продукцию, однако ее качество не вызывает интереса зарубежных стран [1]. В большинстве случаев это связано с пороками птиц, например, со слабостью костяка, который приводит к ухудшению товарного вида тушки. Яичное птицеводство также подвержено негативному влиянию слабости костяка, что выражается в переломах кия у кур-несушек преимущественно клеточного содержания [2]. Вызва-

но это высокой яйценоскостью кур-несушек, которая зависит от метаболизма и, в частности, от гомеостаза таких минеральных веществ как Са и Р [3]. Несмотря на наличие специализированного депо кальция в виде медуллярной кости, минеральная резорбция не ограничивается только ею, в результате чего отмечено снижение минерализации кортикальной части костей [4]. Сохранение костных проблем связано с тем, что селекционные мероприятия в птицеводстве основываются на методах разведения, сформулированных еще в прошлом столетии [5]. С развитием ДНК-технологий появилась возможность повысить эффективность селекционно-племенной работы за счет изучения изменений в нуклеотидной последовательности

ДНК и из ассоциации с хозяйственно-полезными признаками [6]. Зачастую показатель крепости костяка изучается в исследованиях, посвященных кормовым добавкам [7] и их влиянию на минерализацию костей и скорлупы. Однако фундаментальных отечественных исследований, посвященных изучению генетической детерминации крепости костяка, не опубликовано, в связи с чем на сегодняшний день в программах селекции не используются данные о генах, ответственных за проявление этого признака.

В связи с этим **целью** данного обзора было изучение накопленных данных о генетической детерминированности крепости костяка и обсуждение возможности их использования для совершенствования птицеводства.

1. Фенотипическая роль крепости костяка. Крепость костяка является важным комплексным показателем в птицеводстве. Крепость подразумевает качество и прочность скелета и ассоциируется с хрупкостью костей, их деформациями и переломами, а также с повышенной смертностью, вызванной инфекциями и остеопорозом, которые влияют как на экономическую сферу [8], так и на этическую составляющую благосостояния животных [9]. Птицы со слабым костяком часто страдают хромотой и костными деформациями, которые приводят к переломам костей при отлове и/или транспортировке, что создает трудности при переработке мясной продукции или вовсе приводит к выбраковке тушек. С экономической точки зрения именно проблемы с конечностями приводят к основным финансовым потерям в отрасли [10].

Важность крепости костяка для яичного птицеводства обусловлена растущим интересом к расширенному производственному циклам. В отличие от классического 72-недельного цикла, обусловленного как снижением яйценоскости птицы, так и ухудшением качества скорлупы, расширенный цикл должен обеспечивать продуктивность несушек до 100-недельного возраста. Основная причина замены стада в возрасте 72 недели связана с развитием остеопороза - заболевания, возникающего из-за вымывания кальция из костей [11] и, как следствие, роста возникновения их переломов. По некоторым данным, затраты кальция у кур-несушек покрываются за счет кальция, находящегося в кормах, на 60-75 % и на 40-35 % за счет вымывания из костей [12].

Принимая во внимание, что на производство яичной скорлупы у одной несушки в среднем уходит до 3 г кальция [13], а высокопродуктивные линии кур-несушек имеют показатели яйценоскости

свыше 300 яиц за 52 недели жизни, процесс яйцекладки становится основной проблемой для гомеостаза кальция в организме птицы [14]. При каждой кальцификации скорлупы, организм несушки частично покрывает высокую потребность в кальции за счет мобилизации последнего из костей. У птиц существует механизм образования особого типа костной ткани — медуллярной кости — которая представляет собой ступок губчатой массы и выполняет функцию лабильного источника кальция во время яйцекладки [4]. Медуллярная кость образуется с началом полового созревания в полостях костного мозга в трубчатых костях бедра, рёбер и таза [15], однако процесс увеличения медуллярной кости сопровождается уменьшением объема губчатой кости вследствие влияния эстрогенов [16-18]. В промышленных стадах поражение килевой кости остеопорозом: 48-97 % заболеваемости птиц в системах бесклеточного содержания и 25-62 % в клеточных [19]. В некоторых исследованиях отмечалось, что слабость костяка обуславливает до 35 % смертности в промышленных стадах птиц [20]. В других исследованиях выявлено, что наибольшей частотой переломов отмечаются седалищная, килевая и плечевая кости; в сравнении с ними меньшая частота переломов характерна для локтевой и бедренной костей [21].

2. Генетические факторы, влияющие на крепость костяка. Крепость костяка подразумевает способность костей выдерживать нагрузки, что детерминируется сложным комплексом взаимодействий структурных, архитектурных, физиологических и пищевых факторов. К ним можно отнести пол животного, физические нагрузки, питание, наличие заболеваний и влияние токсинов, эндокринный статус и период онтогенеза, в котором находится организм, а также генетические задатки отдельной особи [9]. Генетика является одной из центральных детерминант крепости костяка, наряду с условиями кормления и содержания [14]. В ряде исследований на человеке и млекопитающих выявлено, что плотность костей является наследуемым признаком, а мутации в гене, кодирующем коллаген, могут влиять как на синтез коллагена и фибриллогенез, так и на их посттрансляционные модификации, в результате чего происходят изменения химического состава и минерализации костного матрикса, приводящие к повышенной хрупкости костей [22, 23].

У птиц проблемы с крепостью костяка проявляются в возрасте 35-45 недель и являются результатом длительного воздействия высокого уровня эстрогена, ассоциированного с яйцекладкой [18, 24]. Ранее считалось, что слабая крепость костяка вызвана интенсивной селекцией на

повышение яичной продуктивности, что согласовывалось с мнением об использовании животных на пределах их биологических возможностей [25, 26]. Эта гипотеза обусловлена еще и тем, что является наиболее простым ответом на вопрос, как производство яиц влияет на крепость костяка, поскольку самцы, а также самки, которые не были допущены до яйцекладки, практически не проявляли проблем с костями [27]. Однако сравнение родственных линий, которые были разделены на 2 группы по интенсивности яйценоскости, не выявило весомых доказательств влияния отбора по интенсивности яйцекладки на ухудшение качества костей [28].

В другом исследовании, где сравнению подвергались две высокопродуктивные породы несушек, порода с наивысшей яйценоскостью обладала лучшим качеством костяка, которое оценивалось по отклонениям в килевой кости [29]. В завершение, сравнение нескольких пород несушек и бройлеров выявило, что «интенсивный генетический отбор на повышение показателей яйценоскости не изменил размер, форму или качество костей» [30]. Хотя физиология яйцекладки, вместе с лежащей в ее основе эндокринологией, может быть потенциально связана с ухудшением качества костей, нет убедительных доказательств, что корреляция яйценоскости и качества костей отрицательная [31]. Более того, особи со слабым костяком и, в частности, с деформациями килевой кости были отмечены еще Дарвином в 1868 году, где около 88 % исследуемых птиц с деформациями кия были самцы, а не самки, как можно было ожидать [32].

В исследовании Hanlon et al. было выявлено, что, хотя генетический отбор кур-несушек вызвал значительное повышение продуктивности, микрокомпьютерная томография не выявила отрицательного влияния длительного отбора на минеральную плотность медуллярного и кортикального регионов большеберцовой кости [33].

Влияние генетики на крепость у кур-несушек было продемонстрировано благодаря индексу крепости костяка, который был успешно применен в селекции против остеопороза. Эксперимент состоял в том, что 2 линии птиц были отобраны по низкому и высокому костному индексу. В результате такого линейного разведения спустя всего 5 поколений дивергентной селекции, линия, отобранная по высокому костному индексу, отметилась значительным снижением частоты переломов костей и деформаций кия [21]. Однако крепость костяка характеризуется не только благодаря наличию или отсутствию остеопороза. Важным по-

казателем, способным оценить предрасположенность организма к переломам как у человека, так и у других видов, является минеральная плотность костей [34]. Исследования минеральной плотности костных тканей были проведены на бройлерах, в результате чего были получены несколько локусов количественных признаков (QTL), ассоциированных с этим показателем [35], а затем и на курах-несушках, где также был выявлен локус на первой хромосоме, ассоциированный с минеральной плотностью [36].

Для установления генетической обусловленности крепости костяка было проведено исследование, в ходе которого было проведено сравнение морфометрических показателей костей разных линий птиц. В результате было выявлено, что показатель минеральной плотности костей ассоциирован с биомеханической силой, ввиду чего она играет важную роль в развитии остеопороза. Помимо этого, было доказано, что минеральная плотность костей оказывает значительное влияние на показатель прочности костей на разрыв [37]. В свою очередь, вопреки ожиданиям исследователей, различия в прочности кости на разрыв не коррелировали с её массой [38]. Стоит отметить, что общее производство яичной скорлупы не оказало влияния как на минеральную плотность костей, так и на их прочность на разрыв. Эти результаты удивляют, поскольку считается, что уровень яйценоскости негативно влияет на крепость скелета [39]. Более того, были отмечены особи, сочетающие как высокое производство яичной скорлупы, так и высокие значения прочности костей на излом, что свидетельствует о том, что эти показатели не являются взаимозависимыми.

Отмечено, что в случае более раннего полового созревания могут наступить изменения в формировании костей, обусловленные требованиями к формированию яичной скорлупы — т.е. сдвигом к формированию медуллярной кости, что может как предотвратить, так и задержать полное окостенение, особенно в килевой кости [32]. Задержка в окостенении оказывает негативное влияние на крепость. Поэтому возраст снесения первого яйца, как показатель наступления полового созревания, может негативно сказываться на крепости скелета. Важно отметить, что этот показатель имеет четкую генетическую детерминацию [40], а также перекрывающиеся локусы количественных признаков (QTL) с показателями роста и массы тела.

3. QTL, ассоциированные с крепостью костяка. В отечественной и зарубежной литературе в ассоциации с крепостью костяка изучают ряд показателей, в числе которых: минераль-

ная плотность костей, прочность на разрыв, костный индекс, а также минеральный состав. В основном исследованиям подвергаются плечевая, бедренная и большеберцовая кости, реже — килевая. В ряде исследований с показателем минеральной плотности костей ассоциированы QTL регионы на хромосомах 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12 и 17 [35, 41]. При исследовании отдельных костей выделяют также регионы на 6, 14, 15, 26 и 27 хромосомах [34, 42-45]. С прочностью большеберцовой, бедренной и плечевой костей на разрыв ассоциированы регионы на 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 14, 15, 26 и 27 хромосомах [46-48]. Локусы, ассоциированные с содержанием минеральных веществ для бедренной кости, были выявлены на 1, 4 и 27 хромосоме, для большеберцовой — на 2, 3, 6, 7, 12, 18 и 19, а для плечевой — на 4, 6, 15, 18 и 27 [35, 44].

4. SNP, ассоциированные с крепостью костяка. Современные данные, полученные на основе полногеномного ассоциативного исследования кур-несушек, выявили ряд локусов, потенциально связанных с крепостью костяка. На основании генотипических и фенотипических данных, полученных от 752 голов несушек, на хромосомах 1, 3, 8 и 16 было выявлено суммарно 52 SNP, ассоциированных с переломами большой берцовой кости [46]. Позже, в результате проведения анализа неравновесного сцепления вокруг значимых SNP, были выявлены ещё пять значимых QTL: 2 QTL на 1 хромосоме и по 1 QTL на 3, 8 и 16 хромосомах. Сильнейший ассоциативный сигнал был отмечен на 8 хромосоме, тогда как наибольшее число значимых SNP (29 полиморфизмов) было обнаружено на 3 хромосоме, причем все найденные SNP находились в пределах 1 Мб друг от друга. Так, на 3 хромосоме был выявлен ряд кандидатных генов, среди которых *TMEM17*, участвующий в цилиогенезе, который играет критическую роль в развитии скелета у позвоночных [49].

Кроме *TMEM17*, на третьей хромосоме выявлены гены *ACTR2* и *WDPCP*, также участвующие в цилиогенезе, и *SLC1A4*, активность которого не только положительно влияет на крепость костей, но и на правильное функционирование скелетных мышц [50]. На 8 хромосоме был выявлен ген *PODN*, человеческий ортолог которого задействован в связывании коллагена [23], а также *SSBP3*, который предположительно участвует в регуляции транскрипции *COL1a2*, кодирующего коллаген [46]. На 16 хромосоме был выявлен ген *BRD2*, ответственный за нормальную костную физиологию [51].

Также были идентифицированы сигнальные пути, включающие гены, ответственные за активность хлоридных каналов, которые регулируют реабсорбцию костей и организацию промежуточных филаментов, в свою очередь влияющую на регуляцию костной массы [46].

В другом полногеномном исследовании ассоциаций с костными показателями кур яичных пород было выявлено 10 значимых SNP, расположенных на хромосомах 1, 4, 14 и 27. Среди них 2 SNP на *GGA1*, rs312550725, расположенный в гене *SERPINE3*, и rs315096388, вблизи которого находится ген *ADAMTS15*, были ассоциированы с показателем прочности костей на разрыв. Ген *ADAMTS13* принадлежит к семейству *ADAMTS*, которое играет важную роль в регуляции костного развития и ремоделирования. Кроме этого, гены семейства *ADAMTS* были идентифицированы как локусы предрасположенности к остеопоротическим переломам в различных этнических популяциях [52].

Ген *SERPINE3*, помимо прочности на разрыв, также был ассоциирован с минеральной плотностью костей. Ранее другой ген из семейства серпинов был ассоциирован с предрасположенностью к переломам [53]. Кроме перечисленных, на *GGA1* были выявлены SNP rs317281616, расположенный в интронной части гена *INTS6*, а также rs13975174, локализованный в гене *POSTN*. SNP в гене *INTS6* был ассоциирован с минеральным составом кости, который ранее был ассоциирован с дифференциацией и пролиферацией остеобластов [54], тогда как ген *POSTN* был ранее идентифицирован в качестве регулятора дифференциации остеобластов и формирования костной ткани [55]. С минеральной плотностью костей также был ассоциирован SNP rs313699988 на *GGA14*, вблизи которого был расположен ген *GSG1L*. Этот ген кодирует субъединицу глутаматного рецептора (AMPA-рецептора), который, согласно некоторым данным, играет важную роль в регуляции роста и ремоделирования костной ткани [56]. Кроме вышеперечисленных, был выявлен ряд SNP на *GGA4* и *GGA27*, ассоциированных с массой бедренной кости [48].

5. Перспективы использования генетических маркеров. Безусловно, целенаправленный генетический отбор обуславливает основной вклад в повышении продуктивности. Принимая во внимание широкую дивергенцию индивидуальных костных характеристик и наследственный компонент предрасположенности к остеопорозу, предполагается, что улучшение показателя крепости костяка может быть достигнуто при по-

мощи генетического отбора [21, 46, 57].

Существующие на сегодняшний день методы оценки крепости костяка, включающие пальпацию, оценку экстерьера или посмертные измерения показателей плотности, толщины и других характеристик костей, не способны с высокой эффективностью улучшить этот показатель в промышленных стадах. Эти приемы не могут объективно охарактеризовать крепость костяка животного, а замеры костей возможны лишь при умерщвлении особей, что делает невозможным их дальнейшее использование в селекции.

Существуют несколько альтернативных методов оценки крепости костяка, среди которых рентгенография (X-ray), двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DEXA) и количественная компьютерная томография (QCT), однако все они требуют использования дорогостоящего оборудования и разработки методических указаний проведения этих операций на животных, включая методы обездвиживания [58]. Поэтому качественное улучшение этого показателя и оперативное внедрение его в промышленные линии возможно при использовании молекулярно-генетических маркеров, используемых в маркер-ассоциированной (MAS) и геномной селекции.

Генетические маркеры могут быть представлены как однонуклеотидными полиморфизмами (SNP), так и генами, ассоциированными с исследуемым признаком, и их применение позволяет с высокой точностью предсказывать фенотип, который проявит их носитель. Это, в свою очередь, увеличивает экономическую эффективность животноводства за счет возможности отбирать ценных представителей на ранних этапах онтогенеза [59]. Существующие на сегодняшний день данные, включая генетические ассоциации с минеральной плотностью и составом костей, с прочностью костей на разрыв, а также с костным индексом, выявили ряд QTL регионов и потенциальных генов-кандидатов, ответственных за проявление комплексного признака крепости костяка. Улучшение эффективности селекции требует дальнейшего изучения выявленных локусов и генов, потенциально ответственных за кре-

пость, для возможности разработки и внедрения их в селекционные программы.

Кроме того, дальнейший поиск и выявление однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) и, соответственно, генов, ассоциированных с показателем крепости костяка, позволят с высокой точностью предсказать продуктивные показатели потомков и, тем самым, в короткие сроки создать популяцию с заданными характеристиками.

Заключение. Крепость костяка является важным комплексным показателем, влияющим на показатели как мясной, так и яичной продуктивности птицы. Наиболее точную его характеристику можно получить благодаря проведению посмертных замеров минеральной плотности костей и их прочности на разрыв, что усложняет процесс его селекционного улучшения.

Принимая во внимание генетическую детерминированность крепости костяка, а также тот факт, что селекция на повышение яйценоскости не обуславливает ухудшение скелета, рекомендуется дальнейшее выявление генов-кандидатов, ответственных за формирование крепости, а также изучение выявленных кандидатных генов, среди которых *TMEM17*, *ACTR2*, *SLC1A4*, *WDPCP*, *PODN*, *SSBP3*, *BRD2*, *SERPINE3*, *INTS6*, *POSTN*, *CSG1L* и *ADAMTS15*, с целью использования их в программах селекции птицы. Это позволит получить поголовье, сочетающее в себе как высокую яйценоскость, так и высокий показатель крепости костей.

Стоит отметить взаимосвязь крепости костяка с возрастом снесения первого яйца, который может оказывать негативное влияние на крепость за счет задержки или предотвращения окостенения костей из-за преимущественной активации развития медуллярной кости. Достижения современной науки и ДНК-технологий, включая полногеномный поиск ассоциаций между фенотипами и признаками, обобщение результатов которого служит источником информации для геномного редактирования, являются перспективными способами улучшения состояния отрасли птицеводства.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ № 0445-2021-0010).*

Литература

1. Мкртчян М. В. Проблемы российского экспорта мяса птицы / М. В. Мкртчян и др. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. — 2022. — № 2 (60). — С. 38-42.
2. Eusemann B. K. Bone quality and composition are influenced by egg production, layer line, and oestradiol-17 β in laying hens / B. K. Eusemann, R. Ulrich et al. // Avian pathology: journal of the W.V.P.A. — 2022. — № 51 (3). — P. 267-282.

3. Runknke I. The response of layer hen productivity and egg quality to an additional limestone source when offered diets differing in calcium concentrations and the inclusion of phytase / I. Runknke, Y. Akter et al. // *Animals*. – 2021. – №11. – 29-41.
4. Whitehead C. C., Overview of bone biology in the egg-laying hen / C. C. Whitehead // *Poult. Sci.* – 2004. – № 83. – 193-199.
5. Буяров В. С. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы мясного направления продуктивности (обзор) / Буяров В. С., Ройтер Я. С. и др. // *Вестник ОрелГАУ*. – 2019. – №3 (78). – С. 30-38.
6. Ларкина Т. А. Поиск полиморфных вариантов гена LCORL с помощью секвенирования по Сэнгеру у пород кур различного направления продуктивности / Т. А. Ларкина, А. А. Крутикова, Г. К. Перливанян, Н. В. Дементьева // *Аграрный вестник Урала*. – 2020. – №9 (200). – С. 48-54.
7. Muszynski S. Assessing Bone Health Status and Eggshell Quality of Laying Hens at the End of a Production Cycle in Response to Inclusion of a Hybrid Rye to a Wheat-Corn Diet / S. Muszynski, K. Kasperek et al. *Veterinary sciences*. – 2022. – № 9(12). – 683 p.
8. Nasr M.A.F. The effects of keel fractures on egg production, feed and water consumption in individual laying hens / M. A. F. Nasr, J. Murrel, C. J. Nicole // *British poultry science*. – 2013. – № 54. – P. 165-170.
9. Rath N. C. Factors regulating bone maturity and strength in poultry / N. C. Rath, G. R. Huff et al. // *Poultry science*. – 2000. – № 79 (7). – P. 1024-1032.
10. Hakami Z. Growth performance, carcass and meat quality, bone strength, and immune response of broilers few low-calcium diets supplemented with marine mineral complex and phytase / Z. Hakami, A. R. A. Sulaiman et al. // *Poultry science*. – 2022. – № 101 (6). – P. 123-132.
11. Webster A. B. Welfare implications of avian osteoporosis / A. B. Webster // *Poultry science*. – 2004. – № 83. – P. 184-192.
12. Stratmann, A. Genetic selection to increase bone strength affects prevalence of keel bone damage and egg parameters in commercially housed laying hens / A. Stratmann, E. Frohlich et al. // *Poultry science*. – 2016. – № 95. – P. 975-984.
13. Roberts J. R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens / J. R. Roberts // *Poultry science*. – 2004. – № 41. – P. 161-177.
14. Fleming R. H. Relationships between genetic, environmental and nutritional factors influencing osteoporosis in laying hens / R. H. Fleming, H. A. McCormack, L. McTeir, C. C. Whitehead // *British poultry science*. – 2006. – № 47. – P. 742-755.
15. Dacke C. G. Medullary bone and avian calcium regulation / C. G. Dacke, S. Arkle et al. // *Journal of experimental biology*. – 1993. – № 184. – P. 63-88.
16. Wilson S. Estrogen and cancellous bone loss in the fowl / S. Wilson, B. H. Thorp // *Calcified tissue international*. – 1998. – № 62. – P. 506-511.
17. Whitehead C. C. Osteoporosis in cage layers / C. C. Whitehead, R. H. Fleming // *Poultry science*. – 2000. – № 79. – P. 1033-1041.
18. Cransberg P. H. Sequential studies of skeletal calcium reserves and structural bone volume in a commercial layer flock / P. H. Cransberg, G. B. Parkinson et al. // *British Poultry science*. – 2001. – № 42. – P. 260-265.
19. Wall H. Integument, mortality, and skeletal strength in extended production cycles for laying hens - effects of genotype and dietary zinc source / H. Wall, M. Boyner et al. // *British poultry science*. – 2022. – № 63 (2). – P. 115-124.
20. McCoy M. A. Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers / M. A. McCoy, G. A. C. Reilly, D. J. Kilpatrick // *Research in veterinary science*. – 1996. – № 60. – P. 185-186.
21. Bishop S. C. Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens / S. C. Bishop, R. H. Fleming et al. // *British poultry science*. – 2000. – № 41 (1). – P. 33-40.
22. Boskey A. L. Collagen and bone strength / A. L. Boskey, T. W. Wright, R. D. Blank // *Journal of bone and mineral research*. – 1999. – № 14 (3). – P. 330-335.
23. Viguet-Carrin S. The role of collagen in bone strength / S. Viguet-Carrin, P. Garnerio, P. Delmas // *Osteoporos. Int.* – 2006. – № 17. – P. 319-336.
24. Beck M. M. Role of estrogen in avian osteoporosis / M. M. Beck, K. K. Hansen // *Poultry science*. – 2004. – № 83. – P. 200-206.

