УДК 631.158
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-48-54

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ АММИАКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

[1]Иванов Андрей Викторович
[1,2] Никифоров Владислав Евгеньевич
[2] Симонов Геннадий Александрович
[3] Филиппова Ольга Борисовна

[1] ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»
[2] ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»
[3]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Микроклимат производственных помещений агропромышленного комплекса имеет большое значение. Необходимо поддерживать нормальные значения температуры, относительной влажности воздуха, а также требуется учитывать концентрацию вредных газов, которые негативно влияют на организм сельскохозяйственных животных и птицы, приводят к преждевременному выводу из строя зданий, сооружений и оборудования, увеличивают затраты на их ремонт, что влияет на себестоимость получаемой продукции. Максимальная концентрация аммиака в воздухе помещений для животных допускается не более 20 мг/м3. С целью снижения влияния вредных факторов разработано измерительное устройство ИКГ-1, позволяющее контролировать содержание аммиака в воздушной среде сельскохозяйственных помещений. Измеритель позволяет оперативно в течение 10 минут проводить измерение концентрации аммиака (NH3). Пределы измерений составляют 20...200 мг/м3 в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Характеристики измерителя концентрации аммиака ИКГ-1 сопоставлены с показаниями прибора промышленного изготовления УГ-2, который прошел стандартизацию. Научные исследования и производственная проверка показали, что разработанный измеритель ИКГ-1 определяет концентрацию аммиака в 2-3 раза точнее и в 3-4 раза быстрее по сравнению с газоанализатором УГ-2. Применение газового определителя концентрации аммиака в воздухе позволяет обеспечить общие нормы безопасности при эксплуатации зданий и сооружений за счёт эффективной работы вентиляционного оборудования с кондиционерами.*

Ключевые слова: *микроклимат, производственные помещения, воздействие вредных факторов, воздух, концентрация аммиака, контроль, измерения.*

TECHNOLOGICAL CONTROL OF AMMONIA CONCENTRATION AT THE ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

[1] Ivanov Andrey
[1,2] Nikiforov Vladislav
[2] Simonov Gennady
[3] Filippova Olga

[1] FSBEI HE "Vologda State University"
[2]FSBIS "Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences"
[3]FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov, Russian Federation

Abstract. *The microclimate of the industrial premises of the agro-industrial complex is of great importance. It is necessary to maintain normal values of temperature, relative humidity, and it is also necessary to take into account the concentration of harmful gases that negatively affect the body of farm animals and poultry, lead to premature failure of buildings, structures and equipment, increase the cost*

of their repair, which affects the cost of products. The maximum concentration of ammonia in the air of premises for animals is allowed no more than 20 mg / m^3. In order to reduce the influence of harmful factors, a measuring device IKG-1 has been developed that allows monitoring the content of ammonia in the air of agricultural premises. The meter allows you to quickly measure the concentration of ammonia (NH_3) within 10 minutes. The measurement limits are 20...200 mg/m3 in the air of the working area of industrial premises. The characteristics of the ammonia concentration meter IKG-1 are compared with the readings of the device of industrial manufacture UG-2, which has passed standardization. Scientific research and production testing have shown that the developed ICG-1 meter determines the concentration of ammonia 2-3 times more accurately and 3-4 times faster than the gas analyzer UG-2. The use of a gas determinant of ammonia concentration in the air makes it possible to ensure general safety standards during the operation of buildings and structures due to the efficient operation of ventilation equipment with air conditioners.

Keywords: *microclimate, industrial premises, exposure to harmful factors, air, ammonia concentration, control, measurements.*

Введение. Для успешного функционирования предприятий агропромышленного комплекса большое значение имеет состояние микроклимата в производственных помещениях. Микроклимат – это комплекс факторов, представляющих собой различные физические воздействия, как на организм человека, так и животных, содержащихся в этих помещениях. В первую очередь к таким факторам относятся сочетания температуры, освещенности, потоков движения воздуха, относительной влажности, а также шумовой нагрузки и интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей. Кроме этих показателей в производственных условиях, характерных для сельскохозяйственной отрасли, большое значение имеют загрязненность воздуха, в том числе накопившимися в нем газами – продуктами жизнедеятельности животных и птицы. Например, углекислый газ, пары влаги, аммиак, сероводород и пыль от кормов на свинарниках и фермах для крупного рогатого скота снижают результаты работы предприятий, экономическую эффективность производства. Большую экологическую нагрузку при этом испытывает территория, прилегающая к животноводческим производственным помещениям. В частности из навоза выделяется сероводород и аммиак с последующим испарением до 25 % азота, которые легко проникают в атмосферу и могут переноситься на значительные расстояния с перемещением воздуха.

Существующие нормативные зоотехнические требования к параметрам производственного микроклимата внутри помещений, в которых содержатся животные, в основном регламентируют состояние воздуха, характеризующий производственно-технологический уровень работы предприятий [1]. Кроме учета состояния воздушной среды по части превышения концентраций вредных газов, необходимо также поддерживать оптимальные условия для содержания сельскохозяйственных животных и птицы по температурному режиму и относительной влажности воздуха. Нарушение условий содержания приводят к снижению продуктивности, качества получаемой сельскохозяйственной продукции и повышению себестоимости ее производства. Эффективность производства на крупных животноводческих комплексах и фермах можно обеспечить только при создании оптимальных условий микроклимата с учетом всех его параметров. Особые требования предъявляются к соблюдению санитарно-гигиенических норм при производстве молока, продукции птицеводства. Эти требования закладываются заранее на этапе проектирования зданий и строительства данных объектов с учетом необходимого освещения, установки систем вентиляции и т.п. [2-7]. Однако, в ходе продолжительной эксплуатации производственных помещений и хозяйственной деятельности предприятий благоприятные условия содержания животных нарушаются.

Следует отметить, что функционально каждый животноводческий комплекс в больших объемах активно образует загрязняющие вещества в виде газов, которые посредством интенсивной вентиляции воздуха в растворенном виде должны удаляться в атмосферу. Поэтому для поддержания параметров микроклимата в производственных помещениях периодически следует контролировать уровень концентрации, состояние газов содержащихся в воздухе и поддерживать стабильную работу систем вентиляции [8-10]. Влияние микроклимата на здоровье и

продуктивность животных имеет немаловажное значение. Известно, что 70% молочных коров по своим потенциалам определяются условиям окружающей среды и лишь 30% генетическими признаками. Отклонения параметров микроклимата в помещении от принятых норм (температуры, относительной влажности воздуха, концентрации вредных газов освещённость, и пр.) приводит к увеличению затрат кормов и труда на единицу продукции, и на ремонт используемого оборудования (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние отклонений микроклимата на производственные показатели

Показатель	Значение
Сокращение надоев	10-12%
Снижение приростов живой массы	20-30%
Увеличение отхода молодняка	до 40%
Снижение производственных показателей в птицеводстве	на 40%
Сокращение периода продуктивного использования животных	15-20%
Сокращение срока службы оборудования и эксплуатации животноводческих зданий	в 2-3 раза

У животных чаще выявляются нарушения функции органов пищеварения, дыхания, заболевания опорно-двигательной системы, а также нарушения обмена веществ (кетозы, витаминная и микроэлементная недостаточность), снижение воспроизводительной функции, рахит [11, 12]. Кроме того, неудовлетворительные условия содержания животных даже при полноценном кормлении снижают коэффициент использования корма на 70%.

Благодаря современным технологиям и различным научным разработкам в области улучшения микроклимата имеется исключительная возможность оперативно оценивать и снижать негативное влияние деятельности животноводческих комплексов на окружающую среду. С этой целью следует принимать определенные организационные меры, позволяющие ограничить появление ряда так называемых техногенных факторов:

- выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сокращая число источников активного выброса в грунт путем целенаправленной переработки (например, навоза);
- опасных отходов производства, применяя различные способы их удаления, безопасного складирования либо утилизации;
- вредных воздействий производства различного происхождения, путем ограничения их влияния на социальные объекты, расположенные на прилежащей территории сельскохозяйственных предприятий.

Учитывая совокупность вредных факторов сопровождающих технологические процессы на животноводческих комплексах, основной задачей при организации производства продукции АПК должно являться обеспечение её высокого качества, которого возможно достичь только при соблюдении всех нормативных требований к микроклимату.

Оптимальные санитарно-гигиенические условия на крупных сельскохозяйственных комплексах можно создать путем установки эффективных систем вентиляции, автоматических устройств кондиционирования. А также необходимо внедрять автоматическое управление режимом работы вентиляции, что обеспечит необходимый воздухообмен и допустимые параметры воздушной среды в животноводческих помещениях при различных условиях. Качество воздуха может оказывать влияние не только на животных, снижая их продуктивность, но и на технический персонал, поскольку аммиак является вредным фактором, который следует учитывать при санитарно-гигиенической оценке микроклимата в производственных условиях. Отсутствие эффективного контроля содержания NH_3 и других газов в конечном итоге приведет к ухудшению условий содержания животных и в целом экологической обстановки в районе расположения производства.