25. Bain M. M. Increasing persistency in lay and stabilizing egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? / M. M. Bain, Y. Nys, I. C. Dunn // *British Poultry Science*. – 2016. – № 57. – P. 330-338.
26. Budgell K. L. Bone breakage in three strains of end-of-lay hens / K. L. Budgell, F. G. Silversides // *Canadian Journal of Animal Science*. – 2004. – № 84. – P. 745-747.
27. Fleming R. H. Incidence, pathology and prevention of keel bone deformities in the laying hen / R. H. Fleming, H. A. McCormack et al. // *British Poultry Science*. – 2004. – № 45. – P. 320-330.
28. Eusemann B. K. Radiographic examination of keel bone damage in living laying hens of different strains kept in two housing systems / B. K. Eusemann, U. Baulain et al. // *PLoS One*. – 2018. – № 13. – Issue e0194974. – P. 1-17.
29. Kaeppli S. Effects of housing, perches, genetics, and 25-hydroxy-cholecalciferol on keel bone deformities in laying hens / S. Kaeppli, S. G. Gebhardt-Henrich et al. // *Poultry Science*. – 2011. – № 90. – P. 1637-1644.
30. Hocking P. M. Quantifying genetic (co)variation and effects of genetic selection on tibial bone morphology and quality in 37 lines of broiler, layer and traditional chickens / P. M. Hocking, D. A. Sandercock et al. // *British Poultry Science*. – 2009. – № 50. – P. 443-450.
31. Toscano M. J. Explanations for keel bone fractures in laying hens: are there explanations in addition to elevated egg production? / M. J. Toscano, I. C. Dunn et al. // *Poultry Science*. – 2020. – № 99. – P. 4183-4194.
32. Dunn I. C. No evidence that selection for egg production persistency causes loss of bone quality in laying hens / I. C. Dunn, D. J. De Koning et al. // *Genetics Selection Evolution*. – 2021. – № 53 (1). – Issue 11. – P. 1-13.
33. Hanlon C. Bone and eggshell quality throughout an extended laying cycle in three strains of layers spanning 50 years of selection / C. Hanlon, K. Takeshima et al. // *Poultry science*. – 2022. – № 101 (3). – 101672.
34. Podisi B. K. Bone mineral density QTL at sexual maturity and end of lay / B. K. Podisi, S. A. Knott et al. // *British poultry science*. – 2012. – № 53 (6). – P. 763-769.
35. Zhou H. Genome-wide linkage analysis to identify chromosomal regions affecting phenotypic traits in chicken / H. Zhou, N. Deeb et al. // *Poultry science*. – 2007. – № 86. – P. 255-266.
36. Dunn I. C. A QTL for osteoporosis detected in an F2 population derived from White Leghorn chicken lines divergently selected for bone index / I. C. Dunn, R. H. Fleming et al. // *Animal genetics*. – 2007. – № 38. – P. 45-49.
37. Schreiweis M. The use of densitometry to detect differences in bone mineral density and content of live White Leghorns fed varying levels of dietary calcium / M. Schreiweis, J. Orban, M. Ledur, P. Hester // *Poultry science*. – 2003. – №82. – P. 1292-1301.
38. Jansen S. Relationship between Bone Stability and Egg Production in genetically divergent chicken layer lines / S. Jansen, U. Bulain et al. // *Animals (Basel)*. – 2020. – № 10 (5). – P. 850-867.
39. Dunn I. C. Quality of the laying hen skeleton; insights and solutions from genetics. In *Proceedings of the 17th International Conference on Production Diseases in Farm Animals*. Switzerland, Bern, 27-29 June 2019 / I. C. Dunn, B. Andersson et al. // Editors: Bruckmaier R. M., Cross J. J. – Bern, Switzerland: *Journal of Animal Science*. – 2019. – P. 50-58.
40. Wolc A. Genetic relationships among time of egg formation, clutch traits and traditional selection traits in laying hens / A. Wolc, M. Bednarczyk et al. // *Journal of Animal and Feed Science*. – 2010. – № 19. – P. 452-459.
41. Rubin C. J. Quantitative trait loci for BMD and bone strength in an intercross between domestic and wildtype chickens. *Journal of bone and mineral research* / C. J. Rubin, Brandstrom et al. // *Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. – 2007. – № 22 (30). – P. 375-384.

42. Sharman P. Quantitative trait loci for bone traits segregating independently of those for growth in an F2 broiler x layer cross / P. W. Sharman, D. R. Morrice et al. // *Cytogenetic and genome research*. – 2007. – № 117 (1-4). – P. 296-304.
43. Schreiweis M. A. Identification of quantitative trait loci associated with bone traits and body weight in an F2 resource population of chickens/ Schreiweis M. A., Hester P. Y., Moody D. E. // *Genetics, selection, evolution : GSE*. – 2005. – № 37 (6). – P. 677-698.
44. Li H. Chicken quantitative trait loci for growth and body composition associated with transforming growth factor-beta genes / Li H., Deeb N., Zhou, H. et al. // *Poultry science*. – 2003. – № 82 (3). – P. 347-356.
45. Mignon-Grasteau S. Genetic determinism of bone and mineral metabolism in meat-type chickens: A QTL mapping study / S. Mignon-Grasteau, C. Chantry-Darmon et al. // *Bone reports*. – 2016. – №5. – P. 43-50.
46. Raymond B. Genome-wide association study for bone strength in laying hens / B. Raymond, Johansson et al. // *Journal of animal science*. – 2018. – № 96 (7). – P. 2525–2535.
47. De Koning D. J. An eQTL in the cystathionine beta synthase gene is linked to osteoporosis in laying hens / De Koning D. J., Dominguez-Gasca N. et al. // *Genetics, selection, evolution: GSE*. – 2020. – № 52 (1). – P. 13-26.
48. Guo J. Genetic architecture of bone quality variation in layer chickens revealed by a genome-wide association study/Guo J., Sun C. et al. // *Scientific reports*. – 2017. – № 7. – Issue 45317.
49. Goetz S. C. The primary cilium: A signalling centre during vertebrate development / S. C. Goetz, K. V. Anderson // *Nat. Rev. Genet.* – 2010. – № 1. – P. 331-344.
50. Kanai Y. The glutamate and neutral amino acid transporter family: Physiological and pharmacological implications / Y. Kanai, M. A. Hediger // *Eur. J. Pharmacol.* – 2003. – № 479. – P. 237-247.
51. Kartsogiannis V. Osteoclast inhibitory lectin, an immune cell product that is required for normal bone physiology in vivo / V. Kartsogiannis, N. A. Sims et al. // *J. Biol. Chem.* – 2008. – № 283. – P. 30850-30860.
52. Xiong D. Genome-wide association and follow-up replication studies identified ADAMTS18 and TGFBR3 as bone mass candidate genes in different ethnic groups / Xiong D. H., Liu X. G. et al. // *Am. J. Hum. Genet.* – 2009. – №84. – P. 388-398.
53. Becker J. Exome Sequencing Identifies Truncating Mutations in Human SERPINF1 in Autosomal-Recessive Osteogenesis Imperfecta / Becker J., Semler O. et al. // *Am. J. Hum. Genet.* – 2011. – № 88. – P. 362-371.
54. Hong D. Quantitative proteomic analysis of dexamethasone-induced effects on osteoblast differentiation, proliferation, and apoptosis in MC3T3-E1 cells using SILAC / D. Hong, H. X. Chen et al. // *Osteoporos. Int.* – 2011. – № 22. – P. 2175-2186.
55. Rossini M. Involvement of WNT/ β -catenin signaling in the treatment of osteoporosis / M. Rossini, D. Gatti, S. Adami // *Calcif. Tissue Int.* – 2013. – № 93. – P. 121-132.
56. Spencer G. J. Current perspectives on NMDA-type glutamate signalling in bone / G. J. Spencer, C. J. McGrath, P. G. Genever // *Int. J. Biochem. Cell. Biol.* – 2007. – №39. – P. 1089-1104.
57. Hocking P. M. Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl / P. M. Hocking, M. Bain et al. // *British poultry science*. – 2003. – № 44. – P. 365-373.
58. Donko T. Estimation of bone mineral density and breaking strength of laying hens based on scans of computed tomography for body composition analysis / T. Donko, A. Tischler et al. // *British Poultry Science*. – 2018. – № 59 (4). – P. 365-370.
59. Митрофанова О. В. Динамика экстерьерных показателей у кур при отборе по полиморфным вариантам в гене миостатина / О. В. Митрофанова, Н. В. Дементьева, Т. А. Ларкина // *Известия НВ АУК*. – 2019. – №2 (54). – С. 222-228.

Azovtseva A., Dementieva N.

Factors affecting chicken bone strength

Abstract.

Purpose: to study the accumulated data on the genetic determinism of the Kostyak fortress and discuss the possibility of their use to improve poultry farming.

In both meat-type and egg-type poultry, bone strength is an important characteristic of animal welfare, on which largely depends the economic efficiency. The lack of strength is expressed by bone fragility, deformations or fractures occurring both at certain technologies of animal housing and at processing of poultry products, which is accompanied by economic losses. The quality and strength of bone tissue is formed, in addition to housing conditions, by a complex set of interactions of structural, physiological, nutritional and architectural components. The study of poultry bone strength is also complicated by reproduction peculiarities. Egg laying determines some features of osteogenesis, including medullary bone formation, which deposit calcium for eggshell formation. To date, the actual assessment of bone strength occurs postmortem, by measuring bone mineral density and breaking strength. Both methods do not allow using the evaluated animals in breeding to improve bone strength, therefore the study of genetic determinants of this trait is a relevant research task. The use of modern information analysis based on DNA technologies is a necessary step for identification of candidate genes controlling bone strength, because of their ability to increase selection efficiency in poultry. This review discusses the available results of genome-wide association studies (GWAS) for bone strength in birds, as well as existing data on the relationship of bone strength with traits such as egg production and age at first lay.

Key words: bone strength, mineral bone density, bone breaking strength, osteoporosis, DNA-markers, medullary bone.

Authors:

Azovtseva A. – e-mail: ase4ica15@mail.ru;

Dementieva N. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: dementevan@mail.ru.

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, 196601, Russian, St. Petersburg, Pushkin, Tyarlevo, Moskovskoe sh. 55a.

References

1. Mkrtchyan M.V. Problems of Russian export of poultry meat / M.V. Mkrtchyan et al. // Innovative economy: Prospects for development and improvement. – 2022. – № 2 (60). – P. 38-42.
2. Eusemann B. K. Bone quality and composition are influenced by egg production, layer line, and oestradiol-17 β in laying hens / B. K. Eusemann, R. Ulrich et al. // Avian pathology: journal of the W.V.P.A. – 2022. – № 51 (3). – P. 267-282.
3. Runknke I. The response of layer hen productivity and egg quality to an additional limestone source when offered diets differing in calcium concentrations and the inclusion of phytase / I. Runknke, Y. Akter et al. // Animals. – 2021. – №11. – P. 29-41.
4. Whitehead C. C., Overview of bone biology in the egg-laying hen / C. C. Whitehead // Poult. Sci. – 2004. – № 83. – P. 193-199.
5. Buyarov V. S. Assessment of the tribal qualities of the agricultural bird with the meat direction of productivity (review) / Buyarov V.S., Roiniter Ya.S. et al. // Bulletin of Orelga. – 2019. – №3 (78). – P. 30-38.
6. Larkina T. A. Search for polymorphic variants of the *LCORL* gene by sequencing by Sanger at the breeds of chickens of various directions of productivity / T. A. Larkin, A. A. Krutikov, G. K. Peelvanyan, N. V. Dementieva // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2020. – №9 (200). – P. 48-54.
7. Muszynski S. Assessing Bone Health Status and Eggshell Quality of Laying Hens at the End of a Production Cycle in Response to Inclusion of a Hybrid Rye to a Wheat-Corn Diet / S. Muszynski, K. Kasperek et al. Veterinary sciences. – 2022. – № 9(12). – 683 p.
8. Nasr M.A.F. The effects of keel fractures on egg production, feed and water consumption in individual laying hens / M. A. F. Nasr, J. Murrel, C. J. Nicole // British poultry science. – 2013. – № 54. – P. 165-170.

9. Rath N. C. Factors regulating bone maturity and strength in poultry / N. C. Rath, G. R. Huff et al. // Poultry science. – 2000. – № 79 (7). – P. 1024-1032.
10. Hakami Z. Growth performance, carcass and meat quality, bone strength, and immune response of broilers few low-calcium diets supplemented with marine mineral complex and phytase / Z. Hakami, A. R. A. Sulaiman et al. // Poultry science. – 2022. – № 101 (6). – P. 123-132.
11. Webster A. B. Welfare implications of avian osteoporosis / A. B. Webster // Poultry science. – 2004. – № 83. – P. 184-192.
12. Stratmann, A. Genetic selection to increase bone strength affects prevalence of keel bone damage and egg parameters in commercially housed laying hens / A. Stratmann, E. Frohlich et al. // Poultry science. – 2016. – № 95. – P. 975-984.
13. Roberts J. R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens / J. R. Roberts // Poultry science. – 2004. – № 41. – P. 161-177.
14. Fleming R. H. Relationships between genetic, environmental and nutritional factors influencing osteoporosis in laying hens / R. H. Fleming, H. A. McCormack, L. McTeir, C. C. Whitehead // British poultry science. – 2006. – № 47. – P. 742-755.
15. Dacke C. G. Medullary bone and avian calcium regulation / C. G. Dacke, S. Arkle et al. // Journal of experimental biology. – 1993. – № 184. – P. 63-88.
16. Wilson S. Estrogen and cancellous bone loss in the fowl / S. Wilson, B. H. Thorp // Calcified tissue international. – 1998. – № 62. – P. 506-511.
17. Whitehead C. C. Osteoporosis in cage layers / C. C. Whitehead, R. H. Fleming // Poultry science. – 2000. – № 79. – P. 1033-1041.
18. Cransberg P. H. Sequential studies of skeletal calcium reserves and structural bone volume in a commercial layer flock / P. H. Cransberg, G. B. Parkinson et al. // British Poultry science. – 2001. – № 42. – P. 260-265.
19. Wall H. Integument, mortality, and skeletal strength in extended production cycles for laying hens - effects of genotype and dietary zinc source / H. Wall, M. Boyner et al. // British poultry science. – 2022. – № 63 (2). – P. 115-124.
20. McCoy M. A. Density and breaking strength of bones of mortalities among caged layers / M. A. McCoy, G. A. C. Reilly, D. J. Kilpatrick // Research in veterinary science. – 1996. – № 60. – P. 185-186.
21. Bishop S. C. Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens / S. C. Bishop, R. H. Fleming et al. // British poultry science. – 2000. – № 41 (1). – P. 33-40.
22. Boskey A. L. Collagen and bone strength / A. L. Boskey, T. W. Wright, R. D. Blank // Journal of bone and mineral research. – 1999. – № 14 (3). – P. 330-335.
23. Viguet-Carrin S. The role of collagen in bone strength / S. Viguet-Carrin, P. Garnero, P. Delmas // Osteoporos. Int. – 2006. – № 17. – P. 319-336.
24. Beck M. M. Role of estrogen in avian osteoporosis / M. M. Beck, K. K. Hansen // Poultry science. – 2004. – № 83. – P. 200-206.
25. Bain M. M. Increasing persistency in lay and stabilizing egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? / M. M. Bain, Y. Nys, I. C. Dunn // British Poultry Science. – 2016. – № 57. – P. 330-338.
26. Budgell K. L. Bone breakage in three strains of end-of-lay hens / K. L. Budgell, F. G. Silversides // Canadian Journal of Animal Science. – 2004. – № 84. – P. 745-747.
27. Fleming R. H. Incidence, pathology and prevention of keel bone deformities in the laying hen / R. H. Fleming, H. A. McCormack et al. // British Poultry Science. – 2004. – № 45. – P. 320-330.
28. Eusemann B. K. Radiographic examination of keel bone damage in living laying hens of different strains kept in two housing systems / B. K. Eusemann, U. Baulain et al. // PLoS One. – 2018. – № 13. – Issue e0194974. – P. 1-17.
29. Kaeppli S. Effects of housing, perches, genetics, and 25-hydroxy-cholecalciferol on keel bone deformities in laying hens / S. Kaeppli, S. G. Gebhardt-Henrich et al. // Poultry Science. – 2011. – № 90. – P. 1637-1644.

30. Hocking P. M. Quantifying genetic (co)variation and effects of genetic selection on tibial bone morphology and quality in 37 lines of broiler, layer and traditional chickens / P. M. Hocking, D. A. Sandercock et al. // *British Poultry Science*. – 2009. – № 50. – P. 443-450.
31. Toscano M. J. Explanations for keel bone fractures in laying hens: are there explanations in addition to elevated egg production? / M. J. Toscano, I. C. Dunn et al. // *Poultry Science*. – 2020. – № 99. – P. 4183-4194.
32. Dunn I. C. No evidence that selection for egg production persistency causes loss of bone quality in laying hens / I. C. Dunn, D. J. De Koning et al. // *Genetics Selection Evolution*. – 2021. – № 53 (1). – Issue 11. – P. 1-13.
33. Hanlon C. Bone and eggshell quality throughout an extended laying cycle in three strains of layers spanning 50 years of selection / C. Hanlon, K. Takeshima et al. // *Poultry science*. – 2022. – № 101 (3). – 101672.
34. Podisi B. K. Bone mineral density QTL at sexual maturity and end of lay / B. K. Podisi, S. A. Knott et al. // *British poultry science*. – 2012. – № 53 (6). – P. 763-769.
35. Zhou H. Genome-wide linkage analysis to identify chromosomal regions affecting phenotypic traits in chicken / H. Zhou, N. Deeb et al. // *Poultry science*. – 2007. – № 86. – P. 255-266.
36. Dunn I. C. A QTL for osteoporosis detected in an F2 population derived from White Leghorn chicken lines divergently selected for bone index / I. C. Dunn, R. H. Fleming et al. // *Animal genetics*. – 2007. – № 38. – P. 45-49.
37. Schreiweis M. The use of densitometry to detect differences in bone mineral density and content of live White Leghorns fed varying levels of dietary calcium / M. Schreiweis, J. Orban, M. Ledur, P. Hester // *Poultry science*. – 2003. – №82. – P. 1292-1301.
38. Jansen S. Relationship between Bone Stability and Egg Production in genetically divergent chicken layer lines / S. Jansen, U. Bulain et al. // *Animals (Basel)*. – 2020. – № 10 (5). – P. 850-867.
39. Dunn I. C. Quality of the laying hen skeleton; insights and solutions from genetics. In *Proceedings of the 17th International Conference on Production Diseases in Farm Animals*. Switzerland, Bern, 27-29 June 2019 / I. C. Dunn, B. Andersson et al. // *Editors: Bruckmaier R. M., Cross J. J.* – Bern, Switzerland: *Journal of Animal Science*. – 2019. – P. 50-58.
40. Wolc A. Genetic relationships among time of egg formation, clutch traits and traditional selection traits in laying hens / A. Wolc, M. Bednarczyk et al. // *Journal of Animal and Feed Science*. – 2010. – № 19. – P. 452-459.
41. Rubin C. J. Quantitative trait loci for BMD and bone strength in an intercross between domestic and wildtype chickens. *Journal of bone and mineral research* / C. J. Rubin, Brandstrom et al. // *Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. – 2007. – № 22 (30). – P. 375-384.
42. Sharman P. Quantitative trait loci for bone traits segregating independently of those for growth in an F2 broiler x layer cross / P. W. Sharman, D. R. Morrice et al. // *Cytogenetic and genome research*. – 2007. – № 117 (1-4). – P. 296-304.
43. Schreiweis M. A. Identification of quantitative trait loci associated with bone traits and body weight in an F2 resource population of chickens/ Schreiweis M. A., Hester P. Y., Moody D. E. // *Genetics, selection, evolution : GSE*. – 2005. – № 37 (6). – P. 677-698.
44. Li H. Chicken quantitative trait loci for growth and body composition associated with transforming growth factor-beta genes / Li H., Deeb N., Zhou, H. et al. // *Poultry science*. – 2003. – № 82 (3). – P. 347-356.
45. Mignon-Grasteau S. Genetic determinism of bone and mineral metabolism in meat-type chickens: A QTL mapping study / S. Mignon-Grasteau, C. Chantry-Darmon et al. // *Bone reports*. – 2016. – №5. – P. 43-50.
46. Raymond B. Genome-wide association study for bone strength in laying hens / B. Raymond, Johansson et al. // *Journal of animal science*. – 2018. – № 96 (7). – P. 2525-2535.
47. De Koning D. J. An eQTL in the cystathionine beta synthase gene is linked to osteoporosis in laying hens / De Koning D. J., Dominguez-Gasca N. et al. // *Genetics, selection, evolution: GSE*. – 2020. – № 52 (1). – P. 13-26.

48. Guo J. Genetic architecture of bone quality variation in layer chickens revealed by a genome-wide association study / Guo J., Sun C. et al. // *Scientific reports*. – 2017. – № 7. – Issue 45317.
49. Goetz S. C. The primary cilium: A signalling centre during vertebrate development / S. C. Goetz, K. V. Anderson // *Nat. Rev. Genet.* – 2010. – № 1. – P. 331-344.
50. Kanai Y. The glutamate and neutral amino acid transporter family: Physiological and pharmacological implications / Y. Kanai, M. A. Hediger // *Eur. J. Pharmacol.* – 2003. – № 479. – P. 237-247.
51. Kartsogiannis V. Osteoclast inhibitory lectin, an immune cell product that is required for normal bone physiology in vivo / V. Kartsogiannis, N. A. Sims et al. // *J. Biol. Chem.* – 2008. – № 283. – P. 30850-30860.
52. Xiong D. Genome-wide association and follow-up replication studies identified ADAMTS18 and TGFBR3 as bone mass candidate genes in different ethnic groups / Xiong D. H., Liu X. G. et al. // *Am. J. Hum. Genet.* – 2009. – №84. – P. 388-398.
53. Becker J. Exome Sequencing Identifies Truncating Mutations in Human SERPINF1 in Autosomal-Recessive Osteogenesis Imperfecta / Becker J., Semler O. et al. // *Am. J. Hum. Genet.* – 2011. – № 88. – P. 362-371.
54. Hong D. Quantitative proteomic analysis of dexamethasone-induced effects on osteoblast differentiation, proliferation, and apoptosis in MC3T3-E1 cells using SILAC / D. Hong, H. X. Chen et al. // *Osteoporos. Int.* – 2011. – № 22. – P. 2175-2186.
55. Rossini M. Involvement of WNT/ β -catenin signaling in the treatment of osteoporosis / M. Rossini, D. Gatti, S. Adami // *Calcif. Tissue Int.* – 2013. – № 93. – P. 121-132.
56. Spencer G. J. Current perspectives on NMDA-type glutamate signalling in bone / G. J. Spencer, C. J. McGrath, P. G. Genever // *Int. J. Biochem. Cell. Biol.* – 2007. – №39. – P. 1089-1104.
57. Hocking P. M. Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl / P. M. Hocking, M. Bain et al. // *British poultry science*. – 2003. – № 44. – P. 365-373.
58. Donko T. Estimation of bone mineral density and breaking strength of laying hens based on scans of computed tomography for body composition analysis / T. Donko, A. Tischler et al. // *British Poultry Science*. – 2018. – № 59 (4). – P. 365-370.
59. Mitrofanova O. V. Dynamics of exterior indicators in chickens during the selection according to polymorphic options in the Genes of Miostatin / O. V. Mitrofanova, N. V. Dementieva, T. A. Larkina // *Izvestia NV AUK*. – 2019. – №2 (54). – P. 222-228.