Максимальная концентрация аммиака в воздухе помещений для животных допускается 10-20 мг/м^3. Снижению концентрации аммиака способствуют своевременная уборка навоза, активная вентиляция (проветривание) помещений, использование газопоглотительной подстилки. Поэтому, чтобы обеспечить необходимый макроклимат в производственных помещениях для управления режимами работы устройств вентиляции и кондиционирования, требуется контролировать состояние воздуха на содержание вредных газов.

Существующие приборы, построенные на основе различных методов газового анализа (оптических, ионизационных, спектральных и т. п.) дороги, сложны в использовании и ограничены в применении. Современные тенденции в совершенствовании контроля газов – это применение измерительных датчиков на основе полупроводниковых химических элементов, которые имеют конструктивно-технологическую совместимость с электроизмерительными средствами, хорошие метрологические характеристики и высокие показатели надежности при эксплуатации.

Целью работы являлась разработка способа улучшения микроклимата в производственных помещениях, создание более совершенных технических средств измерения концентрации NH_3.

Материалы и методы исследований.

В ходе предварительных исследований и научно-технических источников по изучению полупроводниковых датчиков на основе тонких пленок было выявлено, что: из ряда фталоцианинов наиболее чувствительным и селективным по отношению к аммиаку является фталоцианин меди (CuPc) [13]; более высокой чувствительностью обладают образцы из вещества, синтезированного в лабораторных условиях и очищенного только химическими методами; оптимальная толщина пленки CuPc составляет 30-40 нм.

На основе результатов этих исследований был разработан датчик определения концентрации NH_3 воздуха в производственных помещениях. Измерительное устройство ИКГ-1 предназначено для контроля содержания на предприятиях агропромышленного комплекса. Внешний вид газового измерителя ИКГ-1 показан на (рисунок 1). Прибор был представлен в санитарно-эпидемиологической станции Вологодской области и по результатам испытаний рекомендован для работы и внедрения.

Рисунок 1 – Измеритель аммиака газовый ИКГ-1

Результаты и их обсуждение.

Разработанный преобразователь имеет чувствительность до 5 мг/м^3 NH_3 и качество на уровне известных полупроводниковых сенсоров. Рассматриваемый вариант измерителя для удобства использования снабжен выносной ручкой с держателем. Выносной держатель присоединяется к измерителю с помощью гибкого кабеля (рис. 1). В нем смонтирован полупроводниковый датчик и дополнительный нагреватель, который представляет собой нихромовую проволоку, намотанную на термостойкий каркас. Рабочая температура нагрева самого датчика составляет 90°С.

При работе прибора учитываются изменения внешних условий измерения, в частности, температуры. Так как устройство контролирует концентрацию аммиака в окружающем пространстве, то с изменением температуры окружающей среды приводит к неточным измерениям. Для исключения ошибки использована система для установки рабочей температуры датчика из полупроводникового материала. Данная система поддерживает необходимую температуру нагрева измерителя для работы прибора с высокой точностью. Стабильная температура при работе датчика автоматически поддерживается встроенным регулятором. Заданная температура работы датчика устанавливается и поддерживается постоянной автоматически.

Измеритель ИКГ-1 предназначен для измерения концентрации аммиака (NH_3) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Прибор имеет индикацию в результате измерения сопротивления чувствительного элемента (датчика) и градуировочную характеристику в

графическом виде, по которой определяется концентрация аммиака в воздухе в зависимости от сопротивления датчика NH_3. В таблице 2 приведены характеристики измерителя концентрации аммиака ИКГ-1.

Таблица 2 – Характеристики измерителя концентрации аммиака

Показатель	Значения
Пределы измерения концентрации NH_3, мг/м^3	20...200
Рабочая температура датчика, °С	90
Время, необходимое на измерение, мин.	10
Погрешность измерения, %	30
Потребляемая мощность, Вт	25
Габаритные размеры, мм	200×200×140
Масса, кг	3

Проверка работы разработанного прибора для контроля аммиака проведена в производственных условиях свинокомплексов и птичников АО «Племптица-Можайское» Вологодской области, прибор показал высокую точность определения концентрации NH_3. Характеристики измерителя концентрации аммиака ИКГ-1 были сопоставлены с показаниями прибора промышленного изготовления УГ-2, прошедшим стандартизацию. При этом учитывается, что наполнение трубок вручную индикаторным порошком увеличивает погрешность измерения концентрации аммиака газоанализатора УГ-2 до 50-70%. Поэтому для получения достоверного результата проводили несколько повторных измерений и брали среднее арифметическое их результатов, что значительно растягивает время контроля (более 10-20 минут) и увеличивает общие затраты измерений на использование и высокий расход индикаторного порошка. Сравнительная характеристика показала, что разработанный измеритель определяет концентрацию аммиака в 2-3 раза точнее (при сопоставимом времени измерения) и в 3-4 раза быстрее по сравнению с используемым газоанализатором УГ-2.