Р. Н. Булатов¹, В. С. Авдеенко²

Морфометрические изменения плаценты и иммуно-биохимические показатели крови у больных суягных маток эклампсией

Аннотация.

Цель: изучение сегментации органомерических и иммуно-биохимических цифровых индикаторов у овцематок при эклампсии (ЭСО) на завершающем сроке гестации.

Материалы и методы. В эксперименте участвовали три отары цыгайской, волгоградской и ставропольской пород, в каждой по 700 суягных овцематок. От клинически здоровых и больных суягных овцематок производили отбор образцов тканей плаценты, которые помещали в 10 % нейтральный формалин. С использованием гистопроектора Cytadel 2000 (Shendon) полученные образцы просветляли в хлороформе и заключали в парафиновую среду Histomix (Биовитрум). На ротационном микротоме (MICROM HM340E) готовили гистосрезы. При помощи микроскопа AxioScope.A1 (ZEISS) гистопрепараты фотографировали и обрабатывали с помощью программы ZENpro 2012 (ZEISS). По Schmidt и Thannhauser определяли содержание РНК, используя двухволновой спектрофотометр в УФ. По Swanson изучали активность Г-6-Фазы. В вакуумные пробирки Vacuette™ (Австрия) пробы крови брали утром до кормления из яремной вены.

Результаты. У овец, больных ЭСО, наблюдали уменьшение общей массы плаценты, ее котиленонов, а также увеличение длины пупочного канатика, в котором в стенке сосудов отмечается склероз стромы. В тканях последа выявлены небольших размеров очаги обызвествления, а вокруг стволочных ворсин вблизи сосудистой оболочки расположены мелкие концевые ворсины, плотно к ним прилегающие. Доля синцитиотрофобласта крипт карункулов и ворсин хориона котиленонов зрелого синцития уменьшается по сравнению с физиологически протекающей суягностью. Содержание РНК в субклеточных ее фракциях в основном сосредоточено в микросомной фракции, 18 % - в митохондриях и 7 % - в ядерной фракции. Альбумины у суягных овцематок с эклампсией снижены в 1,35 раза. БАСК и фагоцитарная активность лейкоцитов у маток с эклампсией суягных овец за 15 дней до окота снижена, что представляет угрозу репродуктивному здоровью матери и жизнеспособности новорожденным ягнятам.

Ключевые слова: эклампсия суягных овец, морфометрия, гистохимия, плацента, плод.

Авторы:

Булатов Р. Н. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: Bulatov.rinat1991@mail.ru;

Авдеенко В. С. – доктор ветеринарных наук; e-mail: avdeenko0106@mail.ru.

¹ Волгоградский государственный аграрный университет; 400002, Россия, г. Волгоград, ул. Университетская, 29;

² Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская 5.

Введение. Заболевание суягных овец ЭСО связано с морфофункциональным изменением в системе «мать-плацента-плод», что подтверждено многочисленными исследованиями [1, 2]. В обзорной статье Р. Н. Булатовым и др. (2016) отмечается, что «...относительно проблемы эклампсии у животных полименезируется в медицине и биологии того периода времени и отрицалась возможность развития данного заболевания у животных» [3]. Как показали более поздние ис-

следования А. В. Молчанова и др. (2018) «...все эти представления оказались несостоятельными, так как они не отражали основных патогенетических нарушений, определяющих сущность этой патологии» [4]. Изучая этиологию и патогенез эклампсии, ряд авторов [5, 6] установили, что проявление ЭСО многовекторное, сложное и до настоящего времени еще до конца не выясненное патологическое явление. Кроме того, исследования А. С. Роу и др. (2018) показали, что в

«...основе данного осложнения лежит отечно-нефротический синдром и нарушение микроциркулярного сосудистого кровообращения фетоплацентарного комплекса, приводящие к нарушению гомеостаза в организме суягных маток» [7]. В последние годы основную роль в развитии эклампсии у овцематок Y. Тао и др. (2021) «...отводят дисбалансу эритроцитарных антигенов плодового происхождения в сочетании с иммунологической реакцией организма овцематки» [8]. В данном случае, по мнению [9, 10], это можно рассматривать как иммунологическую агрессию со стороны плода и отсутствие иммунологической толерантности со стороны матери. Следствием физиологических изменений в плаценте по данным [11] является снижение внутриплацентарного кровотока в фетальной части плаценты, а исследования [12] показали пропорциональное снижение кровообращения в межворсинчатом пространстве котиледонов, направленное на ограничение дальнейшего роста плода.

Результаты морфологических и гистохимических исследований плаценты [13] при осложнении отечно-нефротическим синдромом на завершающих сроках гестации свидетельствуют о снижении содержания гликогена и нейтральных гликозаминогликанов. Все это, по мнению M. J. Kim и др. (2020), подтверждает наличие плацентарной недостаточности, которая является ведущей патологией при осложнении суягности эклампсией, [14].

Важную роль в процессе развития и инволюции плаценты как в материнской ее части, так и в фетальной части играют факторы, по данным S. Wang и др. (2020), регулирующие процесс васкуляризации и апоптоза. Однако исследования плаценты гистохимическими методами при осложнении суягности только начинаются [15].

На основании неполного ретроспективного анализа литературы можно сделать заключение - почему в последние годы овцематки в период суягности так восприимчивы к эклампсии незадолго до окота, тем существенно снижают производство ягнатины и молодой баранины.

Цель исследования: изучение сегментации органометрических и иммуно-биохимических цифровых индикаторов суягности у здоровых и больных ЭСО на завершающем сроке гестации.

Материалы и методы. Исследования проведены на кафедре «Акушерства и терапии» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», а также в овцеводческих предприятиях различных организационно-правовых форм собственности Волгоградской области и Ставропольского края РФ в 2016-2022 гг. В эксперименте участвовали отары цыгайской, волгоградской и ставропольской пород, в каждой по 700 суягных овцематок.

Образцы тканей плаценты, полученные от здоровых овец и больных ЭСО для морфологического исследования, помещали в 10% нейтральный забуферный формалин. При помощи гистопроцессора Cytadel 2000 (Shendon) полученные образцы просветляли в хлороформе и заключали в парафиновую среду Histomix (Биовитрум). На ротационном микротоме (MICROM HM340E) готовили гистосрезы. При помощи микроскопа AxioScope.A1 (ZEISS) гистопрепараты фотографировали и обрабатывали с помощью программы ZENpro 2012 (ZEISS). По Schmidt и Thannhauser определяли содержание РНК, используя двухволновой спектрофотометр в УФ. По Swanson изучали активность Г-6-Фазы.

В вакуумные пробирки Vacuette™ (Австрия) пробы крови брали утром до кормления из яремной вены. Кровь исследовали на лицензирован-

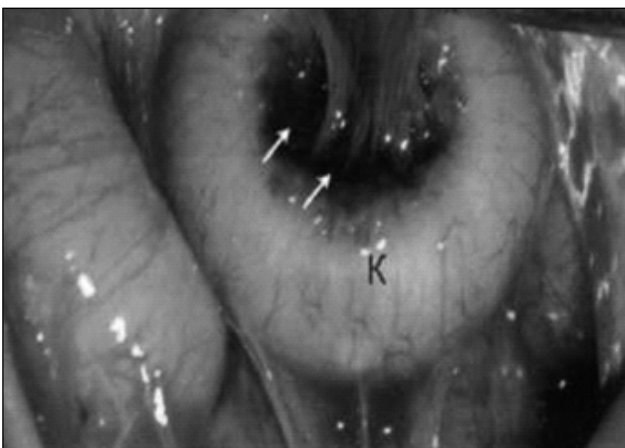


Рис. 1а. Фото плацентомы овец при ФБ (карункул и котиледон)

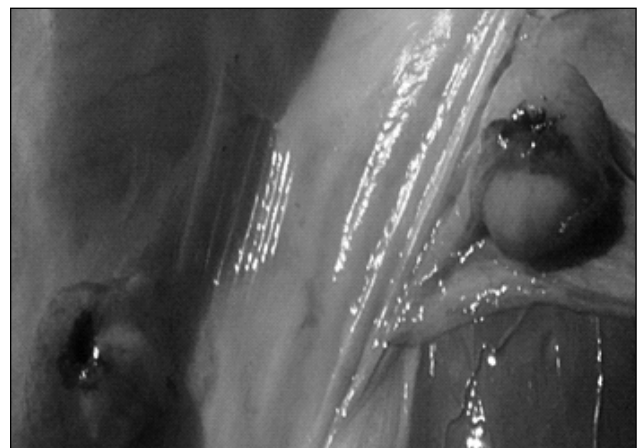


Рис. 1б. Фото плацентомы овец при ЭСО (плодные оболочки и карункул)

ном ветеринарном автоматическом гематологическом анализаторе Абакус Джуниор Pse 90 Vet (Automatic Veterinary производство Германия) и сертифицированном биохимическом анализаторе крови Chem Well combi Models 2902 and 2910 (производства USA, Florida). При анализе и создании цифровой платформы количественных показателей использовали тест Манна-Уитни, а

также ранговый однофакторный индекс Крускала-Уоллиса. При статистической обработке цифровых данных применяли пакет программ STATISTICA (StatSoft Inc., США, версия 7.0), которая адаптирована к ПК Microsoft Excel 2000 SPSS 10.0.5 for Windows.

С физиологическим течением суягности (ФБ) количество котиледонов на сосудистой оболочке последа составляет $83,6 \pm 1,23$ шт. (рис. 1а.). Исследование структуры плодных оболочек плода при легкой форме течения ЭСО после рождения ягнят показывает, что количество котиледонов (фетальная часть плаценты) составляет в среднем $47,34 \pm 1,12$ штук, $p < 0,05$, а при тяжелой форме - $56,78 \pm 2,15$ штук, $p < 0,05$ (рис. 1б).

Хорион изображен вдающимся в материнскую часть плаценты (рис. 1а). Сосуды плода и ткань хориона «вдавлены» внутрь тканей карункула, образуя вогнутый котиледон. Красно-бежевая ткань на фото котиледон (К), покрытый аллантохорионом. В пупочном канатике у больных ЭСО в отличие от здоровых овец в стенке сосудов пуповины отмечается склероз стромы. Цифровые данные после статистической обработки отражены в таблице 1.

Установлен значительный разрыв в расстоянии между котиледонами ($5,93 \pm 1,13$ см²), $p < 0,05$, по сравнению с показателями здоровых маток. Цифровые параметры толщины покровного эпителия карункулов (маточная часть плаценты), зафиксированного патологического процесса у овцематок с тяжелой формой течения ЭСО, составили $14,3 \pm 1,7$ мкм, $p < 0,05$, с легкой - $15,5 \pm 1,9$ мкм, $p < 0,05$, в сравнении с референсными значениями, характерными для физиологического течения суягности - $27,9 \pm 1,9$ мкм.

При ЭСО на 120 день суягности развившийся патологический процесс в материнской плаценте приводит к снижению общей массы карункулов с аллантоисными и амниотическими оболочками, которая составляла $1,432 \pm 0,01$ кг, против

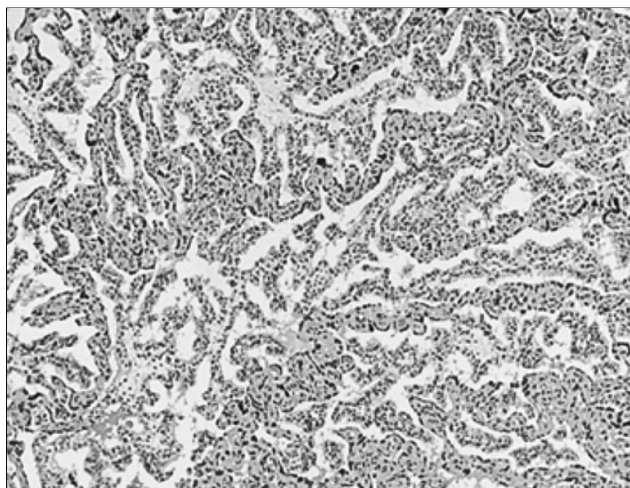


Рис. 2. Поперечный срез плацентомы у овец при ФБ. (Окраска гематоксилин-эозином) Общее увеличение 200.

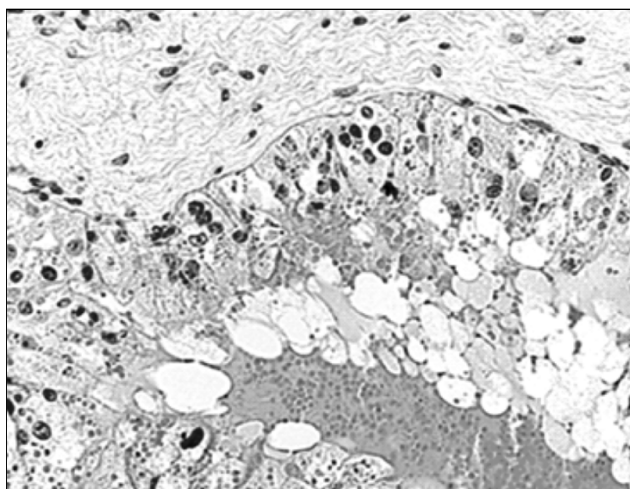


Рис. 3. Поперечный срез плацентомы овцы при ЭСО. (Окраска гематоксилин-эозином) Общее увеличение 200.

Таблица 1. Сегментация цифровых морфометрических маркеров фетальной части плаценты у суягных овец после окота.

| Показатели | Осложнение беременности | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | Тяжелая форма ЭСО (n=3) | Легкая форма ЭСО (n=5) | Клинически здоровые (n=5) |
| Количество котиледонов в плаценте, шт. | $66,3 \pm 1,32^*$, $p < 0,05$ | $77,2 \pm 1,43^*$, $p < 0,05$ | $83,6 \pm 1,23$ |
| Средняя площадь котиледона, см ² | $3,76 \pm 0,83^{**}$, $p < 0,01$ | $4,93 \pm 0,32$ | $6,02 \pm 0,77$ |
| Расстояние между котиледонами, см | $5,93 \pm 1,13^*$, $p < 0,05$ | $4,36 \pm 0,62$ | $3,73 \pm 0,63$ |
| Плодово-плацентарный коэффициент | 20,13 | 19,13 | 18,62 |

1,482±0,04 кг у клинически здоровых маток аналогичного периода исследования, $p < 0,05$. По мере приближения срока окота масса фетальной и материнской плаценты была 1,732±0,03 кг, против 1,982±0,02 кг у здоровых животных, $p < 0,01$.

У овцематок при ФБ (рис. 2) гистологическими исследованиями плацентом овец установлено взаимное переплетение ворсинок хориона с материнскими септами, которые выглядят тяжами розово-светлого цвета. При проведении у ЭСО цифровизации гистологических изображений (рис. 3) отмечаем в 53,63 % случаев фетальной части плаценты очаги обызвествления с преимущественным расположением по периферии, и увеличено количество концевых ворсин на 18,9 %, и преимущественно мелких. Доля синцитиотрофобласта крипт карункулов и ворсин хориона котиледонов зрелого синцития при эклампсии уменьшается до 63,45±0,67 % по сравнению с контрольной группой (79,57±1,01 %; $p < 0,01$).

Установлено наличие в основании ворсин гемморрагий и присутствие бурого пигмента в цитоплазме клеток ареолярной трофэктодермы. Выявляются гиповаскуляризация ворсины с небольшим количеством фетальных сосудов, которые располагались преимущественно в центральной части ворсин котиледона (рис. 4).

На гистопрепаратах, полученных от больных ЭСО, отмечаем возрастание процента участков с предегенеративными изменениями до 16,98±0,27 % в сравнении с ФБ - 0,75±0,15 %; $p < 0,01$. Наличие двуядерных клеток трофобласта, которые локализованы в непосредственной близости от эпителия карункулярных стенок, показано стрелками. В децидуальной оболочке повышена инфильтрация лимфоидными и плазмочитарными элементами при ФБ (рис. 5).

Отмечается наличие многочисленных выростов на клетках трофобласта и маточном эпителии. Гипертрофированные капилляры в материнских септах. В цитоплазме децидуальной ткани, а также в строме средних створочных ворсин, и в

стенках кровеносных сосудов обнаружены располагающиеся мелкие гранулы гликогена, при ЭСО. При этом гликопротеиды и нуклеиновая кислота рибозного типа располагаются в синцитии неравномерно в отличие от аналогов принадлежащих здоровым животным при ФБ.

Анализ структурных изображений (табл. 2) гистологических объектов материнской части

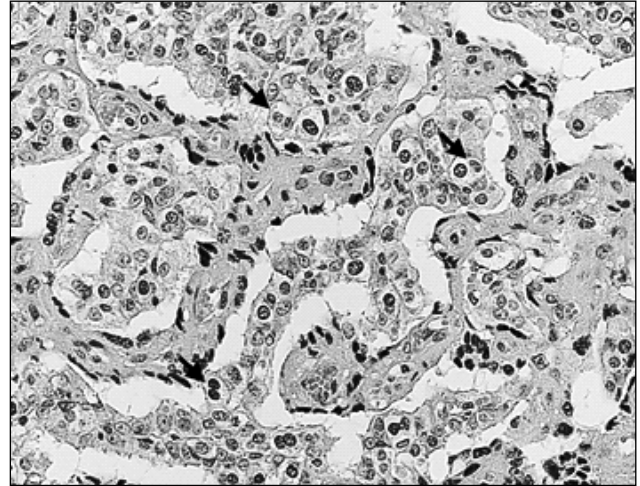


Рис. 4. Поперечный срез овечьего плацентома у овец при ФБ. (Окраска гематоксилин-эозином).
Общее увеличение 200.

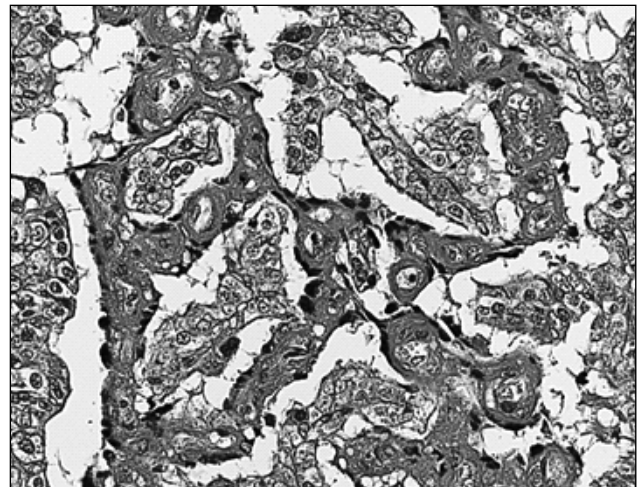


Рис. 5. Поперечный срез овечьего плацентома у овец при ЭСО. (Комбинированная окраска альциановым синим и ШИК-реакция по Мак-Манусу. Докраска гематоксилином Майера). Общее увеличение 200

Таблица 2. Цифровое сегментирование концентрации РНК в субклеточных фракциях и активность Г-6-Фазы в микросомной фракции фетальной части плаценты при ФБ и ЭСО.

| Группы | Концентрация РНК, мкг на 100 мг массы фракции ядер | Концентрация РНК, мкг на 100 мг массы фракции митохондрий | Концентрация РНК, мкг на 100 мг массы фракции микросом | Суммарное содержание РНК в клетке, мкг | Активность Г-6-Ф-азы, мкмоль Рц на 1 мг белка микросом |
|---------------------------|--|---|--|--|--|
| Клинически здоровые (n=5) | 23,24 | 56,9 | 240,5 | 320,3 | 0,31 |
| Больные эклампсией (n=8) | 22,8 | 34,6 | 156,6 | 214 | 0,15 |

плаценты содержания РНК в субклеточных ее фракциях показал, что 75 % всей РНК сосредоточено в микросомной фракции. В 18 % случаев РНК содержалось в митохондриях и в 7 % случаев в ядерной фракции. В синцитии отмечается снижение содержания карбоксильных и сульфгидрильных групп при ФБ.

Результаты биохимического исследования крови у суягных овец, положительно реагирующих на кетоновые тела и присутствие в моче белка более 2,0 мг%, представлены в данных таблицы 3.

Альбумины у суягных овцематок в процессе завершения суягности при проявлении симптомов ЭСО снижены в 1,35 раза, ($p < 0,05$). Содержание глюкозы в крови также снижено при симптомах тяжелой степени течения ЭСО в 1,31 раза в сравнении показателями здоровых овцематок при ФБ ($p < 0,05$).

Достоверные цифровые индикаторы бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) имеют тенденцию к снижению с $82,95 \pm 2,36$ при ФБ до $76,42 \pm 1,82$, $p < 0,05$ у больных маток с симптомами ЭСО при проявлении симптомов ЭСО в легкой форме течения болезни (табл. 4).

В же время фагоцитарная активность лейкоцитов (ФАЛ) была снижена у маток с симптоматикой ЭСО за 15-ть дней до окота с $69,54 \pm 2,14$ % против 5-ти суток до окота до $62,25 \pm 1,81$ % с тяжелой формой течения ЭСО, $p < 0,05$. Прогноз снижения фагоцитарного числа м.к./акт. фагоцитоза у овцематок с признаками ЭСО составил

в доверительном интервале $17,56 \pm 0,87 \dots 15,53 \pm 1,83$ к 15-ому дню, $p < 0,05$. А фагоцитарный индекс м.к./фагоцитоза у овец с признаками ЭСО с $14,15 \pm 0,76$ до $12,54 \pm 0,45$, $p < 0,05$ к 5-ому дню до срока предполагаемого окота.