Известно, что большинство животноводческих помещений, особенно свинокомплексы при эксплуатации имеют более сложные условия по микроклимату. Также высокая загазованность и влажность на фермах отрицательно сказываются на работе различных механизмов и электрических приводов. В птичниках концентрация аммиака значительно меньше, однако также необходим постоянный и пристальный контроль текущего состояния микроклимата, особенно по загазованности. Для эффективного контроля аммиака во всех перечисленных условиях рекомендуется использовать простой и неприхотливый измеритель ИКГ-1.

Заключение. Применение разработанного прибора по определению концентрации аммиака повышает уровень благоприятного и безопасного технологического процесса в среде сельскохозяйственных помещений. Чтобы обеспечить надлежащие условия содержания животных и птицы, необходимо организовать эффективную работу систем вентиляции и управление кондиционирующих установок.

Производственная проверка показала, что разработанный прибор при определении концентрации аммиака в воздухе сельскохозяйственных помещений имеет в 2-3 раза большую точность и в 3-4 раза большую скорость действия по сравнению с газоанализатором УГ-2. Прибор для контроля концентрации аммиака ИКГ-1 имеет не сложную конструкцию и предназначен для проведения зоогигиенических исследований и улучшения микроклимата в производственных помещений АПК.

В результате проведения комплекса мероприятий по контролю уровня концентрации аммиака повысится продуктивность сельскохозяйственных животных, увеличатся привесы живой массы.

Список литературы

1. Галкин М.М., Татаров Л.Г. Микроклимат животноводческого помещения // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1 (8). – С. 64-65.
2. Очистка сточных вод промышленных предприятий с использованием мембранной технологии / Т.С. Казарян [и др.] // Газовая промышленность. – 2003. – № 8. – С. 79-81.
3. Мембранная технология в процессах оксигенации и очистки вод в УЗВ / Т.С. Казарян [и др.] // Газовая промышленность. – 2003. – № 9. – С. 80-81.

4. Техническое решение для утилизации навозных стоков на свинокомплексах / Ю.А. Киров [и др.] // Сборник научных докладов XXI Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства». Тамбов: ФГБНУ ВНИИТиН, 2021. – С. 55-59.

5. Переработка навозных стоков методом флотации / Ю.А. Киров, В.С. Зотеев [и др.] // Сборник научных докладов XXI Международной научно-практической конференции. «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства». Тамбов: ФГБНУ ВНИИТиН, 2021. – С. 59-63.

6. Условия получения качественного молока при применении автоматизированных технологий доения deLaval / В.Е. Никифоров, Л.А. Никитин, В.К. Углин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 1 (33). – С. 190-195.

7. Симонов Г.А. Мембранная технология очистки сточных вод / Г.А. Симонов, И.И. Шигапов, Б.Р. Ахмадов [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – № 8. – С. 15-17.

8. Герасимова О.А., Соловьев С.В., Иванов С.И. Автоматизированная система управления микроклиматом в животноводческих помещениях // Техника и технологии в животноводстве. – 2019. – № 3 (35). – С. 163-165.

9. Шигапов И.И., Краснова О.Н., Симонов Г.А. Использование текстильных аэраторов для очистки сточных вод в животноводческих фермах // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Инновационные достижения науки и техники АПК». Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2019. – С. 464-468.

10. Использование текстильных фильтров для очистки сточных вод в животноводческих фермах / И.И. Шигапов [и др.] // Материалы X Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». В 2-х томах. Ульяновск, 2020. – С. 326-331.

11. Инновационное устройство для очистки сточных вод животноводческих ферм / И.И. Шигапов [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 2. – С. 20-21.

12. Найденко В.К. Уменьшение негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду // АгроЭкоИнженерия. – 2015. – № 87. – С. 201-211.

Немировский А.Е., Федоров М.И., Иванов А.В. Измеритель концентрации аммиака // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – № 6. – С. 34.