Закключение. У овцематок при ЭСО в плаценте возрастает процентное содержание участков с предегенеративными изменениями. Субэндотелиальные и субэпителиальные мембраны фрагментированы и дают положительную ШИК-реакцию. В склерозированной строме ворсин и стенке сосудов найдено большое количество нейтральных ГАГ при ЭСО. Содержание РНК в субклеточных ее фракциях в 75 % случаев сосредоточено в микросомной фракции, в 18 % - в митохондриях и в 7 % - в ядерной фракции при ФБ. Альбумины у овцематок с ЭСО снижены в 1,35 раза. БАСК, ФАЛ имеют тенденцию к снижению у маток с симптоматикой ЭСО за 15-ть дней до окота.

Таким образом, органно-морфологическое изучение плаценты у суягных овцематок на завершающем этапе гестации свидетельствует о сниженном адаптационном механизме у цыгайской, волгоградской и ставропольской пород, что способствует развитию эклампсии и тем самым рождению гипотрофного приплода. В связи с этим появляется реальная возможность разработки экспресс-теста прогнозирования репродуктивных патологий у матери и заболеваемости новорожденных ягнят в неонатальный период.

Таблица 3. Цифровые показатели биохимических маркеров крови, характеризующих прогностическое состояние ЭСО.

| Цифровые индекаторы | Больные овцематки | | |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | Легкая степень течения ЭСО, (n=25) | Тяжелая степень ЭСО, (n=12) | Клинически здоровые овцематки, (n=15) |
| Альбумины, мкмоль/л | $431 \pm 2,21^{**}$, $p < 0,01$ | $254 \pm 4,01^{**}$, $p < 0,01$ | $581 \pm 4,01$ |
| Глюкоза, ммоль/л | $2,15 \pm 0,51^*$, $p < 0,05$ | $2,02 \pm 0,81^{**}$, $p < 0,01$ | $3,72 \pm 0,81$ |
| Щелочная фосфатаза, Ед./л | $92,21 \pm 4,11^{**}$, $p < 0,01$ | $123,21 \pm 2,41^{**}$, $p < 0,01$ | $253,21 \pm 1,21$ |
| ЛДГ, Ед./л | $88,4 \pm 1,04^*$, $p < 0,05$ | $163,4 \pm 1,64^{**}$, $p < 0,01$ | $80,4 \pm 1,54$ |

Таблица 4. Экспрессия отдельных иммунобиологических маркеров, характеризующих естественную резистентность при ЭСО.

| Показатели | БАСК, % | ФА лейкоцитов, % | Фагоцитарное число, м.к./акт. фагоцитоза | Фагоцитарный индекс, м.к./фагоцитоза |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------------|
| ФБ, (n=10) | $82,95 \pm 2,36$ | $72,2 \pm 1,84$ | $19,5 \pm 0,91$ | $14,15 \pm 0,76$ |
| ЭСО легкой формой, (n=10) | $76,42 \pm 1,82^*$, $p < 0,05$ | $69,54 \pm 2,14$ | $17,56 \pm 0,87$ | $12,54 \pm 0,45$ |
| ЭСО тяжелой формой, (n=10) | $67,34 \pm 2,06^{**}$, $p < 0,01$ | $62,25 \pm 1,81^*$, $p < 0,05$ | $14,25 \pm 0,90^*$, $p < 0,05$ | $8,89 \pm 1,59^*$, $p < 0,01^*$ |

Литература

1. Авдеенко В. С. Метаболические изменения в крови суягных овец на последних сроках плодношения в норме и при субклиническом кетозе / В. С. Авдеенко, [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дел. — 2017. — № 4. — С. 44-45.
2. Burkitova A. M. Features of the placenta structure in post-term pregnancy / A. M. Burkitova, V. O. Polyakova // Journal of obstetrics and women's diseases. — 2019. — Vol. 68. — № 6. — P. 73-86. Doi: 10.17816/JOWD68673-86.
3. Этиология и клиническая симптоматика синдрома «ОПГ-Гестоз» у суягных овец на фоне субклинического гестоза / Р.Н. Булатов, [и др.] // Materials of the international scientific and practical conference «Citiezen of Kazakhstan – national of common future». Dedicated to the 25th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan 29-30 april, 2016, Uralsk, С. 201-203.
4. Молчанов А. В. Диагностика различных форм течения гестоза суягных овцематок на фоне метаболического стресса / А. В. Молчанов, В. С. Авдеенко, Е. М. Сенгалиев // Овцы, козы, шерстяное дело. — 2018. — № 3. — С. 58-60.
5. Авдеенко В. С. Метаболический стресс у суягных овец на последних сроках плодношения как фактор развития эклампсии / В. С. Авдеенко, Е. М. Сенгалиев, А. В. Молчанов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — № 2 (42). — С. 206-209.
6. Sengaliev E. M. Metabolic parameters in pregnant sheep with subclinical ketosis / E. M. Sengaliev, V. S. Avdeenko, A. K. Kereyev // Молодой ученый, Международный научный журнал. — 2018. — №10 (196). — С.46-48.
7. Roy A. C. Sodium butyrate mitigates iE-DAP induced inflammation caused by high-concentrate feeding in liver of dairy goats / A. C. Roy, Y. Wang et al. // J. Agric. Food Chem. — 2018. — № 66. — P. 8999-9009. Doi: 10.1021/acs.jafc.8b02732.
8. Novikova S. V. К вопросу о структурных основах, определяющих функциональные проявления плацентарной недостаточности / S. V. Novikova, S. V. Savel'ev // RMZh. Mat' i ditia. — 2014. — № 22 (14). — P. 1030-1033.
9. Tao. Y. Overexpression of FOXA2 attenuates cigarette smoke-induced cellular senescence and lung inflammation through inhibition of the p38 and Erk1/2 MAPK pathways / Y. Tao., Y. Sun // Int. Immunopharmacol. — 2021. — № 94: 107427. Doi: 10.1016/j.intimp.2021.107427.
10. Fedorova M. V. Immunohistochemical differences in the placentas of prolonged and the true post-term pregnancy / M. V. Fedorova, T. L. Smirnova // Vestnik Chuvashskogo universiteta. — 2013. — № 3. — P. 560-563.
11. Roy A. C. γ -d-lutamyl-meso-diaminopimelic acid induces autophagy in bovine hepatocytes during nucleotide-binding oligomerization domain1-mediated inflammation / Roy A. C., Chang G. // J. Cell. Physiol. — 2021. — № 236. — P. 5212-5234. Doi: 10.1002/jcp.30227.
12. Ma N. A high-concentrate diet induces an inflammatory response and oxidative stress and depresses milk fat synthesis in the mammary gland of dairy cows / N. Ma, J. A. Abaker // J. Dairy Sci. — 2022. — № 105. — P. 5493-5505.
13. Kim M. J. p62 is negatively implicated in the TRAF6-BECN1 signaling axis for autophagy activation and cancer progression by toll-like receptor 4 (TLR4) / M. J. Kim, Y. Min et al. // Cells. — 2020. — № 9:1142. Doi: 10.3390/cells9051142.
14. Kim M. J. AMPK α 1 regulates lung and breast cancer progression by regulating TLR4-mediated TRAF6-BECN1 signaling axis / M. J. Kim, Y. Min et al. // Cancers (Basel). — 2020. — № 12: 3289.
15. Wang S. Overexpression of toll-like receptor 4 affects autophagy, oxidative stress, and inflammatory responses in monocytes of transgenic sheep / S. Wang, X. Song // Front. Cell Dev. Biol. — 2020. — № 8: 248. Doi: 10.3389/fcell.2020.00248.

Bulatov R.¹, Avdeenko V.²

Morphometric and immuno-biochemical markers of placenta in patients with uterine eclampsia

Abstract.

Purpose: to study the segmentation of organometric and immuno-biochemical digital indicators in ewes with ESO at the end of gestation.

Materials and methods. The experiment involved three flocks of Tsygai, Volgograd and Stavropol breeds, each with 700 suyag sheep. Placental tissue samples were taken from clinically healthy and sick pregnant ewes, which were placed in 10% neutral formalin. Using a Cytadel 2000 histoprocessor (Shendon), the obtained samples were clarified in chloroform and enclosed in a Histomix paraffin medium (Biovitrum). Histosections were prepared on a rotary microtome (MICROM HM340E). Using the AxioScope.A1 (ZEISS) microscope, histopreparations were photographed and processed using the ZENpro 2012 (ZEISS) program. According to Schmidt and Thannhauser, the RNA content was determined using a two-wave spectrophotometer in UV. The activity of the G-6-Phase was studied by Swanson. In vacuum tubes Vacuette™ (Austria), blood samples were taken in the morning before feeding, from the jugular vein.

Results. In sheep with eclampsia, a decrease in the total mass of the placenta, its cotyledons, as well as an increase in the length of the umbilical cord, in which stroma sclerosis is noted in the vascular wall, was observed. Small calcification foci were found in the tissues of the afterbirth, and small terminal villi are located around the stem villi near the vascular membrane, tightly adjacent to them. The proportion of syncytiotrophoblast of crypts of carbuncles and villi of the chorion of cotyledons of mature syncytium decreases in comparison with physiologically occurring severity. The content of RNA in its subcellular fractions is mainly concentrated in the microsomal fraction, 18% - in mitochondria and 7% - in the nuclear fraction. Albumins in pregnant ewes with eclampsia were reduced by 1.35 times. BASC and phagocytic activity of leukocytes in queens with eclampsia of pregnant sheep is reduced 15 days before lambing, which poses a threat to the reproductive health of the mother and the viability of newborn lambs.

Key words: eclampsia of pregnant sheep, morphometry, histochemistry, placenta, fetus.

Authors:

Bulatov R – PhD (Vet. Sci.); e-mail: Bulatov.rinat1991@mail.ru;

Avdeenko V. – Dr. Habil (Vet. Sci.); e-mail: avdeenko0106@mail.ru.

¹ Volgograd State Agrarian University; 400002, Russia, Volgograd, Universitetskaya str., 26.

² St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, st. Chernihiv 5.

References

1. Avdeenko V. S. Metabolic changes in the blood of bustle sheep at the last stages of fruiting in normal and with subclinical ketosis / V. S. Avdeenko [et al.] // Sheep, goats, wool affairs. – 2017. – № 4. – P. 44-45.
2. Burkitova A. M. Features of the placenta structure in post-term pregnancy / A. M. Burkitova, V. O. Polyakova // Journal of obstetrics and women's diseases. – 2019. – Vol. 68. – № 6. – P. 73-86. Doi: 10.17816/JOWD68673-86.
3. Etiology and clinical symptoms of organized crime syndrome in Suyag-sheep against the background of subclinical gestosis / R.N. Bulatov, [et al.] // Materials of the International Scientific and Practical Conference "Citizen of Kazakhstan - National of Common Future". Dedicated to the 25th Anniversary of Independence of the Republic Of Kazakhstan 29-30 April, 2016, Uralsk, P. 201-203.
4. Molchanov A.V. Diagnostics of various forms of the course of gestosis of suyagnic disemeters against the background of metabolic stress / A. V. Molchanov, V. S. Avdeenko, E. M. Sengaliev // Sheep, goats, woolen business. – 2018. – № 3. – P. 58-60.
5. Avdeenko V. S. Metabolic stress in suyagnes at the last stages of fruiting as a factor in the development of eclampsia / V. S. Avdeenko, E. M. Sengaliev, A.V. Molchanov // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2018. – № 2 (42). – P. 206-209.

6. Sengaliev E. M. Metabolic parameters in pregnant sheep with subclinical ketosis / E. M. Sengaliev, V. S. Avdeenko, A. K. Kereyev // Young scientist, international scientific journal. – 2018. – №10 (196). – P. 46-48.
7. Roy A. C. Sodium butyrate mitigates iE-DAP induced inflammation caused by high-concentrate feeding in liver of dairy goats / A. C. Roy, Y. Wang et al. // J. Agric. Food Chem. – 2018. – № 66. – P. 8999-9009. Doi: 10.1021/acs.jafc.8b02732.
8. Novikova S. V. K voprosu o strukturnykh osnovakh, opredelyayushchikh funktsional'nye proyavleniya platsentarnoy nedostatochnosti / S. V. Novikova, S. V. Savel'ev // RMZh. Mat' i ditia. – 2014. – № 22 (14). – P. 1030-1033.
9. Tao. Y. Overexpression of FOXA2 attenuates cigarette smoke-induced cellular senescence and lung inflammation through inhibition of the p38 and Erk1/2 MAPK pathways / Y. Tao., Y. Sun // Int. Immunopharmacol. – 2021. – № 94: 107427. Doi: 10.1016/j.intimp.2021.107427.
10. Fedorova M. V. Immunohistochemical differences in the placentas of prolonged and the true post-term pregnancy / M. V. Fedorova, T. L. Smirnova // Vestnik Chuvashskogo universiteta. – 2013. – № 3. – P. 560-563.
11. Roy A. C. γ -d-lutamyl-meso-diaminopimelic acid induces autophagy in bovine hepatocytes during nucleotide-binding oligomerization domain1-mediated inflammation / Roy A. C., Chang G. // J. Cell. Physiol. – 2021. – № 236. – P. 5212-5234. Doi: 10.1002/jcp.30227.
12. Ma N. A high-concentrate diet induces an inflammatory response and oxidative stress and depresses milk fat synthesis in the mammary gland of dairy cows / N. Ma, J. A. Abaker // J. Dairy Sci. – 2022. – № 105. – P. 5493-5505.
13. Kim M. J. p62 is negatively implicated in the TRAF6-BECN1 signaling axis for autophagy activation and cancer progression by toll-like receptor 4 (TLR4) / M. J. Kim, Y. Min et al. // Cells. – 2020. – № 9:1142. Doi: 10.3390/cells9051142.
14. Kim M. J. *AMPK α 1* regulates lung and breast cancer progression by regulating TLR4-mediated TRAF6-BECN1 signaling axis / M. J. Kim, Y. Min et al. // Cancers (Basel). – 2020. – № 12: 3289.
15. Wang S. Overexpression of toll-like receptor 4 affects autophagy, oxidative stress, and inflammatory responses in monocytes of transgenic sheep / S. Wang, X. Song // Front. Cell Dev. Biol. – 2020. – № 8: 248. Doi: 10.3389/fcell.2020.00248.

В. С. Пушкина, Е. А. Корочкина

Сравнительная характеристика протоколов криоконсервации спермы баранов-производителей

Аннотация.

Цель: изучение и сравнение протоколов криоконсервации спермы баранов-производителей.

С каждым днем популярность овцеводства в России увеличивается, поскольку овцы неприхотливы в содержании и вместе с тем являются полипродуктивными животными, предоставляющими населению необходимое сырье (шерсть, войлок) и продукты питания (мясо, молоко). По этой причине искусственное осеменение имеет основополагающее значение в развитии данной отрасли животноводства, важной частью которого является корректная криоконсервация спермы баранов. Использование криоконсервированных сперматозоидов имеет достаточно преимуществ. Криоконсервация спермы баранов способствует распространению использования искусственного осеменения в данной отрасли животноводческой промышленности. Технология заморозки в значительной степени обеспечивает сохранение генетического материала и его транспортировку, устраняя географические барьеры в применении искусственного осеменения, позволяет повысить нагрузку на самца-производителя без риска для его репродуктивного здоровья. Однако в процессе криоконсервации сперма баранов получает необратимые повреждения из-за холодового шока, осмотического стресса и окислительных процессов, которые приводят к снижению способности к оплодотворению сперматозоидов. Так, может быть поврежден хроматин, увеличена проницаемость мембран, возможны гиперокисление и образование активных форм кислорода, что влияет на способность к оплодотворению. В итоге замороженная сперма баранов может иметь низкую фертильность. По этой причине крайне важно подобрать актуальный протокол замораживания и оттаивания с максимальным восстановлением жизнеспособных и функциональных сперматозоидов данного вида животного для успешного дальнейшего использования при искусственном оплодотворении. Технологические достижения в различных областях биотехнологии привели к улучшению протоколов, методов и оборудования, используемых в лаборатории, что положительно влияет на надежность, точность процедуры. В данной статье собраны исследования о влиянии различных процедур криоконсервации, скорости, времени охлаждения и протоколов оттаивания на качество спермы баранов. Кроме того, был сформирован корректный протокол криоконсервации спермы романовской породы, исходя из результатов собственного исследования.

Ключевые слова: сперма, протоколы криоконсервации, бараны, видовые особенности.

Авторы:

Пушкина В. С. – e-mail: pushkina_varechka@mail.ru;

Корочкина Е. А. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: e.koga@mail.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5.

Введение. В настоящее время с ростом населения повышается спрос на доступ к продовольствию сельского хозяйства, что приводит к потребности овцеводческих ферм быть максимально эффективными в разведении. По этой причине искусственное осеменение имеет основополагающее значение в развитии животноводства, важной частью которого является корректная криоконсервация спермы баранов. При этом требуется понимание репродуктивной динамики животного, а также разработка новых технологий заморозки, учитывая, что качество спермы в основном зависит от ее способности выдерживать изменения температуры без потери основных функций.

Повреждение, которое происходит во время криоконсервации, является результатом воздействия колебания температуры (температурный стресс), что приводит к образованию кристаллов льда внутри клетки и в окружающей среде. Кроме того, происходят изменения при осмотическом стрессе. При всех этих процессах плазматическая мембрана является основной необратимо пораженной структурой из-за изменений липидно-белковых комплексов во время замораживания и оттаивания. Замораживание снижает целостность плазматической мембраны и акросом, подвижность, метаболическую и митохондриальную активности. Кроме того, крио-

консервация увеличивает фрагментацию ДНК [1]. Несомненно, технологические достижения в различных областях биотехнологии привели к улучшению протоколов, методов и оборудования, используемых в лаборатории, что положительно влияет на надежность, точность процедуры. Подходящее сочетание режимов охлаждения позволяет успешно проводить криоконсервацию биологического материала баранов, что, в свою очередь, обуславливает благоприятное искусственное осеменение, выведение новых пород и развитие экономики в данном секторе.

В связи с важностью и актуальностью данной темы многие ученые проводят исследования с целью разработки актуальных протоколов заморозки и разморозки спермы баранов без значительной потери ее функциональных и морфологических свойств [2].

Цель исследования: изучение и сравнение протоколов криоконсервации спермы баранов-производителей.

Характеристика протоколов криоконсервации.

Каждое животное имеет состав и свойства спермы, характерные для своего вида. В связи с этим существуют сложности в выборе и использовании конкретного протокола криоконсервации.

Криоконсервация может проводиться двумя основными способами: медленное замораживание и витрификация. Первый способ подразумевает постепенное удаление воды из клеток и замену ее криопротектором, во втором случае происходит практически мгновенное замораживание без кристаллизации. Криоконсервация спермы мелких жвачных практикуется уже несколько десятилетий. Были разработаны основные принципы криоконсервации спермы мелких жвачных животных, в которые в дальнейшем вносились корректировки. Так, после разбавления сперму медленно охлаждают до 5°C в течение 1,5-2 ч, загружают в соломинки и замораживают в парах жидкого азота. Окончательное разведение спермы перед криоконсервацией обычно составляет от 100 до 200 млн сперматозоидов на мл. Находясь в жидком азоте, замороженная сперма может храниться на протяжении многих лет.

National Animal Germplasm Program (NAGP) - программа, созданная департаментом сельского хозяйства США, предоставляет множество протоколов криоконсервации различных животных. Образцы спермы баранов разбавляют в один этап средой до конечной концентрации

400x10⁶ сперматозоидов/мл и охлаждают до 5°C в течение 90-120 мин. Образцы загружают в соломинки объемом 0,5 мл и замораживают. Замораживание возможно осуществить одним из двух способов:

1) замораживание в боксе: образцы помещают на штатив и замораживают в парах жидкого азота (на 4 см выше жидкого азота) в течение 10 мин и погружают в жидкий азот для хранения;

2) замораживание с помощью морозильника: образцы замораживают с использованием Cryo Bio System Mini Digitcool UJ400 (IMV Corporation, Миннеаполис, Миннесота) по следующей кривой: от 5°C до -10°C при 5°C/мин; от -10°C до -130°C при 60°C/мин, а затем погружают в жидкий азот для хранения.

Криоконсервированные образцы оттаивают в течение 30 секунд на водяной бане при 37°C [3].

Айбазова М. М. (2021) с соавт. производили постепенную криоконсервацию спермы баранов. Материал был получен от 5-ти баранов с помощью искусственной вагины (40-41°C), далее производили оценку полученного эякулята. Для каждого образца спермы использовался разбавитель в соотношении 1:3. Далее произведена упаковка разбавленных образцов спермы в пайетты объемом 0,25 мл. После чего подготовленную сперму эквilibрировали (уравновешивали) в течение 180 мин при 4°C. Соломинки замораживались в парах жидкого азота (T= -85...-95°C). Замораживание производилось поэтапно, в 4 фазы: 1-я фаза охлаждения длилась в течение 3 мин на расстоянии 15,0 см, 2-я фаза — 5 мин на расстоянии 9,0 см, 3-я фаза — 6 мин на расстоянии 5,0 см, 4-я фаза — 8 мин на расстоянии 2,0 см, после чего соломинки помещались в гоблеты и опускались в жидкий азот (-196°C). Для оттаивания соломинки помещались в специальный оттаиватель СИТО (IMV) при t = 38,0°C. Размороженную сперму из каждой соломинки смешивали с 0,5 мл предварительно подогретого до 35°C физиологического раствора с рН 7,0 и инкубировали в термостате в течение нескольких часов. Далее производили оценку спермы. Процент спермиев без повреждений после оттаивания в среднем составил около 36,9. При дальнейшем размораживании этот показатель уменьшался в связи с гибелью сперматозоидов и их структурными изменениями [4].

В исследовании Айбазова М. М. и Мамонтовой Т. В. (2020) при оценке качественных показателей спермы барана, криоконсервированной при разных технологиях, разбавляли биологический материал в соотношении 1:2. Эквilibра-

цию разбавленной спермы в соломинках проводили в холодильнике при температуре 2..4°C в течение 180 мин. Был использован следующий метод витрификации: в течение 10 мин соломинки укладывали над парами жидкого азота на уровне 3...4 см. Далее помещали в сосуд Дьюара с жидким азотом. Оттаянную сперму оценивали на подвижность по десятибалльной шкале после дополнительного разбавления в отношении 1:2 3,1%-ным изотоническим раствором лимоннокислого натрия. Сперма баранов, замороженная в пайётах, обладала достаточно высокими качественными показателями после дефростации. Выявлено, что криорезистентность спермы баранов была на высоком уровне и подвижность спермиев после оттаивания колебалась незначительно: от 4,3 до 4,7 баллов [5].

В статье Tibary A., Manaro S. (2018) описан протокол, согласно которому после разбавления сперму медленно охлаждают до 5°C в течение как минимум 1,5-2 ч, загружают в соломинки и замораживают в парах жидкого азота. Окончательное разведение спермы перед криоконсервацией обычно составляет от 100 до 200 млн сперматозоидов на мл. Увеличение концентрации выше 400 млн на мл приводит к снижению качества после оттаивания. Криопротекторы добавляют в один или два этапа (после охлаждения). Скорость замораживания, обычно используемая для криоконсервации спермы мелких жвачных, находится в диапазоне от -10°C до -100°C/мин.

В исследовании спермы баранов, проведенном Tibary A. с соавтор. (2018), было определено, что наилучшая скорость замораживания составляет -40°C/мин. При этом сперму разводят в трис-глюкозе и охлаждают при 4°C в течение 2 ч в соломинках объемом 0,25 мл [6].

В своей работе Barbas J. P. и другие (2023) после сбора спермы от 10-ти баранов разбавляли эякулят для обеспечения концентрации, равной 800×10^6 сперматозоидов/мл. Затем разбавленная сперма была упакована в соломинки объемом 0,25 мл. Заполненные соломинки охлаждали до 4°C в течение 4 ч (период равновесия) в холодильной камере. Затем соломинки были помещены горизонтально на 4 см выше уровня жидкого азота с дальнейшей заморозкой в парах азота при -120 °C в течение 20 мин и дальнейшим погружением в жидкий азот при -196 °C.

Через неделю после замораживания соломинки размораживались в водяной бане при температуре 38°C в течение 1 мин. После чего сперма была разбавлена в 1 мл солевого раствора и гомогенизирована в течение 90 сек. Через 2 минуты

аликвота спермы (10 мкл) была использована для оценки подвижности, жизнеспособности и морфологических дефектов. По результатам данного исследования в размороженной сперме наблюдалось значительное снижение на 28,5 % жизнеспособности и 35,5 % подвижности, а также увеличение на 54,5 % аномалий в морфологии [7].

В исследовании, проведенном Diego A. и др. в 2019 г., приводится сравнение протоколов замораживания спермы барана в парах азота с начальной низкой скоростью охлаждения на первом этапе, за которым следует более высокая скорость охлаждения с образованием кристаллов льда. Эякуляты спермы, полученные от двенадцати взрослых баранов, разбавляли и замораживали в разведении 100×10^6 сперматозоидов/мл, используя три протокола заморозки. Суть первого протокола состояла в трехступенчатом замедленном охлаждении: от +5 °C до -35 °C (40 °C/мин), от -35 °C до -65°C (17°C/мин), а затем от -65°C до -85°C (3°C/мин); второго протокола - в трехступенчатом ускоренном охлаждении: от +5°C до -5°C (4°C/мин), от -5°C до -110°C (25°C/мин), а затем от -110°C до -140°C (35°C/мин). В третьем протоколе использовалось двухступенчатое ускоренное охлаждение: от +5°C до -10°C (5°C/мин), а затем от -10°C до -130°C (60°C/мин). В конце каждая проба помещалась в жидкий азот (-196 °C). Все замороженные образцы спермы размораживали через три месяца, помещая соломинки в водяную баню при 37°C на 30 секунд. Качество спермы после размораживания было снижено во всех протоколах ($p < 0,05$) по сравнению со свежеполученной спермой. Проценты характеристик подвижности сперматозоидов после оттаивания и сперматозоидов с неповрежденной плазматической мембраной, неповрежденной акросомой и неповрежденной митохондриальной мембраной были выше при использовании третьего протокола, чем при первом ($p < 0,01$) и втором ($p < 0,05$). Кроме того, процент сперматозоидов с фрагментированной ДНК после оттаивания был ниже ($p < 0,05$) при использовании третьего протокола по сравнению с первым. Настоящие результаты показывают, что быстрая скорость охлаждения обеспечила лучшую выживаемость и функционирование спермы барана после оттаивания, чем более низкая (и / или замедленная) скорость охлаждения [8].

Целью работы Vozaf J. с соавт. (2020) явилось сравнение трех словацких пород овец по качественным параметрам криоконсервированной спермы. Эякуляты баранов ($n = 12$) собирали с помощью электроэякуляции. Каждую пробу разбавляли в соотношении 1:10 (сперма : разбави-

тель). Затем соломинки объемом 250 мкл наполнили разбавленной спермой, запечатывали, помещали в штативы и уравнивали в холодильнике при 4°C в течение 6 ч.

После уравнивания соломинки переносили в предварительно охлажденный автоматический морозильный бокс. Программа замораживания запускалась автоматически при закрытии крышки. После чего пары азота заполняли бокс для обеспечения следующего температурного профиля (+4 °C, -10 °C (120 сек), -80 °C (450 сек), -120 °C (100 сек) и -140 °C (180 сек)). По истечении установленного времени соломинки для спермы погружали в жидкий азот (-196 °C). Через одну неделю образцы размораживали, погружая соломинки в водяную баню (42°C, 15 сек), переносили в пробирки и анализировали полученные образцы. Согласно результатам проведенных исследований, данный режим криоконсервации подходит для спермы словацких пород, без значительной потери подвижности, морфологии, жизнеспособности и оплодотворяющей способности [9].

В исследовании Najafi A. с соавт. (2023) сперму отбирали из придатков семенников 25 баранов (4-5 лет). Образцы центрифугировали при 70000 оборотов в течение 10 мин; затем суспензия спермы помещалась в раствор Трис на 15 мин, и далее производилась оценка полученного материала. Сперма с подвижностью 80% или выше и общей частотой морфологической аномалии 10% или менее была разбавлена до конечной концентрации 250×10^6 сперматозоидов/мл. Разбавитель состоял из 2,71 г раствора Трис, 1,4 г лимонной кислоты и 1 г фруктозы в 100 мл дистиллированной воды, содержащей 7% (v/v) глицерина и 20% (v/v) яичного желтка.

Сперму с подвижностью менее 80 % и общими аномалиями более 10 % также разбавляли. Материал охлаждался до 4°C при 2 ч, а затем загружался в соломинки объемом 0,25 мл и запечатывался для герметизации. Соломинки погружались в жидкий азот после того, как удерживались на 4 см выше уровня жидкости в течение 7 минут. Соломинки размораживали при 37 °C в течение 30 сек в водяной бане после замораживания не менее 4 недель, а затем сперма была извлечена и проанализирована. Морфология спермы существенно не изменилась [10].

В работе Mehdinour M. (2022) сразу после сбора спермы образцы были исследованы на объем, концентрацию и прогрессирующую подвижность, затем для эксперимента были использованы образцы спермы объемом 0,5-1,5 мл, с подвижностью выше 80 %, аномальной морфо-

логией менее 10 % и концентрацией спермы выше 3×10^9 . Затем объем полученной спермы был нагрет до 37°C и разбавлен с помощью Трис разбавителя с использованием 7% (v/v) глицерина и 0 (контроль), 20, 40, 60 и 80 мкл росиглитазона. В данном исследовании после разбавления сперма постепенно охлаждалась в холодильнике при температуре 4°C в течение 2 ч. Затем, сразу после охлаждения образцов, они были помещены в соломинки 0,25 мл. На следующем этапе соломинки были размещены на расстоянии 4 см над поверхностью азота. Через 7 мин они были погружены в жидкий азот (-196° C), а затем были перенесены в азотный резервуар. Для оценки криоконсервированные соломинки размораживались в водяной бане при 37°C в течение 30 сек. Как результат, концентрация 60 мкл росиглитазона привела к самой высокой ($P < 0,05$) общей подвижности, прогрессирующей подвижности и прямой скорости [11].

Aisen E. с соавтор. (2005) получали эякулят от трех баранов. Сперма была разбавлена до 1×10^9 сперматозоидов/мл, охлаждалась до 5°C, загружалась в соломинки 0,25 мл, замораживалась и хранилась в жидком азоте. Криоконсервированные соломинки размораживались в водяной бане при 37°C в течение 30 сек. Оценка производилась через 3 ч после разморозки и была основана на гипоосмотическом тесте, электронной микроскопии и биохимических параметрах, таких как перекисное окисление липидов и пониженный и общий уровень глутатиона, измеренные после разморозки. Гипоосмотический тест показал, что процент неповрежденных плазматических мембран после заморозания и размораживания был значительно выше с гипертоническим разбавителем, содержащим трегалозу. Оценка мембраны с помощью ультрамикроскопии также показала лучшую криоконсервацию сперматозоидов по сравнению с другими растворителями, наблюдалось значительное сокращение количества поврежденных мембран (27%, $p < 0,0002$) [4].

Глицерин является наиболее широко используемым средством для криоконсервации сперматозоидов. В работе Anel L. (2003) было протестировано три метода замораживания спермы баранов, упакованной в соломинку объемом 0,25 мл (конечная концентрация: 100×10^6 сперматозоидов/мл). Первый метод: 2/3 объема разбавителя раствора А (без глицерина) были добавлены в чистую сперму при 35 °C. Образец был охлажден до 5°C (-0,30°C/мин), далее была добавлена 1/3 объема разбавителя раствора В (концентрация глицерина 4%) образец охлаждался при температуре 5°C в течение 2 ч. Затем он был замо-

рожен в программируемом биоморозильнике ($-20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до -100°C). При втором методе образец был разбавлен специфическим раствором при 35°C (концентрация глицерина 3%), охлаждался до 5°C ($-0,20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$) в течение 2 ч. После этого, он был заморожен в парах азота. В третьем методе сперма была разбавлена 1:1 (концентрация глицерина 2%) и охлаждена до 5°C ($-0,25^{\circ}\text{C}/\text{мин}$). Затем образец был снова разбавлен в том же растворе (концентрация глицерина 4%) и охлаждался 1 час при температуре 5°C , а затем замораживался в программируемом биоморозильнике ($-20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до -100°C). Лучшая общая и прогрессивная подвижности (75,8 и 55,18%) были получены с помощью третьего метода. Первый и третий методы показали значительно более высокие значения ($P < 0,05$) для кинетических параметров: средняя скорость пути (VAP) (81,3 и 85,2 мкм/с), прямая скорость (VSL) (72,8 и 77,3 мкм/с) и линейность (LIN) (66,6 и 68,8%). Второй метод показал самые низкие кинетические параметры подвижности (VAP-74,4 мкм/с, VSL-67,3 мкм/с и LIN-62,5%) и самый высокий процент клеток с поврежденной плазматической мембраной (53,8%). Авторы пришли к выводу, что использование разбавителя с добавлением глицерина (до 2% при 35°C и до 4% при 5°C) в два этапа является продуктивным методом замораживания спермы баранов [13].

В исследовании Kumar D. с соавт. (2009) образцы спермы с хорошей исходной подвижностью, полученные от взрослых баранов, объединяли, разбавляли до 1×10^9 сперматозоидов/мл с помощью разбавителя Eggyolk-Test-glycerol и упаковывали в соломинки 0,25 мл. Соломинки первой группы охлаждали в программируемом морозильнике от 25°C до 5°C со скоростью $0,15^{\circ}\text{C}$ в минуту с последующей выдержкой в течение 2 ч. для уравнивания, а соломинки второй группы медленно охлаждали до 5°C и уравнивали в течение 2 ч в холодильной камере. После уравнивания соломинки 2-й группы также загружали в морозильную камеру для замораживания соломинок обеих групп одновременно от 5°C до -125°C со скоростью 25°C в мин. Оттаивание соломинок проводили при 50°C в течение 10 сек, а размороженные сперматозоиды подвергали испытанию на термостойкость при 37°C в течение 4 ч. Образцы оценивали сразу после оттаивания, с часовым интервалом на характеристики движения сперматозоидов с помощью метода компьютерного анализа спермы. Инкубированные после оттаивания сперматозоиды также оценивали через 0, 1, 2, 3 и 4 ч на целостность акросом после

окрашивания высушенных мазков спермы красителем Гимза. Процент подвижности, количества быстроподвижных сперматозоидов, линейности и сперматозоидов с нормальной акросомой был значительно ($P < 0,05$) выше в 1-ой группе по сравнению со 2-ой группой. Результаты показали, что контролируемая скорость охлаждения обеспечивает лучшую криоконсервирующую способность сперматозоидов после оттаивания по сравнению с неконтролируемой скоростью охлаждения [14].

Vag S. с соавтор. (2002) было проведено исследование с целью изучения влияния начальной температуры замерзания на подвижность сперматозоидов баранов после оттаивания. Сперму, полученную от баранов, объединяли и разбавляли с концентрацией 1000 млн сперматозоидов на мл разбавителем TEST-yolk-glycerol. Разбавленные образцы спермы загружали в соломинки объемом 0,25 мл и охлаждали до температуры -25°C , -75°C или -125°C со скоростью $-25^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в контролируемых условиях перед погружением в жидкий азот для хранения. Размораживание соломинок проводили при температуре 50°C на водяной бане в течение 10 сек, а характеристики подвижности замороженных-размороженных сперматозоидов оценивали с помощью компьютерного метода анализа сперматозоидов. Начальная температура замерзания существенно повлияла на подвижность сперматозоидов после оттаивания. Процент подвижности сперматозоидов после оттаивания был значительно выше при начальной температуре замораживания -125°C и ниже при -25°C или -75°C . Процент среднеподвижных сперматозоидов был одинаковым при всех трех начальных температурах замораживания. Процент медленно подвижных и линейных сперматозоидов варьировался ($P < 0,01$) между различными температурами замораживания. Криволинейная скорость, средняя траекторная скорость и прямолинейная скорость сперматозоидов были выше ($P < 0,01$) при -125°C , чем при -25°C или -75°C . Исследование показывает, что начальная температура замораживания оказывает значительное влияние на подвижность и скорость сперматозоидов после оттаивания. Наилучшая подвижность сперматозоидов после оттаивания была достигнута при температуре замораживания -125°C [15].

Va-Awadh H. с коллегами (2022) производили сбор образцов спермы баранов с помощью искусственной вагины ($n=20$). Образцы спермы оценивали макроскопически и микроскопически. Для дальнейшей обработки использовали только эякуляты, соответствующие следующим парамет-

рам: объем 1,5 мл, оценка 4 по шкале массовой активности, прогрессивная подвижность 80 % и концентрация сперматозоидов 2×10^9 . Эякуляты были объединены для исключения индивидуальных различий баранов. В данном исследовании использовались семь объединенных эякулятов.

Объединенные эякуляты постепенно разбавляли 1:4 трис-глицериновым разбавителем на основе яичного желтка. Разбавленную сперму постепенно охлаждали в течение менее двух часов с 30°C до 5°C . Разбавленную и охлажденную сперму помещали в соломинки объемом 0,25 мл и оставляли при 5°C на 2 часа для уравнивания. После достижения равновесия соломинки замораживали в парах жидкого азота по двум различным протоколам. В протоколе быстрого замораживания соломинки фиксировали на высоте 5 см над поверхностью жидкого азота на 15 минут. В соответствии с протоколом медленного замораживания соломинки фиксировали на высоте 8 см над поверхностью жидкого азота на 20 минут. Затем соломинки хранили при температуре -196°C после погружения в жидкий азот.

Замороженные соломинки оттаивали в течение 30 сек на водяной бане при 37°C . Образцы спермы оценивались дважды. Первый — после достижения равновесия (до замораживания), а второй — через 48 ч после криоконсервации. По результатам исследования не было выявлено негативного влияния протокола замораживания на общую подвижность спермы, целостность плазматической мембраны и целостность ДНК. Однако жизнеспособность, быстрая прогрессивная подвижность, скорость прямолинейности, средняя скорость пути, линейность и колебание были значительно выше при быстром замораживании, чем в протоколе медленного замораживания. Криоконсервация спермы баранов с использованием протокола быстрого замораживания (5 см на 15 мин) является более результативным, чем протокол медленного замораживания (8 см в течение 20 мин) [16].

Yamashiro H. с соавт. (2020) осуществляли сбор спермы методом электроэякуляции. Первый протокол замораживания выполнялся путем двухэтапного разведения. В опыте сперму разбавляли раствором трис-лимонной кислоты-глюкозы (ТКГ). Разбавленную сперму делили на пять аликвот, каждую из которых суспендировали в трегалозе с растворами ТКГ-яичного желтка при 27°C . Образцы спермы охлаждали до 10°C в течение 2 ч. Затем их дополнительно разбавляли равным объемом различных растворов трегалозы с наполнителем ТКГ-яичного желтка, со-

державшего 8% глицерина. Затем разбавленную сперму уравнивали при 10°C в течение от 30 мин до 2 ч перед замораживанием.

Аликвоты по 0,25 мл суспензии спермы помещали в соломинки и запаивали их концы. Затем соломинки помещали в пары жидкого азота на 10 мин, а затем погружали непосредственно в жидкий азот. В эксперименте по второму протоколу сбор спермы производился с помощью электроэякуляции в максимально стерильных от мочи условиях. Собранную сперму суспендировали разбавителями яичного желтка с пятью различными концентрациями рафинозы при 27°C . Затем образцы охлаждали в течение 4 ч в холодильнике при 10°C . К объемам спермы добавляли равные объемы рафинозы с наполнителем ТКГ-яичного желтка, содержащего 8% глицерина. Затем разбавленную сперму уравнивали при 10°C в течение от 30 мин до 2 ч перед замораживанием. Наконец, соломинку объемом 0,25 мл помещали в пары жидкого азота на 10 мин, а затем непосредственно погружали в жидкий азот.

Замороженную сперму размораживали, помещая соломинки на 10 сек в водяную баню при 37°C . Затем соломинки помещали при комнатной температуре (27°C) на 5 мин, после чего подвергали анализу после оттаивания. Оценивали подвижность.

Эякуляты от разных баранов, имеющие густую консистенцию, оценивали на индивидуальную подвижность сперматозоидов сразу после разбавления раствором ТКГ с помощью субъективной оценки под микроскопом. Также оценивали подвижность сперматозоидов после замораживания, оттаивания и инкубации, а также после инкубации при 37°C в течение 1, 2 и 3 ч. Замораживание сперматозоидов в различных концентрациях трегалозы с разбавителем ТКГ-яичный желток обычно приводило к увеличению подвижности после оттаивания. Сперматозоиды демонстрировали значительно ($P < 0,05$) более высокую подвижность по сравнению со сперматозоидами, разбавленными с помощью наполнителя без трегалозы. Не было установлено существенной разницы в подвижности сперматозоидов после оттаивания для разбавителей, которые были дополнены концентрациями трегалозы после 3-часовой инкубации. Однако, когда сперматозоиды были заморожены в более высокой концентрации трегалозы, они сохраняли более высокую подвижность после оттаивания в течение 3-часового теста на термостойкость, чем сперматозоиды, замороженные в разбавителе с добавлением более низкой концентрации трегалозы [17].

В исследованиях, проведенных Корочкиной Е. А. с соавт. (2023), был усовершенствован протокол заморозки спермы баранов романовской породы ($n=10$). Проводили центрифугирование спермы в течение 15 мин со скоростью 7000 об/мин, далее совокупность спермиев разбавляли в соотношении 1:4 (разбавитель OptiX-cell, IMV), охлаждали при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ в течение 1,5 часов для стабилизации взаимодействия между спермой и средой. После чего производили упаковку разбавленной спермы в пайеты объемом 0,25 мл при температуре $+4^{\circ}\text{C}$.

Протокол заморозки образцов спермы состоял из двух этапов: 1 - соломинки помещали в гоблеты 4 см над жидким азотом в течение 10 мин; 2 - производили полное погружение в жидкий азот для дальнейшего хранения. Оттаивание спермы производилось при температуре $+37^{\circ}\text{C}$ в течение 30 сек, далее осуществляли оценку спермы через 1 ч и 2 ч после оттаивания. По результатам данной работы было установлено выраженное уменьшение процента прогрессивно двигающихся сперматозоидов после оттаивания

на 22,6 % ($p \leq 0,01$), через 1 ч после оттаивания на 24,8 % ($p \leq 0,05$), через 2 ч - на 33,7 % ($p \leq 0,01$) [18].

Заключение. Таким образом, учитывая слабую устойчивость сперматозоидов баранов к резкому перепаду температуры и осмотическому шоку по причине низкого содержания холестерина и фосфолипидов в их половых гаметах, существующие протоколы криоконсервации спермы данного вида животных способствуют использованию замороженной спермы для искусственного осеменения овец. Нужно также отметить, что успешность криоконсервации зависит от таких факторов как состав разбавителя, степень разведения и режим центрифугирования, длительность охлаждения, а также сам процесс заморозки и оттаивания спермы. Наиболее эффективным является использование протокола быстрого замораживания спермы. Для развития отечественного овцеводства необходимо утвердить протоколы криоконсервации спермы, адаптированные для существующих производственных условий.

Литература

1. Saha A. Cryopreservation Techniques for Ram Sperm / A. Saha, M. Asaduzzaman, F. Y. Bari // *Veterinary medicine international*. – 2022. – P. 1-16.
2. Yanez-Ortiz I. Advances in sperm cryopreservation in farm animals: Cattle, horse, pig and sheep / I. Yanez-Ortiz, J. Catalan, J. E. Rodriguez-Gil, J. Miro, M. Yeste // *Animal Reproduction Science*. – 2022. – Vol. 246. – P. 1-17.
3. Purdy P. Ram Semen Processing, Cryopreservation and Non-surgical Insemination Protocol. 2017; 5.
4. Айбазов М. М. Сравнительная характеристика спермы барана, замороженной в разных экстендерах / М. М. Айбазов, А. Н. Шевченко и др. // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 2021. – № 4. – С. 63-78.
5. Айбазов М. М. Качественные показатели спермы барана, криоконсервированной при разных технологиях / М. М. Айбазов, Т. В. Мамонтова // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2020. – № 2 (13). – С. 39-45.
6. Tibary A. Cryo-preservation of sperm and embryos in small ruminants / A. Tibary, S. Manar // *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Veterinaires*. – 2018. – № 6(2). – P. 152-210.
7. Barbas J. P. Ram Semen Cryopreservation for Portuguese Native Breeds: Season and Breed Effects on Semen Quality Variation / J. P. Barbas, J. Pimenta et al. // *Animals*. – 2023. – № 13(4):579. – P. 1-14.
8. Diego A. Two-step accelerating freezing protocol yields a better motility, membranes and DNA integrities of thawed ram sperm than three-steps freezing protocols / D. A. Galarza, A. Lopez-Sebastian et al. // *Cryobiology*. – 2019. – Vol. 91. – P. 84-89.
9. Vozaf J. The Cryopreserved Sperm Traits of Various Ram Breeds: Towards Biodiversity Conservation / J. Vozaf, A. Svoradova et al. // *Animals : an open access journal from MDPI*. – 2020. – Vol. 12(10): 1311. – P. 1-13.
10. Najafi A. Enhancing post-thaw quality of ram epididymal sperm by supplementation of rutin in cryopreservation extender / A. Najafi, H. Mohammadi, S. D. Sharifi // *Scientific Reports*. – 2023. – 13. – P. 1-10.
11. Mehdipour M. Protective effect of rosiglitazone on microscopic and oxidative stress parameters of ram sperm after freeze-thawing / M. Mehdipour, H. A. Daghigh-Kia et al. // *Scientific Reports*. – 2022. – № 12. – P. 1-10.