References

1. Galkin M.M., Tatarov L.G. Mikroklimat zhivotnovodcheskogo pomeshhenija // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. – 2009. – №1 (8). – S.64,65.

2. Ochistka stochnyh vod promyshlennyh predprijatij s ispol'zovaniem membrannoj tehnologii / T.S. Kazarjan [i dr.] // Gazovaja promyshlennost'. – 2003. – № 8. – S. 79-81.

3. Membrannaja tehnologija v processah oksigenacii i ochistki vod v UZV / T.S. Kazarjan [i dr.] // Gazovaja promyshlennost'. – 2003. – № 9. – S. 80-81.

4. Tehnicheskoe reshenie dlja utilizacii navoznyh stokov na svinokompleksah / Ju.A. Kirov [i dr.] // Sbornik nauchnyh dokladov XXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva». Tambov: FGBNU VNIITiN, 2021. – S. 55-59.

5. Pererabotka navoznyh stokov metodom flotacii / Ju.A. Kirov, V.S. Zoteev [i dr.] // Sbornik nauchnyh dokladov XXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. «Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii - novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva». Tambov: FGBNU VNIITiN, 2021. – S. 59-63.

6. Uslovija poluchenija kachestvennogo moloka pri primenenii avtomatizirovannyh tehnologij doenija deLaval / V.E. Nikiforov, L.A. Nikitin, V.K. Uglin // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva. – 2019. – № 1 (33). – S. 190-195.

7. Simonov G.A. Membrannaja tehnologija ochistki stochnyh vod / G.A. Simonov, I.I. Shigapov, B.R. Ahmadov [i dr.] // Sel'skij mehanizator. – 2020. – № 8. – S. 15-17.

8. Gerasimova O.A., Solov'ev S.V., Ivanov S.I. Avtomatizirovannaja sistema upravlenija mikroklimatom v zhivotnovodcheskih pomeshhenijah // Tehnika i tehnologii v zhivotnovodstve. – 2019. – № 3 (35). – S. 163-165.

9. Shigapov I.I., Krasnova O.N., Simonov G.A. Ispol'zovanie tekstil'nyh ajeratorov dlja ochistki stochnyh vod v zhivotnovodcheskih fermah // Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnye dostizhenija nauki i tehniki APK». Ul'janovsk: Ul'janovskij GAU, 2019. – S. 464-468.

10. Ispol'zovanie tekstil'nyh fil'trov dlja ochistki stochnyh vod v zhivotnovodcheskih fermah / I.I. Shigapov [i dr.] // Materialy H Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Agrarnaja nauka i obrazovanie na sovremennom jetape razvitija: opyt, problemy i puti ih reshenija». V 2-h tomah. Ul'janovsk, 2020. – S. 326-331.

11. Innovacionnoe ustrojstvo dlja ochistki stochnyh vod zhivotnovodcheskih ferm / I.I. Shigapov [i dr.] // Sel'skij mehanizator. – 2021. – № 2. – S. 20-21.

12. Najdenko V.K. Umen'shenie negativnogo vozdejstvija svinovodcheskih predprijatij na okruzhajushhuju sredu // AgroJekoInzhenerija. – 2015. – № 87. – S. 201-211.

13. Nemirovskij A.E., Fedorov M.I., Ivanov A.V. Izmeritel' koncentracii ammiaka // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 1997. – № 6. – S. 34.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Иванов Андрей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вологодский государственный университет», г. Вологда, Россия**.** e-mail: electro35@mail.ru.

Никифоров Владислав Евгеньевич – старший научный сотрудник технологического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Вологодский научный центр Российской академии наук, ФГБОУ ВО Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия. e-mail: nfrv_123@mail.ru.

Симонов Геннадий Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук, г. Вологда, Россия, e-mail: sznii@list.ru.

Филиппова Ольга Борисовна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией технологии производства кормов и продуктов животноводства ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: filippova175@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Ivanov Andrei – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Electrical Equipment of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State University," Vologda, Russia. e-mail: electro35@mail.ru.

Nikiforov Vladislav – senior researcher at the technological department of the Federal State Budgetary Institution of Science "Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, FSBOU VO «Vologda State University», Vologda, Russia. e-mail: nfrv_123@mail.ru.

Simonov Gennady – Doctor of agricultural Sciences, Chief Researcher, Animal Feed and Feeding Department, FSBIS «Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences», Russian Federation, e-mail: sznii@list.ru.

Filippova Olga – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Feed and Animal Products Production Technology, FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov, Russian Federation, e-mail: filippova175@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 01.04.2022 Принята к публикации (Accepted): 23.05.2022