12. Aisen E. Ultramicroscopic and biochemical changes in ram spermatozoa cryopreserved with trehalose-based hypertonic extenders / E. Aisen, M. Quintana et al. // *Cryobiology*. – 2005. – Vol. 50 (3). – P. 239-249.
13. Anel L. Field and in vitro assay of three methods for freezing ram semen / L. Anel, P. de Paz, M. Alvarez et al. // *Theriogenology*. – 2003. – Vol. 60 (7). – P. 1293-1308.
14. Kumar D. Effect of post-thaw incubation on semen characteristics of ram spermatozoa cryopreserved under controlled and uncontrolled rate of cooling / D. Kumar, A. Joshi, S. M. K. Naqvi // *Anim. Reprod.* – 2009. – Vol.6 (4). – P.526-534.
15. Bag S. Effect of initial freezing temperature on the semen characteristics of frozen-thawed ram spermatozoa in a semi-arid tropical environment / S. Bag, Joshi et al. // *Small Ruminant Research*. –2002. – Vol. 43(1). – P. 23-29.
16. Ba-Awadh H. Comparison between rapid and slow cryopreservation protocols for ram semen / H. A. Ba-Awadh, I. O. Olarinre et al. // *Slovenian veterinary research*. – 2022. – Vol. 60. – P. 249-257.
17. Yamashiro H. A case study on cryopreservation of African sheep semen for the Red Maasai, Dorper breeds and their crosses / H. Yamashiro, J. R. Wando et al. // *International Journal of Agricultural Sciences*. – 2020. – Vol. 10 (4). – P. 1-5.
18. Корочкина Е. А. Качество спермы баранов до и после криоконсервации / Е. А. Корочкина, Е. Ю. Финагеев, Д. Е. Главацкая, В. С. Пушкина // *Ветеринария*. – 2023. – № 8. – С. 34-38.

Pushkina V., Korochkina E.

Comparative characteristics of protocols for cryopreservation of ram semen

Abstract.

Purpose: study and comparison of protocols for cryopreservation of sperm of stud rams.

Every day the popularity of sheep farming in Russia is increasing, since sheep are unpretentious in maintenance and at the same time they are multiproduct animals, providing the population with the necessary raw materials (wool, felt) and food products (meat, milk). For this reason, artificial insemination is of fundamental importance in the development of this branch of livestock farming, an important part of which is the correct cryopreservation of ram sperm. There are quite a few advantages of using cryopreserved sperm. Cryopreservation of sheep sperm contributes to the spread of the use of artificial insemination in this branch of the livestock industry. Freezing technology largely ensures the preservation of genetic material and its transportation, eliminating geographical barriers in the use of artificial insemination, and allows increasing the load on the ram sire without risk to his reproductive health. However, during the process of cryopreservation, sheep sperm receives irreversible damage due to cold shock, osmotic stress and oxidative processes, which lead to a decrease in the ability to fertilize sperm. Thus, chromatin may be damaged, membrane permeability increased, hyperoxidation and the formation of reactive oxygen species are possible, which affects the ability to fertilize. As a result, frozen ram semen may have low fertility. For this reason, it is extremely important to select an up-to-date freezing and thawing protocol with maximum recovery of viable and functional sperm of a given animal species for successful further use in artificial insemination. Technological advances in various fields of biotechnology have led to improvements in protocols, methods and equipment used in the laboratory, which have a positive impact on the reliability, accuracy of the procedure. This article summarizes research on the effects of different cryopreservation procedures, cooling rates, cooling times and thawing protocols on ram semen quality. In addition, a correct protocol for cryopreservation of Romanov breed sperm was formed, based on the results of our own research.

Key words: sperm, cryopreservation protocols, rams, specific features.

*Authors:***Pushkina V.** – e-mail: pushkina_varechka@mail.ru;**Korochkina E.** – PhD (Vet. Sci.); e-mail: e.kora@mail.ru.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, st. Chernihiv 5.

References

1. Saha A. Cryopreservation Techniques for Ram Sperm / A. Saha, M. Asaduzzaman, F. Y. Bari // *Veterinary medicine international*. – 2022. – P. 1-16.
2. Yanez-Ortiz I. Advances in sperm cryopreservation in farm animals: Cattle, horse, pig and sheep / I. Yanez-Ortiz, J. Catalan, J. E. Rodriguez-Gil, J. Miro, M. Yeste // *Animal Reproduction Science*. – 2022. – Vol. 246. – P. 1-17.
3. Purdy, P. Ram Semen Processing, Cryopreservation and Non-surgical Insemination Protocol. 2017; 5.
4. Aibazov M. M. Comparative characteristics of the sperm of a ram, frozen in different exteals / M. M. Aibazov, A. N. Shevchenko and others // *News of the Timiryazevsky Agricultural Academy*. – 2021. – № 4. – P. 63-78.
5. Aibazov M. M. High -quality indicators of the sperm of a ram, cryoconserved with different technologies / M. M. Aibazov, T. V. Mamontova // *Agricultural Journal and*. – 2020. – № 2 (13). – P. 39-45.
6. Tibary A. Cryo-preservation of sperm and embryos in small ruminants / A. Tibary, S. Manar // *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Veterinaires*. – 2018. – № 6 (2). – P. 152-210.
7. Barbas J. P. Ram Semen Cryopreservation for Portuguese Native Breeds: Season and Breed Effects on Semen Quality Variation / J. P. Barbas, J. Pimenta et al. // *Animals*. – 2023. – № 13 (4):579. – P. 1-14.
8. Diego A. Two-step accelerating freezing protocol yields a better motility, membranes and DNA integrities of thawed ram sperm than three-steps freezing protocols / D. A. Galarza, A. Lopez-Sebastian et al. // *Cryobiology*. – 2019. – Vol. 91. – P. 84-89.
9. Vozaf J. The Cryopreserved Sperm Traits of Various Ram Breeds: Towards Biodiversity Conservation / J. Vozaf, A. Svoradova et al. // *Animals : an open access journal from MDPI*. – 2020. – Vol. 12 (10): 1311. – P. 1-13.
10. Najafi A. Enhancing post-thaw quality of ram epididymal sperm by supplementation of rutin in cryopreservation extender / A. Najafi, H. Mohammadi, S. D. Sharifi // *Scientific Reports*. – 2023. – № 13. – P. 1-10.
11. Mehdipour M. Protective effect of rosiglitazone on microscopic and oxidative stress parameters of ram sperm after freeze-thawing / M. Mehdipour, H. A. Daghigh-Kia et al. // *Scientific Reports*. – 2022. – № 12. – P. 1-10.
12. Aisen E. Ultramicroscopic and biochemical changes in ram spermatozoa cryopreserved with trehalose-based hypertonic extenders / E. Aisen, M. Quintana et al. // *Cryobiology*. – 2005. – Vol. 50 (3). – P. 239-249.
13. Anel L. Field and in vitro assay of three methods for freezing ram semen / L. Anel, P. de Paz, M. Alvarez et al. // *Theriogenology*. – 2003. – Vol. 60 (7). – P. 1293-1308.
14. Kumar D. Effect of post-thaw incubation on semen characteristics of ram spermatozoa cryopreserved under controlled and uncontrolled rate of cooling / D. Kumar, A. Joshi, S. M. K. Naqvi // *Anim. Reprod.* – 2009. – Vol. 6 (4). – P. 526-534.
15. Bag S. Effect of initial freezing temperature on the semen characteristics of frozen-thawed ram spermatozoa in a semi-arid tropical environment / S. Bag, Joshi et al. // *Small Ruminant Research*. – 2002. – Vol. 43 (1). – P. 23-29.
16. Ba-Awadh H. Comparison between rapid and slow cryopreservation protocols for ram semen / H. A. Ba-Awadh, I. O. Olarinre et al. // *Slovenian veterinary research*. – 2022. – Vol. 60. – P. 249-257.
17. Yamashiro H. A case study on cryopreservation of African sheep semen for the Red Maasai, Dorper breeds and their crosses / H. Yamashiro, J. R. Wando et al. // *International Journal of Agricultural Sciences*. – 2020. – Vol. 10 (4). – P. 1-5.
18. Korochkina E. A. Quality of the sperm of the rams before and after cryoconservation / E. A. Korochkin, E. Yu. Finageev, D. E. G. Peretsky, V. S. Pushkin // *Veterinary medicine*. – 2023. – № 8. – P. 34-38.

А. В. Малиновский

Особенности метаболизма гистидина у разных видов животных (обзор)

Аннотация.

Как известно, природные аминокислоты, входящие в состав белков пищи, делятся на незаменимые и заменимые: незаменимые не синтезируются при их отсутствии в пище. Но две аминокислоты треонин и гистидин до последнего представляли загадку для биохимической науки. Но при этом никто никогда не ставил под сомнение незаменимость треонина: его отсутствие в пище у всех позвоночных приводит к отрицательному азотистому балансу. Поэтому в данной статье не будут рассматриваться особенности превращения треонина у разных видов животных. В то же время еще в 30-е годы XX века было установлено, что гистидин является незаменимой аминокислотой для крысы, мыши, собаки и цыпленка, но заменимой для человека. На основании тезиса о незаменимости гистидина возникло устойчивое мнение о неспособности животного организма к синтезу гистидина. Но тогда возникает естественный вопрос: каким же образом гистидин стал для здорового взрослого человека заменимой аминокислотой? Причем для детей и больных хронической почечной недостаточностью гистидин остается незаменимой аминокислотой. На этот счет выдвигались различные теории: резерв гистидина в гемоглобине и гистидинсодержащем дипептиде мышц карнозине, которого достаточно у взрослых, но недостаточно у детей; синтез гистидина кишечными бактериями. Но ведь, кроме мыши, у которой мускулатура не содержит карнозина, последний служит источником гистидина у крыс и собак, но при этом для них гистидин-незаменимая аминокислота. И только уже в ХХТ веке обнаружение в печени крупного рогатого скота фермента гистидинолдегидрогеназы позволило ответить на этот вопрос.

Ключевые слова: продуктивные животные; обмен аминокислот; незаменимые аминокислоты; гистидин.

Авторы:

Малиновский А. В. – специальное конструкторское технологическое бюро (СКТБ) «Биофизприбор» — Санкт-Петербургский филиал ФГУП «Экспериментально-производственные мастерские» Федерального медико-биологического агентства»; 197183, Россия, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, д. 37; e-mail: malinovskiy.andrey@yandex.ru.

Введение. Биологическая ценность белка определяется его аминокислотным составом. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме и должны поступать с пищей. Восемь аминокислот (лизин, треонин, триптофан, метионин, фенилаланин, лейцин, валин и изолейцин) необходимы для всех исследованных видов животных [1]. Что касается гистидина, то до сих пор идут споры о возможности его синтеза в животном организме, а, следовательно, о том, относить его к незаменимым или заменимым аминокислотам.

В середине XX века установлено, что отсутствие гистидина в рационе крыс вызывает у них отрицательный азотистый баланс, в то время как отсутствие гистидина в рационе здоровых взрослых людей при наличии остальных восьми незаменимых аминокислот позволяет сохранять азотистое равновесие. Другой аминокислотой, превращение которого в организме у человека отличается от всех животных, является треонин, но это не отражается на его незаменимости, т. к. в

обоих случаях он распадается необратимо и остается незаменимой аминокислотой [2].

Исследование особенностей обмена гистидина в организме у крупного рогатого скота в XXI веке позволило объяснить, почему гистидин может быть заменимой аминокислотой для одних видов животных, но незаменимой для других. Это приобретает особую важность при составлении рационов для продуктивных животных и людей.

Особенности метаболизма гистидина у животных. В 1937 году Роуз и его сотрудники путем последовательного исключения отдельных аминокислот из рациона установили, что для белых крыс незаменимыми являются девять аминокислот, включая гистидин. Вскоре незаменимость гистидина была установлена для большинства животных: крысы, мыши, собаки и цыпленка [3, 4]. Фердман в учебнике биохимии для университетов в 1966 году отмечает, что животные способны к синтезу многих, но не всех встречающихся у них циклических соединений,

например, у животных не синтезируется ядро имидазола, входящее в состав гистидина.

При изучении метаболизма гистидина в мозге молодых обезьян отмечено, что при недостаточности белка в питании уровень гистидина в мозге резко возрастал [5], при этом уровень большинства незаменимых аминокислот в мозге не падал, а содержание фенилаланина даже возрастало. Хотя уровень всех других незаменимых аминокислот, в том числе фенилаланина, резко снижался в печени и плазме крови, тогда как уровень гистидина заметно не изменялся, этот факт не может говорить в пользу возможности биосинтеза гистидина в организме. Возможно, падение концентрации других незаменимых аминокислот в плазме обеспечило лучшее поступление гистидина, а также фенилаланина в мозг по конкурентному механизму.

У мышей, у которых в отличие от крыс и других млекопитающих в мышечной ткани отсутствует гистидинсодержащий дипептид карнозин, выявляются ранние признаки дефицита гистидина при отсутствии его в рационе [6]. Из этого делается вывод, что пищевой дефицит гистидина у других животных хотя бы частично покрывается карнозином мышц, снижение которого при белковом голодании наблюдается у крыс [7]. Роль карнозина как возможного источника гистидина в почках показана у собаки [8, 9].

Среди продуктивных животных особое значение имеют особенности аминокислотного питания у жвачных. Ранее обмен аминокислот исследовали у северных оленей и лосей, при этом гистидин отнесён к заменимым аминокислотам [10]. Однако в этой работе не приводится схема его биосинтеза, и лишь в XXI веке группа японских биохимиков впервые выделила из печени и почек крупного рогатого скота гистидинолдегидрогеназу, окисляющую гистидинол в гистидин [11] (рис. 1).

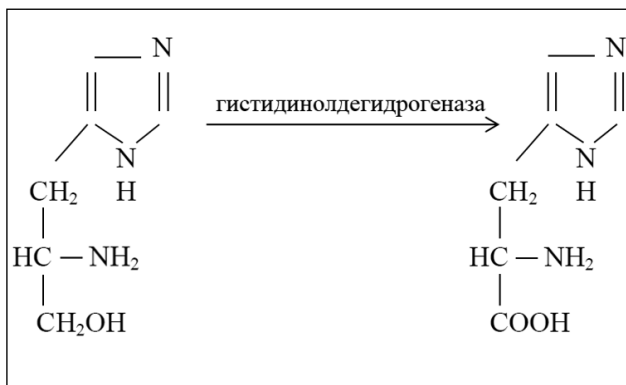


Рис. 1. Окисление гистидинола в гистидин в тканях крупного рогатого скота.

Показано, что количество гистидина, образующегося в этой реакции, полностью удовлетворяет потребность в нём крупного рогатого скота при условии достаточного образования гистидинола из предшественников. Активность гистидинолдегидрогеназы из печени и почек крупного рогатого скота сравнивалась с таковой у свиньи; при этом было установлено, что количество синтезируемого гистидина у свиней недостаточно для удовлетворения суточной потребности в нём. Из этих результатов в [11] заключено, что гистидин может быть заменимой аминокислотой для крупного рогатого скота, но незаменимой для свиней.

Выявленная возможность биосинтеза гистидина в тканях животных позволяет по-новому взглянуть на проблему незаменимости гистидина. Вопрос о незаменимости гистидина для животных обсуждался на основе исследования активности гистидинолдегидрогеназы в органах у крупного рогатого скота [12]. Для сравнения в работе приведены данные по активности гистидинолдегидрогеназы у свиньи, мыши, домашней птицы и дикой утки, кратко обсуждаются некоторые аспекты проблемы незаменимости гистидина для взрослого человека. В этой работе отмечается, что в отличие от большинства микроорганизмов бактерии и простейшие рубца неспособны синтезировать гистидин, ибо у крыс, потреблявших содержимое рубца, обнаруживалась недостаточность именно гистидина. При этом у крупного рогатого скота при безгистидиновой диете недостаточность гистидина не обнаруживалась. Onodera выдвинул гипотезу, что жвачные животные могут сами синтезировать гистидин *de novo* в количестве, покрывающем потребность в нем животного. Для доказательства этой гипотезы был поставлен энзиматический эксперимент в лаборатории автора, как сообщалось выше [11]. Именно гистидинолдегидрогеназа (ЕС 1.1.1.23), катализирующая реакцию окисления гистидинола в гистидин на конечном этапе пути синтеза гистидина *de novo*, как упомянуто выше, была выбрана для изучения в печени и почках крупного рогатого скота, поскольку в любом случае необходимо знать прежде всего активность фермента на конечном этапе той или иной системы. Затем изучались активности гистидинолдегидрогеназы в других органах крупного рогатого скота. В результате установлено, что наивысшая активность этого фермента на г ткани - в печени, затем следуют почки, поджелудочная железа, селезенка, мышцы и тонкий кишечник. Среди этих тканей особенно важны активности гистидинолдегидрогеназы в печени (548,6 нмоль Гис/г ткани/ч) и почках (264,4

нмоль Гис/г ткани/ч), но активность в мышцах также не может игнорироваться из-за большого количества мышц в теле, хотя активность на г была низкой (13,6 нмоль Гис/г ткани/ч).

Если ежедневное образование гистидина из гистидинола печенью, почками и мышцами крупного рогатого скота весом тела 700 кг предварительно рассчитывается путем использования этих величин, считая вес печени 7000 г, почек-1300 г, мускулатуры в целом-300 кг, а молекулярный вес гистидина-155,16, то оно рассчитывается следующим образом:

печень крупного рогатого скота:

548,6 нмоль Гис/г ткани/ ч x 7000 г печени x 24 ч = 92,16 нмоль Гис/ голова / день = 14,30 г Гис/голова/день;

почки крупного рогатого скота:

264,4 нмоль Гис/г ткани/ч x 1300 г почек x 24 ч = 8,25 нмоль Гис/голова/день = 1,28 г Гис/голова/день

мышцы крупного рогатого скота:

3,5 нмоль Гис/г ткани/ч x 300 кг мышц x 24 ч = 97,92 нмоль Гис/голова/день = 15,19 г Гис/голова/день.

Таким образом, была установлена полная ежедневная продукция гистидина из гистидинола

печенью, почками и мышцами крупного рогатого скота. Она составляет 30,77 г/голова/день.

На следующем этапе эта величина сравнивалась с потребностью в гистидине крупного рогатого скота. Ввиду отсутствия информации о потребности крупного рогатого скота и других жвачных в отдельных аминокислотах использовалась ежедневная потребность в доступном сыром протеине (ДСП). Использовалось приближение, что содержание гистидина в белке всего тела почти равно содержанию гистидина в белке мышц. Японский пищевой стандарт для мясного крупного рогатого скота показал в 2000 г, что потребность растущих и заканчивающих рост мясных телят в ДСП 429 г/день. Поскольку в белках мышц крупного рогатого скота содержание гистидина было найденным 3,408/100 г мышечного белка, ежедневная потребность в гистидине была рассчитана следующим образом:

429 г ДСП /голова/день Ч3,408 г Гис/100 г мышечного белка=14,62 Гис/голова/день. Таким образом установлено, что гистидин может не быть незаменимой аминокислотой для молодняка и взрослого крупного рогатого скота, если образование гистидинола из его предшественников достаточно в органах, содержащих гистидинол-дегидрогеназу - в печени, почках и мышцах. По-

Таблица 1. Ориентировочные оценки потребности в гистидине и образование гистидина у растущих и заканчивающих рост мясных бычков.

| Живая масса (ЖМ), кг | Суточный прирост ЖМ, кг | Потребность в ДСП, г/сут | Потребность в гистидине, г/сут | Образование гистидина, г/сут |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 250 | 44958 | 569 | 19,39 | 36434,00 |
| 300 | 45017 | 633 | 21,57 | 13,19 |
| 350 | 45017 | 627 | 21,37 | 15,38 |
| 400 | 45017 | 619 | 45220,00 | 17,58 |
| 450 | 44958 | 555 | 18,91 | 19,78 |
| 500 | 44958 | 547 | 18,64 | 21,98 |
| 550 | 1 | 490 | 16,70 | 24,18 |
| 600 | 1 | 483 | 16,46 | 26,37 |
| 650 | 1 | 474 | 16,15 | 28,57 |
| 700 | 1 | 429 | 14,62 | 30,77 |

Таблица 2. Активность гистидинолдегидрогеназы сырых ферментных растворов печени, почках и мышц у разных видов животных.

| Вид животных | Печень | | Почки | | Мышцы | |
|----------------------|--------|------------|-------|------------|-------|------------|
| | pH | Активность | pH | Активность | pH | Активность |
| Свинья | 11 | 16,56 | 9 | 9,46 | - | - |
| Мышь | 11 | 11,85 | 10 | 3,12 | 11 | 0,48 |
| Курица | 9 | 26,45 | 12 | 1,21 | 10 | 2,44 |
| Дикая утка | 9 | 4,25 | 10 | 9,99 | 11 | 3,73 |
| Крупный рогатый скот | 11 | 42,56 | 9 | 20,51 | 11 | 1,06 |

требность в гистидине снижается с возрастом из-за более высокой потребности у молодых животных, тогда как общее образование гистидина может увеличиваться по стадиям роста, если активность гистидинолдегидрогеназы в расчёте на единицу веса ткани существенно не изменяется с возрастом (возрастная динамика гистидинолдегидрогеназы не изучалась (табл. 1).

В таблице приведены данные по потребности в гистидине у растущих и заканчивающих рост мясных телят, рассчитанные из потребности в ДСП содержании гистидина в белках мышц крупного рогатого скота, полученные, как описано выше, а также оценки образования гистидина у этих телят, рассчитанные при допущении, что продукция гистидина возрастает пропорционально живой массе (ЖМ). Полученные предварительные оценки являются ориентировочными и используются для выявления общей закономерности возрастной динамики для разности между потребностью в гистидине и образованием его в тканях. У растущих мясных телят потребность в гистидине возрастает вплоть до ЖМ 300 кг, а затем уменьшается, в то время как образование гистидина возрастает с увеличением ЖМ. При ЖМ 450 кг образование гистидина в организме превышает потребность в нём.

Таким образом, потребность в гистидине телёнка с ЖМ более 450 кг может быть удовлетворена за счёт образования этой аминокислоты в органах животного. Хотя наличие активности гистидинолдегидрогеназы в органах не отражает образование гистидина из первого предшественника - фосфорибозилпирофосфата, тем не менее продукция гистидина в этих органах с большой вероятностью может определяться активностью гистидинолдегидрогеназы, так как этот фермент катализирует конечный шаг в серии реакций пути синтеза гистидина *de novo*.

В этой же работе активности гистидинолдегидрогеназы в печени, почках и мышцах изучались и у некоторых других животных - у свиньи, мыши, курицы и дикой утки, чтобы сравнить эти активности с таковой у крупного

рогатого скота. В изученных органах этих животных, кроме мышц свиньи, выявлена активность гистидинолдегидрогеназы при оптимальных значениях рН. Активность была выражена в единицах $\mu\text{г гистидина} / \text{г ткани} / 30 \text{ мин.}$ (табл. 2).

Таким образом, имеющиеся данные дают определённые основания для заключения о том, что активность гистидинолдегидрогеназы может быть информативным показателем, по которому можно судить о незаменимости гистидина для того или иного вида животного (табл. 3).

Особенности метаболизма гистидина у человека. В дальнейшем Роуз и его сотрудники свой метод установления незаменимости аминокислот, разработанный для животных (крыс) [3], применили в отношении человека и в серии экспериментов показали, что гистидин не является незаменимой аминокислотой для поддержания азотистого равновесия у взрослых людей [13-15], но незаменим для младенцев [16].

В последующем в медицинской науке постепенно накапливались возражения против точки зрения Роуза и его коллег насчет того, что гистидин является заменимой аминокислотой для взрослых людей. Сообщалось при этом, что гистидин является незаменимой аминокислотой для больных тяжелой уремией [17]. Основанием для этого сообщения служило сравнение данных по включению метки N^{15} в аминокислоты белков мышц и плазмы крови у больных уремией и здоровых добровольцев после внутривенного введения N^{15} - мочевины. В этом опыте включение N^{15} было выявлено в белках мышц и плазмы крови у здоровых добровольцев, но не у больных уремией. Также было выявлено включение N^{15} из N^{15}H_4 в имидазольное кольцо белков плазмы и гемоглобина у нормального взрослого человека при безгистидиновом питании [18]. В то же время авторы этой работы наблюдали у человека, находившегося 27 дней на безгистидиновом питании, мягкий положительный азотистый баланс и снижение концентрации гистидина в плазме крови и моче до низкого стабильного уровня. Основываясь на этих фактах, авторы заключи-

Таблица 3. Потребность в гистидине у разных видов животных.

| Вид животного | Потребность, по пищевому стандарту | Образование в организме | Истинная потребность | Оценка по ДСП1 |
|---------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|
| Свинья | 5,5 г | 1,59 г | 7,09 г | 8,87 г |
| Мышь | 3,2 мг | 1,52 мг | 4,72 мг | - |
| Курица | 170 мг | 135,5 мг | 305,5 мг | 438,2 мг |
| Дикая утка | 170 мг | 107,25 мг | 277,3 мг | - |
| КРС | - | 30,77 г | - | 14,62 г |

ли, что у взрослого человека может происходить ограниченный синтез гистидина.

Загадочной вещью является то, что несмотря на фоне многочисленной аргументации относительно незаменимости гистидина для взрослых людей, весь XX век не было сообщений об активности гистидинолдегидрогеназы в тканях животных, хотя гистидинолдегидрогеназа уже была выделена из микроорганизмов и растений и был изучено включение C^{14} из $HC^{14}OON$ в гистидин в печени человеческого плода [19]. Единственным тогда сообщением, в котором упоминался гистидинол, была работа, в которой авторы проверяли возможность превращения L-гистидинола в L-гистидин у молодых крыс [20]. С другой стороны, полученные результаты показали, что крысы не могут превращать L-гистидинол в L-гистидин в достаточной степени, чтобы это обеспечивало рост. Определение активности гистидинолдегидрогеназы в некоторых органах у взрослых людей даст базовую величину для более уверенного суждения о незаменимости/заменимости гистидина для человека.

Заключение. Гистидин являлся единственной аминокислотой, о возможности синтеза которой в животном организме до последнего велись споры. Парадоксальным казался факт о незаменимости гистидина для крыс, но о его заменимости для здорового взрослого человека. И только использование в качестве объекта изучения печени крупного рогатого скота позволило обнаружить в ней фермент гистидинолдегидрогеназу, катализирующую конечный шаг в серии реакций на пути синтеза гистидина *de novo*.

В дальнейшем были получены данные о наличии активности гистидинолдегидрогеназы в различных органах у различных видов животных. Результаты этих исследований дают основание полагать, что оценка активности этого фермента может быть информативным показателем для суждений о незаменимости/заменимости гистидина для того или иного вида животного, Незаменимость/заменимость гистидина, как и любой другой аминокислоты, должна учитываться при составлении рациона сельскохозяйственных животных и человека.

Литература

1. Майстер А. Биохимия аминокислот. Изд-во «Иностранная литература», М. 1961.
2. Малиновский А. В. Причины незаменимости треонина у человека и млекопитающих в сравнительном аспекте / А. В. Малиновский // Биохимия. — 2017. — № 82. — С. 1354-133.
3. Rose W. C. The nutritive significance of the amino acids and certain related compounds / W. C. Rose // Science. — 1937. — № 86. — P. 298-300.
4. Stiefel F. B. Histidine metabolism / F. B. Stiefel, R. H. Herman // Am. J. Clin. Nutr. — 1971. — № 24. — P. 207-217.
5. Enwonwu C. O. Different effects of protein malnutrition and ascorbic acid deficiency on histidine metabolism in the brains of infant nonhuman primates / C. O. Enwonwu, E. O. Eugene // J. Neurochem. — 1983. — №1.
6. Parker C. J. Essentiality of histidine in adult mice / C. J. Parker, G. T. Riess, V. M. Sardesai // J. Nutr. — 1985. — № 115. — P. 824-826.
7. Clemens R. A. Metabolic effects of histidine free diets in rats (Abstract) / R. A. Clemens, R. A. Clemens, J. D. Kopple, M. E. Swendseid // Federation Proc. — 1978. — № 37. — 263 p.
8. Fukuda S. Evidence that dog kidney is an endogenous source of histidine / S. Fukuda, J. D. Kopple // Am. J. Physiol. — 1979. — 237 (1), E1-5.
9. Cianciaruso B. Net release or uptake of histidine and carnosine in kidney of dogs / B. Cianciaruso, M. R. Fukuda Jones, M. R. Koppel // Am J Physiol. — 1985. — 248(1 Pt 1), E51-7.
10. Кочанов Н. Е, Иванова Г. М, Вебер А. Э., Симаков А. Ф. Обмен веществ у диких жвачных животных (северные олени и лоси). Изд-во «Наука», Л. 1981
11. Wadud S. Synthesis of histidine in liver and kidney of cattle and swine / S. Wadud, R. Onodera, M. M. Or-Rashid // Anim. Sci. — 2001. — № 72(3). — P. 253-256.
12. Onodera R. Essentiality of histidine in ruminant and other animals including human beings / R. Onodera // Asian-Aust. Anim. Sci. — 2003. — № 3. — P. 445-454.
13. Rose W. C. Further experiments on the role of the amino acids in human nutrition / W. C. Rose, W. J. Haines, I. E. Johnson, D. T. Warner // J. Biol. Chem. — 1943. — № 148. — P. 457-458.
14. Rose W. C. The amino acid requirements of man. II. The role of threonine and histidine / W. C. Rose, W. J. Haines, D. T. Warner // J. Biol. Chem. — 1951. — № 188. — P. 49-58.

15. Rose W. C. The amino acid requirements of man. III. The role of isoleucine: additional evidence concerning histidine / W. C. Rose, W. J. Haines, D. T. Warner // J. Biol. Chem. – 1951. – № 193. – P. 605-612.
16. Snyderman S. E. The histidine requirement of the infant / S. E. Snyderman, A. Boyer et al // Pediatrics. – 1963. – № 31. – P. 786-801.
17. Fuerst P. 15N-Studies in severe renal failure. II. Evidence for the essentiality of histidine / P. Fuerst, J. Scand // J. Clin. Lab. Invest. – 1972. – № 30. – P. 307-312.
18. Wixom R. L., Anderson H. L. Histidine – Limited synthesis in normal, adult man. Histidine: Metab., Clin. Aspects, Ther. Use., Internatl. Workshop. – 1979. – P. 19-33.
19. Levy L. Histidine synthesis in yeast and human liver / L. Levy, M. Coon // J. Fed. Proc. – 1952. – № 11. – P. 248.
20. Kotb A. R. Inability of the growing rat to substitute L-histidinol for L-histidine / A. R. Kotb, M. J. Wixom // J. Nutr. – 1971. – № 101. – P. 1493-1498.

Malinovsky A.

Special features of histidine metabolism with different kinds of animals

Abstract.

Natural amino acids being a part of food protein are known to be divided into essential and non-essential; essential ones if they are not present in food cannot be synthesized. There are two amino acids, threonine and histidine, which up to the present time have been a mystery for the biochemical science. However, it is universally recognized that threonine can be referred to as an essential amino acid as its absence from the food of all vertebrates results in the negative nitrogen balance. That is why specific features of threonine transformation with reference to different kinds of animals are not dealt with in the present paper. At the same time it was as far back as the thirties of the XX century that the fact of histidine being an essential amino acid for rats, mice, dogs and chickens but non-essential for men was proved. On the basis of the histidine essentiality thesis, a steady viewpoint that every living thing is not capable of histidine synthesis was formed. But in this case the question arises: in what way has histidine become a non-essential amino acid for a healthy adult whereas for children and patients suffering from nephritic problems it has remained an essential amino acid? In view of the above different theories were put forward: 1) histidine reserves in haemoglobin and carnisone; the latter is enough with reference to adults but insufficient with reference to children; 2) histidine synthesis is caused by intestinal bacteria. But except mice whose muscles do not contain carnosine, the latter is a source of histidine for rats and dogs, histidine being an essential amino acid. It is only in the XXI century that the discovery of histidinol dehydrogenase enzyme has allowed to answer the question. Histidine essentiality / non-essentiality as well as any other amino acid should be taken into account when making up rations for people and agricultural animal.

Key words: productive livestock, aminoacids metabolism, essential amino acids, histidine.

Author:

Malinovsky A. – Special Design Technological Bureau (SKTB) Biophyspibor-St. Petersburg branch of the Federal State Unitary Enterprise "Experimental Production Workshops" of the Federal Medical and Biological Agency"; 197183, Russia, St. Petersburg, st. Sabirovskaya, d. 37; e-mail: malinovskiy.andreu@yandex.ru.

References

1. Майстер А. Биохимия аминокислот. Изд-во «Иностранная литература», М. 1961.
2. Малиновский А. В. Причины незаменимости треонина у человека и млекопитающих в сравнительном аспекте / А. В. Малиновский // Биохимия. — 2017. — № 82. — С. 1354-1333.
3. Rose W. C. The nutritive significance of the amino acids and certain related compounds / W. C. Rose // Science. — 1937. — № 86. — P. 298-300.
4. Stiefel F. B. Histidine metabolism / F. B. Stiefel, R. H. Herman // Am. J. Clin. Nutr. — 1971. — № 24. — P. 207-217.
5. Enwonwu C. O. Different effects of protein malnutrition and ascorbic acid deficiency on histidine metabolism in the brains of infant nonhuman primates / C. O. Enwonwu, E. O. Eugene // J. Neurochem. — 1983. — №1.
6. Parker C. J. Essentiality of histidine in adult mice / C. J. Parker, G. T. Riess, V. M. Sardesai // J. Nutr. — 1985. — № 115. — P. 824-826.
7. Clemens R. A. Metabolic effects of histidine free diets in rats (Abstract) / R. A. Clemens, R. A. Clemens, J. D. Kopple, M. E. Swendseid // Federation Proc. — 1978. — № 37. — 263 p.
8. Fukuda S. Evidence that dog kidney is an endogenous source of histidine / S. Fukuda, J. D. Kopple // Am. J. Physiol. — 1979. — 237 (1), E1-5.
9. Cianciaruso B. Net release or uptake of histidine and carnosine in kidney of dogs / B. Cianciaruso, M. R. Fukuda Jones, M. R. Koppel // Am J Physiol. — 1985. — 248(1 Pt 1), E51-7.
10. Кочанов Н. Е, Иванова Г. М, Вебер А. Э., Симаков А. Ф. Обмен веществ у диких жвачных животных (северные олени и лоси). Изд-во «Наука», Л. 1981
11. Wadud S. Synthesis of histidine in liver and kidney of cattle and swine / S. Wadud, R. Onodera, M. M. Or-Rashid // Anim. Sci. — 2001. — № 72(3). — P. 253-256.
12. Onodera R. Essentiality of histidine in ruminant and other animals including human beings / R. Onodera // Asian-Aust. Anim. Sci. — 2003. — № 3. — P. 445-454.
13. Rose W. C. Further experiments on the role of the amino acids in human nutrition / W. C. Rose, W. J. Haines, I. E. Johnson, D. T. Warner // J. Biol. Chem. — 1943. — № 148. — P. 457-458.
14. Rose W. C. The amino acid requirements of man. II. The role of threonine and histidine / W. C. Rose, W. J. Haines, D. T. Warner // J. Biol. Chem. — 1951. — № 188. — P. 49-58.
15. Rose W. C. The amino acid requirements of man. III. The role of isoleucine: additional evidence concerning histidine / W. C. Rose, W. J. Haines, D. T. Warner // J. Biol. Chem. — 1951. — № 193. — P. 605-612.
16. Snyderman S. E. The histidine requirement of the infant / S. E. Snyderman, A. Boyer et al // Pediatrics. — 1963. — № 31. — P. 786-801.
17. Fuerst P. 15N-Studies in severe renal failure. II. Evidence for the essentiality of histidine / P. Fuerst, J. Scand // J. Clin. Lab. Invest. — 1972. — № 30. — P. 307-312.
18. Wixom R. L., Anderson H. L. Histidine — Limited synthesis in normal, adult man. Histidine: Metab., Clin. Aspects, Ther. Use., Internatl. Workshop. — 1979. — P. 19-33.
19. Levy L. Histidine synthesis in yeast and human liver / L. Levy, M. Coon // J. Fed. Proc. — 1952. — № 11. — P. 248.
20. Kotb A. R. Inability of the growing rat to substitute L-histidinol for L-histidine / A. R. Kotb, M. J. Wixom // J. Nutr. — 1971. — № 101. — P. 1493-1498.

Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, П. С. Погодаева, П. Д. Бохан

Изменения показателей эритроцитов, гемоглобина и эритроцитарных индексов у кошек при энтероколите невыясненной этиологии

Аннотация.

Цель: изучить показатели красной крови у группы кошек с диагностированным энтероколитом невыясненной этиологии при помощи стандартных методик гематологического исследования.

Материалы и методы: В ходе исследования использовались стандартные методы гематологического анализа: подсчет эритроцитов выполняли в камере Горяева, используя цельную кровь, разведенную изотоническим раствором натрия-хлорида в 200 раз, подсчет производили с помощью светооптического микроскопе Миромед-2 var. 3-20 inf. объектив x8, окуляр x10; количество гемоглобина определяли колориметрическим методом, разводя цельную кровь в 200 раз раствором 0,04% аммиака на приборе Микролаб-540; гематокритную величину определяли методом центрифугирования с помощью гематокритной центрифуги Вилитек DSC-100MH-2; реакцию на скорость оседания эритроцитов ставили в пипетках Панченкова; эритроцитарные индексы и цветовой показатель крови рассчитывали по общепринятым формулам.

Результаты: Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что нарушение ферментативных процессов, ухудшение всасывания в кишечнике и дисбаланс симбионтной микрофлоры, связанные с наличием воспалительного процесса в желудочно-кишечном тракте, способны вызывать развитие анемических состояний, проявляющихся изменением показателей красной крови.

Ключевые слова: эритроциты, гемоглобин, эритроцитарные индексы, кошки, патологии желудочно-кишечного тракта.

Авторы:

Карпенко Л. Ю. – e-mail: доктор биологических наук; e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Бахта А. А. – e-mail: кандидат биологических наук; e-mail: ab-2003@yandex.ru;

Погодаева П. С. – e-mail: кандидат ветеринарных наук; e-mail: makarenkovaps@mail.ru;

Бохан П. Д. - e-mail: polinchi_95@mail.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5.

Введение. Патологии пищеварительной системы, проявляющиеся воспалительными процессами различных отделов желудочно-кишечного тракта, нарушением ферментативных процессов и ухудшением всасывания в кишечнике, при длительном течении, оказывают негативное влияние на все системы организма [1-3].

Общий клинический анализ крови позволяет оценить количество и морфологию эритроцитов, концентрацию гемоглобина в крови, гематокритную величину, а также ряд эритроцитарных индексов, являющихся расчетными показателями и дающих понимание физических характеристик эритроцитов. При комплексной оценке, данные показатели дают представление о наличии или отсутствии, а также о степени выраженности анемии, позволяют оценить качество работы системы кроветворения, а также косвенно оценить

возможность реализации кровью её транспортной и дыхательной функции, что имеет огромное значение для здоровья организма в целом [1-3].

Изменения показателей красной крови при патологиях желудочно-кишечного тракта объясняется как правило недостатком витаминов и микроэлементов, необходимых для процессов кроветворения. Анемии могут быть вызваны дефицитом железа и меди, витаминов группы В, в особенности В12 и фолиевой кислоты. Синдром мальабсорбции, развивающийся при воспалительных поражениях желудочно-кишечного тракта затрудняет всасывание питательных веществ, поступающих с кормом, а длительная диарея приводит к потере макро- и микроэлементов, а также дисбалансу кишечной микрофлоры, способной к синтезу витамина В12 [5,6].

В своем исследовании, мы поставили **цель** из-

учить показатели красной крови у группы кошек с диагностированной патологией желудочно-кишечного тракта с помощью стандартных методик гематологического исследования.

Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи: подсчитать количество эритроцитов и оценить их морфологию; определить количество гемоглобина; определить гематокритную величину; определить скорость оседания эритроцитов; рассчитать эритроцитарные индексы и цветной показатель крови.

Материалы и методы. Для постановки опыта из беспородных кошек весом от 3 до 4 кг, содержащихся в одном из приютов Санкт-Петербурга было сформировано две группы, по 10 особей в каждой. В группу опыта определили кошек с диагностированным по клиническим признакам (диарея, истощение) энтероколитом, для группы контроля были отобраны клинически здоровые животные, содержащиеся в идентичных условиях. Кровь отбирали в количестве 1-3 мл в пробирки с ЭДТА для гематологического исследования [7].

В момент поступления в приют кошки подвергаются карантинированию и диагностике на вирусные заболевания с помощью ИФА тестов. Кошки с диагностированными вирусными заболеваниями содержатся в отдельном помещении. В ходе данного исследования мы отбирали материал от животных, не имеющих диагностированных заболеваний вирусной природы, вакцинированных и прошедших противопаразитарную обработку в соответствии с эпизоотологическими рекомендациями для животных данного вида.

Исследование крови выполнялось на кафедре биохимии и физиологии ФГБОУ ВО «СПбГУВМ». В ходе исследования использовались стандартные методы гематологического анализа: подсчет эритроцитов выполняли в камере Горяева, используя цельную кровь, разведенную

изотоническим раствором натрия-хлорида в 200 раз, подсчет производили с помощью светооптического микроскопе Миромед-2 вар. 3-20 inf. объектив x8, окуляр x10; количество гемоглобина определяли колориметрическим методом, разводя цельную кровь в 200 раз раствором 0,04% аммиака на приборе Микролаб-540; гематокритную величину определяли методом центрифугирования с помощью гематокритной центрифуги Вилитек DSC-100MH-2; реакцию на скорость оседания эритроцитов ставили в пипетках Панченкова; эритроцитарные индексы и цветовой показатель крови рассчитывали по общепринятым формулам; полученные в опытах цифровые данные обрабатывались на компьютере с использованием пакета статистических программ Exel Statistica 6.0, достоверность различий между сериями определяли с помощью t- критерия Стьюдента [7].

Результаты и обсуждение. Несмотря на то, что ни в опытной, ни в контрольной группе не наблюдается существенных отклонений показателей от референсных значений, при более подробном анализе данных опытной группы можно отметить очевидные предпосылки к развитию макроцитарной гиперхромной анемии. На это указывает повышение цветного показателя крови, среднего объема эритроцита и среднего содержания гемоглобина в эритроците (табл. 1). Также у опытной группы наблюдается тенденция к снижению общего числа эритроцитов и гемоглобина, хотя на данный момент показатели остаются в пределах референсных интервалов, однако они значительно ниже, чем у контрольной группы (табл. 1). Повышение эритроцитарных индексов в сочетании с тенденцией к снижению общего числа эритроцитов в научной литературе и клинической практике связывают с развитием В-12 дефицитной анемии [5, 6, 8].

Похожие данные по показателям красной крови дает фолиеводефицитная анемия, однако в этом случае должно наблюдаться повышение

Таблица 1. Показатели красной крови кошек опытной и контрольной групп.

| Показатель | Единицы измерения | Опытная группа | Контрольная группа | Референсные значения |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Эритроциты (RBC) | $10^{12}/л$ | $6,25 \pm 1,78^*$ | $8,92 \pm 1,62$ | 4,6-10,1 |
| Гемоглобин (HGB) | г/л | $134 \pm 22,5^*$ | $157 \pm 24,5$ | 80-170 |
| Цветной показатель | - | $1,2 \pm 0,12^*$ | $1,06 \pm 0,07$ | 0,85-1,15 |
| СОЭ | мм/ч | $13,5 \pm 6,5^*$ | $6,3 \pm 3,05$ | 2-6 |
| Гематокрит (HCT) | % | $41,3 \pm 6,8^*$ | $48,05 \pm 7,3$ | 30,3-52,3 |
| Средний объем эритроцита (MCV) | фл | $61,82 \pm 6,3^*$ | $54,4 \pm 3,6$ | 35,9-53,1 |
| Ср. сод-е HGB в эритроците (MCH) | пг | $20,12 \pm 2,02^*$ | $17,8 \pm 1,13$ | 11,8-17,3 |
| Ср. конц-я HGB в эритроците (MCHC) | % | $325,6 \pm 1,17^*$ | $326,8 \pm 1,4$ | 281-358 |

* $P \leq 0,05$ по сравнению с группой контроля

количества мегалобластов — предшественников эритроцитов, что легко заметить при микроскопии мазков крови. В данном же случае, и в опытной, и в контрольной группе изменений в морфологии эритроцитов не наблюдалось. Также в опытной группе наблюдается значительное повышение скорости оседания эритроцитов, как в сравнении с референсными значениями, так и относительно контрольной группы, что косвенно указывает на наличие воспалительного процесса (табл. 1) [5, 6, 8].

Заключение. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что нарушение ферментативных процессов, ухудшение всасывания в кишечнике и дисбаланс симбиотной микрофлоры, связанные с наличием воспалительного процесса

в желудочно-кишечном тракте, способны вызывать развитие анемических состояний, проявляющихся изменением показателей красной крови. Одной из главных причин, приводящих к подобным изменениям, является дефицит витамина В-12, недостаток которого ведет к нарушению деления и созревания эритроцитов в красном костном мозге. В-12 дефицитная анемия является причиной нехватки кислорода в тканях, что негативно отражается на процессах тканевого дыхания и обмена веществ и энергии в организме, приводя к общему ухудшению состояния животных. В связи с чем требуется своевременная диагностика и коррекция данных состояний с помощью медикаментозной терапии с специально подобранных рационов питания.

Литература

1. Алексеев Н.П., Боголюбова И.О., Карпенко Л.Ю. Физиология и этология животных. Учебник и практикум для среднего профессионального образования в 3 частях. 2-е издание, исправленное и дополненное. - Том. Часть 1. Регуляция функций, ткани, кровеносная и иммунная системы, пищеварение. / Н.П. Алексеев, И.О. Боголюбова, Л.Ю. Карпенко // Москва: ООО «Издательство ЮРАЙТ». — 2020. — 281 с.
2. Биохимия органов и тканей : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.04.01 -Биология (уровень магистратуры), для изучения дисциплины Биохимия органов и тканей. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2019. — 175 с.
3. Мухранова, А. С. Хроническая диарея у мелких домашних животных. Алгоритм диагностических действий / А. С. Мухранова // Ветеринария Кубани. — 2010. — № 4. — С. 27-29.
4. Карпенко, Л. Ю. Характеристика антиоксидантной системы мелких домашних животных : учебно-методическое пособие / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2005. — 39 с.
5. Пшеничная, П. И. Дефицитные анемии у кошек (этиология, патогенез, клинические признаки) / П. И. Пшеничная // Инновационные достижения в ветеринарии : Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. — С. 95-100.
6. Соколова, К. С. Современные сведения о этиологии, патогенезе В12-дефицитной анемии у собак и кошек / К. С. Соколова // Инновационные достижения в ветеринарии : Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. — С. 89-92.
7. Методы клинических лабораторных исследований / [В. С. Камышников и др.] ; под ред. В. С. Камышникова. — 4-е изд. — Москва: МЕДпресс-информ, 2011. — 751 с.
8. Гаськова, Е. А. Степень проявления анемии у кошек в зависимости от уровня эритроцитов в крови / Е. А. Гаськова // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. — 2022. — № 1. — С. 111-114.

Karpenko L., Bakhta A., Pogodaeva P., Bokhan P.

Changes of erythrocytes, hemoglobin and erythrocyte indices in cats with enterocolitis of unknown etiology

Abstract.

Purpose: Study red blood parameters in a group of cats with enterocolitis of unknown etiology using standard hematological research methods.

Materials and methods. During the study, standard methods of hematological analysis were used: erythrocyte counting was performed in a Goryaev chamber using whole blood diluted with isotonic sodium chloride solution 200 times, counting was carried out using a light-optical microscope Miromed-2 var. 3-20 inf. lens x8, eyepiece x10; the amount of hemoglobin was determined by the colorimetric method, diluting whole blood 200 times with a solution of 0,04 % ammonia on a Microlab-540 device; hematocrit value was determined by centrifugation using a Vilitex DSC-100MH-2 hematocrit centrifuge; the reaction to the erythrocyte sedimentation rate was performed in Panchenkov pipettes; erythrocyte indices and blood color index were calculated using generally accepted formulas.

Results. Thanks to the data obtained, we concluded that disruption of enzymatic processes, deterioration of absorption in the intestine and imbalance of symbiont microflora caused by enterocolitis can lead to the development of anemic conditions, manifested by changes in red blood parameters.

Key words: erythrocytes, hemoglobin, erythrocyte indices, cats, pathologies of the gastrointestinal tract.

Authors:

Karpenko L. – Dr. Habil. (Biol. Sci.); e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Bakhta A. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: ab-2003@yandex.ru;

Pogodaeva P. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: makarenkovaps@mail.ru;

Bokhan P. – e-mail: polinchi_95@mail.ru.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, St. Petersburg, st. Chernihiv 5.

References

1. Alekseev N.P., Bogolyubova I.O., Karpenko L.Yu. Physiology and ethology of animals. Textbook and workshop for secondary vocational education in 3 parts. 2nd edition, corrected and expanded. - Volume. Part 1. Regulation of functions, tissues, circulatory and immune systems, digestion. / N.P. Alekseev, I. O. Bogolyubova, L. Yu. Karpenko // Moscow: YURAYT Publishing House LLC. – 2020. – 281 p.
2. Biochemistry of organs and tissues: a textbook for students studying in the field of preparation 06.04.01 - Biology (master's level), to study the discipline Biochemistry of organs and tissues. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2019. – 175 p.
3. Mukhranova, A. S. Chronic diarrhea in small domestic animals. Algorithm of diagnostic actions / A. S. Mukhranov // Veterinary Medicine of Kuban. – 2010. – № 4. – P. 27-29.
4. Karpenko, L. Yu. Characteristics of the antioxidant system of small domestic animals: educational manual / L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta. – St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2005. – 39 p.
5. Pshenichnaya, P. I. Deficiency anemia in cats (etiology, pathogenesis, clinical signs) / P. I. Pshenichnaya // Innovative achievements in veterinary medicine: Collection of scientific works of students, graduate students and young scientists. – Stavropol: Stavropol State Agrarian University, 2020. – P. 95-100.
6. Sokolova, K. S. Modern information about the etiology, pathogenesis of B12-deficiency anemia in dogs and cats / K. S. Sokolova // Innovative achievements in veterinary medicine: Collection of scientific works of students, graduate students and young scientists. – Stavropol: Stavropol State Agrarian University, 2020. – P. 89-92.
7. Methods of clinical laboratory research / [V.S. Kamyshnikov et al.]; edited by V. S. Kamyshnikova. – 4th ed. – Moscow: MEDpress-inform, 2011. – 751 p.
8. Gaskova, E. A. The degree of manifestation of anemia in cats depending on the level of red blood cells in the blood / E. A. Gaskova // Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University. – 2022. – № 1. – P. 111-114.

В. И. Федоров¹, Е. С. Слепцов², Г. Н. Мачахтыров³, В. А. Мачахтырова², М. В. Андреева²,
Я. Л. Шадрина², И. В. Алферов²

Симбиофауна якутской породы лошадей в зависимости от условий разведения

Аннотация.

Цель: изучение фауны эндобионтных инфузорий якутской породы табунных лошадей в зависимости от зоны их разведения.

Материалы и методы. Изучена инфузорная фауна кишечника лошадей янского типа якутской породы из Абыйского района (арктическая зона) и лошадей коренного типа из Амгинского района и пригорода г. Якутска (центральная зона). Сбор материала проводился во время массового забоя лошадей в ноябре-декабре 2022 г., непосредственно из толстого отдела кишечника. Промежуток времени после забоя лошади до взятия проб составлял не более 20-25 минут. Пробы фиксировали 10 % раствором формалина. Определение видов проведено по определителям Стрелкова А. А., 1939 [1] и Корниловой О. А. [2, 3]. Сравнение видового состава эндобионтных инфузорий фауны скота исследованных пород проведена по коэффициенту сходства Жаккара-Малышева (K_j-m) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}).

Результаты. Определен видовой состав эндобионтных инфузорий янского и коренного типа якутской породы табунных лошадей, разводимых в районах, отличающихся географическим расположением в арктической и центральной зонах Якутии. Всего идентифицировано 15 видов инфузорий. Процент встречаемости по видам составил от 2,63 % до 13,2 %. Наиболее часто встречаемыми видами установили виды *Cycloposthium edentatum*, *Holophryoides macrotricha*, *Bundleia elongata*, тогда как *Cycloposthium dentiferum*, *Spirodinium confusum*, *Cycloposthium pomomarevi* и *Allantosoma intestinale* встречались редко.

Ключевые слова: эндобионтные инфузории, табунные лошади, якутская порода, янский тип, коренной тип.

Авторы:

Федоров В. И. – доктор биологических наук наук;

Слепцов Е. С. – доктор ветеринарных наук; e-mail: evgeniysemenovic@mail.ru;

Мачахтыров Г. Н. – кандидат биологических наук; e-mail: aylga@mail.ru;

Мачахтырова В. А. – кандидат биологических наук; e-mail: varvara-an@mail.ru;

Андреева М. В. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: amv-65@mail.ru;

Шадрина Я. Л. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: yanalina_12@mail.ru;

Алферов И. В. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: amv-65@mail.ru.

¹ Арктический государственный агротехнологический университет; 677008, Республика Саха /Якутия/, Якутск, Шоссе Сергеляхское, 3 км, д. 3.

² Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М. Г. Сафронова; 677001, Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23, корп. 1.

Введение. Республика Саха (Якутия) является одним из регионов России, где издавна развито табунное коневодство, являющееся одной из основных и перспективных отраслей северного животноводства, дающая ценное высокопитательное мясо. Спецификой разведения табунных лошадей в Якутии считается их круглогодичное содержание на тебеновочных пастбищах. Одним из важных ценных хозяйственно полезных признаков является непрехотливость лошадей якут-

ской породы к природно-климатическим условиям Якутии.

Табунное коневодство региона представлено следующими породами лошадей - якутская, с тремя типами (коренной, янский и колымский), мегежекская и приленская породы. Лошади якутской породы занимают удельный вес 78,4 % от всего поголовья лошадей республики. Основное поголовье якутской породы представлено животными коренного типа, составляющими ос-

новную массу поголовья. Лошадей янского типа якутской породы разводят в основном в Верхоянском, Абыйском и Оймяконском улусах. Удельный вес янского типа от всего племенного поголовья республики составляет 16,7 %. Удельный вес лошадей мегежекской породы от всего племенного поголовья республики составляет 7,3 %, приленской породы лошадей - 8,7 % от всего племенного поголовья республики.

Отличительной особенностью технологии якутского коневодства является круглогодичное пастбищное содержание лошадей всех возрастов на естественных тебеневочных угодьях, основным кормом является подножный корм из под снега. В течение зимнего периода в коневодческих хозяйствах организуется от двух до трех плановых подкормок в начале, середине и в конце зимнего периода. Лошадей содержат маленькими группами – косяками, с одним жеребцом и от восьми до двенадцати-тринадцати кобыл.

Исследуемые группы лошадей были изучены в зависимости от зоны разведения: Центральная (Амгинский улус) и арктическая зона Якутии (Абыйский улус). В Центральной Якутии основной тип зимних пастбищ представляют злаково-осоковые растения, с преобладанием таких видов осоки как прямоколосая, узкая, острая, водяная и осока камнелюбивая (*Carex lithophila*), из злаков доминирует полевица якутская (*Agrostis sibirica*), довольно редко встречается лисохвост тростниковидный, бекманния восточная.

На основных типах кормовых угодий Арктических улусов РС(Я) преобладающими растительными группировками сенокосов и пастбищ являются: осочково-злаковый, осоко-пушицевый и топяно-хвощовый типы растений. В связи с чем изучение разнообразия симбионтной фауны табунных лошадей в зависимости от условий разведения имеет научный и практический интерес.

Материалы и методы. Работа выполнена в лаборатории воспроизводства и физиологии животных ФГБУН Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова. Сбор материала проводился во время массового забоя лошадей в ноябре-декабре 2022 г. непосредственно из толстого отдела кишечника. Изучена инфузорная симбиофауна кишечника 80 лошадей, в том числе 20 голов – из Абыйского района (янский тип якутской породы), 30 – Амгинского района и 30 – пригород г. Якутска (коренной тип). Промежуток времени после забоя лошади до взятия проб составлял не более 20-25 минут. Пробы фиксировали 10 % раствором формалина. Определение видов про-

ведено по определителям Стрелкова А. А. (1939) [1]; Корниловой О. А. [3] и монографии Корниловой О. А. (2003) [2]. При окраске ядра использовали метиловый зеленый.

Морфометрические исследования проводились на микроскопе Микмед 5 с окулярным микрометром. Изучение морфометрии проведено на случайных выборках, при этом каждый раз измеряли не менее 25 экземпляров инфузорий. Для определения процентного соотношения видов просчитывались все инфузории в нескольких тотальных препаратах из каждой пробы. Сравнение видового состава эндобионтных инфузорий фауны скота исследованных пород проведена по коэффициенту сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индексу общности фаун Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}).

Результаты и обсуждение. При изучении видового состава эндобионтных инфузорий кишечника якутских табунных лошадей получены данные по эндобионтам табунных лошадей янского и коренного типа якутской породы. В ходе исследований у исследованных групп лошадей идентифицировано в общем 15 видов эндобионтных инфузорий (табл. 1).

Исследуемые популяции табунных лошадей, разводимые в разных зонах нашего региона, характеризовались относительно высоким уровнем видового разнообразия эндобионтов. Так, фауна эндобионтных инфузорий при этом характеризуется высокой общностью у лошадей в обследованных районах Якутии – Абыйском (арктическая зона), Амгинском и пригороде г. Якутска (центральная зона). Так, установлено, что коэффициент сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индекс общности Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}) показали на видовое сходство двух популяций якутской породы лошадей, несмотря на разведение в разных географических зонах: $K_{j-m} = 0,43$, индекс общности составил $I_{cs} = 80 \%$.

Выявлены видовые различия морфометрии эндобионтных инфузорий табунных лошадей якутской породы. Такие виды как *Spirodinium equi* и *Blepharocorus zonatum*, широко встречающиеся у культурных пород, у лошадей якутской породы не обнаружены. У коренного и янского типа обнаружен вид *Cycloposthium ponomarevi*, ранее выявленный только у куланов, а также *Allantosome intestinale*, обнаруженный только у лошадей коренного типа. Полагаем, что это связано с круглогодичной тебеневкой якутских табунных лошадей и поеданием подножного растительного корма, и с отсутствием в рационе высококрахмального зернового корма. Схожие данные при-

водятся в работах Корниловой О. А. [3, 4].

Заключение. Всего у якутской породы табунных лошадей идентифицировано 15 видов эндобионтных инфузорий, из которых по коренному типу 11 видов, по янскому типу – 14.

Впервые получены данные по эндобионтам табунных лошадей янского типа якутской породы. Установлено, что исследуемые популяции табунных лошадей характеризовались относительно высоким уровнем разнообразия эндобионтов: наибольшей частотой встречается вид *Cycloposthium edentatum* 13,2 % и *Bundleia elongata*, наиболее редкими виды *Cycloposthium dentifer-*

um, *Cycloposthium ponomarevi*, *Spirodinium confusum* и *Allantosoma intestinale*. При этом коэффициент сходства Жаккара-Мальшева (K_{j-m}) и индекс общности Чекановского-Сьеренсена (I_{cs}) показали на видовое сходство популяций эндобионтных инфузорий янского и коренного типов якутской породы лошадей, несмотря на разведение в разных географических зонах: $K_{j-m} = 0,43$, индекс общности составил $I_{cs} = 80$ %.

Выявлены видовые различия морфометрии эндобионтных инфузорий табунных лошадей якутской породы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-20013, <https://rscf.ru/project/22-16-20013/> с софинансированием АНО «Якутский научный фонд».

Литература

1. Гассовский Г. Н. К микрофауне кишечника лошади / Г. Н. Гассовский // Тр. Петрогр. общ-ва естествоисп. – 1919. – Т. 49. – Вып. 1. – С. 20-37, 65-69.
2. Корнилова О. А. Функциональное разнообразие эндобионтов кишечника лошадиных / Матер. межвуз. конф. "Биология и экология в системе современного педагогич. образ". Ч.1. СПб. – Ставрополь, 1994. – С. 78.
3. Корнилова О. А. Краткий обзор инфузорий из кишечника якутской лошади // Сб. «Функц. морф., экол. и жизн. циклы жив.» Науч. тр. каф. зоол. РГПУ им. А. И. Герцена. – 2002. – Вып. 2. – СПб.: Изд-во «ТЕССА». – С. 17-19.
4. Корнилова О. А. Фауна инфузорий кишечника кулана: Монография. – СПб: «Тесса», 2003. – 216 с.

Fedorov V.¹, Sleptsov E.², Machakhtyrov G.², Machakhtyrova V.², Andreyeva M.², Shafrina Ya.², Alferov I.²

Symbiofauna of the Yakut breed of horses depending on breeding conditions

Abstract.

Purpose: Study of the fauna of endobiontic infusoria according to the types of the Yakut breed of herd horses.

Materials and methods. There were studied infusorian fauna of the intestines of the Yansky type horses of the Yakut breed from the Abyisky region (Arctic zone) and horses of the indigenous type from the Amginsky region and the suburbs of Yakutsk (the central zone). The material was collected during the mass slaughter of horses in November-December 2022, directly from the large intestine. The time interval after the slaughter of the horse before sampling was no more than 20-25 minutes. Samples were fixed with 10% formalin solution. The identification of species was carried out according to the guides of Strelkov A. A., 1939 [1] and Kornilova O. A. [2, 3]. Comparison of the species composition of endobiont infusoria of the cattle fauna of the studied breeds was carried out according to the Jacquard-Malyshev similarity coefficient (K_{j-m}) and the Czekanowski-Sjørensen fauna commonality index (I_{cs}).

Results. There has been determined species composition of endobiont infusoria of the Yansky and indigenous type of the Yakut herd horse breed, bred in areas that differ in geographical location in the Arctic and central zones of Yakutia. A total of 15 species of infusoria have been identified. The percentage of occurrence by species ranged from 2,63 % to 13,2 %. The most frequently encountered species were *Cycloposthium edentatum*, *Holophryoides macrotricha*, *Bundleia elongata*, while *Cycloposthium dentiferum*, *Spirodinium confusum*, *Cycloposthium ponomarevi* and *Allantosoma intestinale* were rare.

Key words: endobiontic infusoria, herd horses, Yakut breed, Yansky type, indigenous type.

Authors:

Fedorov V. – Dr. Habil. (Biol. Sci.); e-mail: vlukin08@mail.ru;

Sleptsov E. – Dr. Habil. (Vet. Sci.); e-mail: evgeniyemenovic@mail.ru;

Machakhtyrov G. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: aylga@mail.ru;

Machakhtyrova V. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: varvara-an@mail.ru;

Andreeva M. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: amv-65@mail.ru;

Shadrina Ya. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: yanalina_12@mail.ru;

Grigoryev I. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: Innokenti4@mail.ru.

¹Arctic State Agricultural Technology University; 677008, Republic of Sakha /Yakutia /, Yakutsk, Sergeli Highway, 3 km, 3.

²Yakut Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov; 677001, Russia, the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, ul. Bestuzhev-Marlinsky, 23, building. 1.

References

1. Gassovsky G. N. to the horses of the intestines / G. N. Gassovsky // Tr. Petrogr. general natural science. – 1919. – Vol. 49. – Issue. 1. – P. 20-37, 65-69.
2. Kornilova O. A. Functional variety of horse intestinal endobiontes / Mater. Interuniversity. Conf. "Biology and ecology in the system of modern pedagogical image." Part 1. SPb. – Stavropol, 1994. – p. 78.
3. Kornilova O. A. A brief overview of the ciliates from the intestines of the Yakut horse // Sat. "Function. Morph., Ecol. and life. Cycles are alive. " Scientific. tr. caf. Zool. RSPU named after A.I. Herzen. – 2002. – Issue. 2. – St. Petersburg: Publishing House "Tessa". – P. 17-19.
4. Kornilova O. A. Fauna culan's culant intestinal. – St. Petersburg: "Tessa", 2003. – 216 p.

Правила оформления статей для журнала «Генетика и разведение животных»

Для публикации в журнале «Генетика и разведение животных» принимаются не опубликованные ранее авторские статьи, соответствующие научному направлению журнала.

1. Статьи предоставляются в редакцию журнала «Генетика и разведение животных» в электронной форме (по электронной почте или на любом носителе информации).

2. Статья должна носить открытый характер. Наличие ограничительного грифа служит основанием для отклонения материала от публикации.

3. Статья должна быть оформлена следующим образом:

- Шрифт — Times New Roman;
- размер шрифта — 14;
- междустрочный интервал — 1,15;
- отступ в начале абзаца — 1,25;
- поля — 2 см со всех сторон;
- электронный файл — в формате Word.

4. Структура статьи:

- код УДК и/или ГРНТИ и/или код ВАК (согласно действующей номенклатуре специальностей научных работников);
- сведения об авторе/авторах:

обязательно:

- имя, отчество, фамилия (полностью), полное название организации (место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город. Если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно) — на русском и английском языках;
- адрес электронной почты для каждого автора;
- корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов) — на русском и английском языках.

факультативно:

- подразделение организации, должность, звание, ученая степень, другая информация об авторах — на русском и английском языках;
- название статьи — должно быть кратким и отражать тематику статьи — на русском и английском языках;

■ аннотация — раскрывает актуальность, степень разработки, объект, предмет, теоретико-методологическое и практическое значение темы, не менее 200, но не более 400 слов — на русском и английском языках;

■ ключевые слова — выбираются из текста статьи, 8–10 слов — на русском и английском языках, разделяются знаком «;»;

■ текст статьи — разбитый на подразделы (с подзаголовками) — на русском языке;

■ библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Библиографический список (References) также отдельно оформляется в романском алфавите (на латинице) и должен выглядеть следующим образом: фамилия и инициалы приводятся в транслитерации, название переводится, источник дается в транслитерации (если это журнал) или в переводе (если это монография, учебник и т. д.).

5. Таблицы, графики, рисунки, формулы и иные графические объекты, содержащиеся в статье, должны иметь название и быть пронумерованы. Элементы, которые должны быть импортированы в текстовый файл из других программ, предоставляются отдельно в электронном виде. При этом в тексте статьи отдельной строкой в месте, где должен быть размещен элемент, должно стоять указание на соответствующий файл (указано его имя и расширение).

6. Объем статьи с учетом представленных на русском и английском языках информации об авторе (авторах), заголовка, аннотации, ключевых слов, а также библиографического списка и ссылок, не должен превышать 0,7 авторского листа (не более 27 000 знаков с пробелами или не более 10 печатных листов, оформленных в соответствии с требованиями пункта 4 настоящих Правил).

7. Одновременно со статьей в редакцию журнала «Генетика и разведение животных» передаются: сопроводительное письмо; анкета — на каждого из авторов. Заполненные и подписанные сопроводительное письмо и анкета (анкеты) могут быть предоставлены в редакцию в электронном виде (скан-копии) или на бумажном носителе.

8. Статьи, направленные в редакцию без выполнения требований настоящих правил публикации, не рассматриваются.

9. Все научные статьи, направляемые в редакцию для публикации в журнале, проходят обязательное рецензирование в соответствии с Правилами рецензирования.

Журнал «Генетика и разведение животных» включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Научные специальности:

1.5.7. Генетика (сельскохозяйственные науки);

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки);

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки);

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (биологические науки);

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки);

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки);

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки);

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки).