

**С.В. Шабунин, академик РАН**

**Т.А. Кучменко, доктор химических наук, профессор РАН**

**В.Н. Скориков, кандидат ветеринарных наук**

**А.Г. Нежданов, доктор ветеринарных наук, профессор**

**В.И. Михалев, доктор ветеринарных наук**

**Р.У. Умарханов, кандидат химических наук**

*Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии  
РФ, 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, 114б*

*Воронежский государственный университет инженерных технологий  
РФ, 394036, г. Воронеж, просп. Революции, 19*

E-mail: vnivipat@mail.ru

УДК: 619:618.14 – 002:636.2

DOI: 10.30850/vrsn/2020/2/48-54

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДОКЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОСЛЕРОДОВОГО МЕТРИТА У КОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИБОРА «ЭЛЕКТРОННЫЙ НОС»

*В статье рассматриваются возможности применения прибора на химических сенсорах «электронный нос» «МАГ-8» для ранней диагностики послеродового эндо-миометрита у молочных коров во взаимосвязи с клиническими данными и показателями иммунобиохимического статуса. Определена диагностическая точность использования прибора «Электронный нос» применительно к шеечно-вагинальным пробам, полученным на 1-3-й и 6-8-й день после отела от коров с физиологическим течением послеродового периода и его осложнениями. Установленные различия показателей морфобиохимического и иммунологического статусов коров в ранний послеродовой период, впоследствии заболевших метритом, свидетельствуют о снижении иммунологической резистентности их организма на фоне повышения эндогенной интоксикации и перекисидации липидов вследствие микробного прессинга. Одновременно в полости матки начинается развитие воспалительного процесса на 1-3-й дни после отела, а затем и его манифестация на 6-8-й день. Об этом свидетельствуют показатели легколетучей фракции цервикальной слизи коров, предрасположенных к заболеванию метритом, в которых установлено снижение содержания алифатических кислот – на 14,3–22,7 %, короткоцепочечных аминов – на 8,4–9,2 %, при увеличении уровня спирта, кетонов большой молекулярной массы – на 5,2–6,0 %, появление аммиака, серосодержащих соединений. Отмеченные изменения качественного и количественного состава равновесной газовой фазы у коров, у которых диагностирован метрит, на 1-3-й и 6-8-й день послеродового периода, имеют сходный характер и могут быть использованы в качестве маркеров ранней диагностики развития воспалительного процесса в матке.*

**Ключевые слова:** «Электронный нос», коровы, метрит, неинвазивные, инновационные методы диагностики.

**S.V. Shabunin, Academician of RAS**

**T.A. Kuchmenko, Grand PhD in Chemical sciences, Professor of RAS**

**V.N. Skorikov, PhD in Veterinary sciences**

**A.G. Nezhdanov, Grand PhD in Veterinary sciences, Professor**

**V.I. Mikhalev, Grand PhD in Veterinary sciences**

**R. U. Umarkhanov, PhD in Chemical sciences**

*All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy*

*RF, 394087, g. Voronezh, ul. Lomonosova, 114b*

*Voronezh State University of Engineering Technologies*

*RF, 394036, g. Voronezh, prosp. Revolyucii, 19*

E-mail: vnivipat@mail.ru

## INNOVATIVE WAYS FOR PRE-CLINICAL DIAGNOSTICS OF PUERPERAL METRITIS IN COWS USING THE «ELECTRONIC NOSE» DEVICE

*The article discusses the possibilities of using the device with chemical sensors – “electronic nose” “MAG-8” for the early diagnosis of postpartum endomyometritis in dairy cows in connection with clinical data and indicators of immunobiochemical status. Diagnostic accuracy of the use of the “Electronic Nose” instrument has been determined in relation to cervical-vaginal samples obtained 1-3 and 6-8 days after calving from cows with the physiological course of the postpartum period and its complications. The established differences in the morphobiochemical and immunological status of cows during the early postpartum period, subsequently fallen ill with metritis, indicate a decrease in the immunological resistance of their organism against the background of increased endogenous intoxication and lipid peroxidation due to the microbial pressure. At the same time, the development of the inflammatory process begins in the uterine cavity (1-3 days after calving), and then its manifestation follows (days 6-8). This is proved by the indicators of the volatile fraction of cervical mucus in cows predisposed to metritis, in which a decrease in the content of aliphatic acids by 14.3–22.7 %, short-chain amines – by 8.4–9.2 %, with an increase in the level of alcohol, ketones of high molecular weight – by 5.2–6.0 %, the occurrence of ammonia, sulfur-containing compounds were stated. The marked changes in the qualitative and quantitative composition of the gas-phase equilibria in cows with metritis on days 1-3 and 6-8 of the postpartum period were similar and could be used as markers for early diagnosis of the inflammatory process development in the uterus.*

**Key words:** “Electronic nose”, cows, metritis, non-invasive, innovative diagnostic methods.

Послеродовые осложнения у высокопродуктивных молочных коров широко распространены. Это – важная проблема ветеринарного акушерства, так как осложнения – одна из основных причин длительного бесплодия. Наиболее распространенным заболеванием послеродового периода считают эндо-миометрит, проявляющийся у 30...70 % и более новотельных коров. [4,8,10,16] Экономический ущерб складывается из недополучения продукции, затрат на проведение лечебных мероприятий и преждевременной выбраковки высокоценных животных. [4,8,15,16]

Основными методами диагностики острых послеродовых эндо-миометритов, используемых на практике, считают клинико-акушерский [3, 5], ультразвуковой [2], а также гистологический и цитологический. [4] При ректальной пальпации возможно оценить размер, содержимое и положение матки. Однако получить информацию о характере ее содержимого и состоянии стенок не всегда возможно. В последнее десятилетие для оценки репродуктивных органов, диагностики и прогнозирования осложнений послеродового периода широко используют УЗИ-сканеры, достоинства которых – безвредность и возможность многократного применения. С помощью эхографии обнаруживают изменения, характерные для послеродового эндометрита, подтверждающие клинический диагноз. [2, 5] Кроме того, ультразвуковое исследование позволяет определить размеры матки, наличие экссудата в ее полости, но при этом не всегда информативно. В ряде случаев удается выявить расширенную полость без визуализации воспалительного процесса. [2] Гистологический и цитологический методы диагностики послеродового эндометрита у коров более точные, но применяют их в поздние сроки, они дорогостоящие, недостаточно технологичны в условиях производства, требующие определенных затрат времени, высокую квалификацию специалистов. Кроме того, отбор образцов для биопсии отрицательно влияет на фертильность коров. [5] В большинстве случаев для диагностики воспалительных заболеваний матки у коров применяют клиническое обследование.

Поэтому, необходимы и совершенствование алгоритмов, и разработка новых методов прогнозирования и ранней диагностики острых послеродовых эндо-миометритов у коров, и диагностическое оборудование, с помощью которого можно неинвазивно, быстро и с высокой точностью поставить диагноз. К таким приборам относится «электронный нос», который дает возможность определять газы и их концентрацию как в выдыхаемом воздухе, так и различных патологических секретах. [1, 11, 17, 18]

У коров данный прибор использовали для определения эструса, мастита и респираторных заболеваний. Тем не менее, данные по чувствительности и специфичности не были описаны. [10, 11, 17, 18]

Цель работы – изучение чувствительности прибора «электронный нос», разработанного МИП ООО «Сенсорика – Новые технологии», применительно к образцам шеечно-вагинальных выделений, полученных от новотельных коров с физиологическим и осложненным течением послеродового периода для диагностики острых послеродовых метритов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

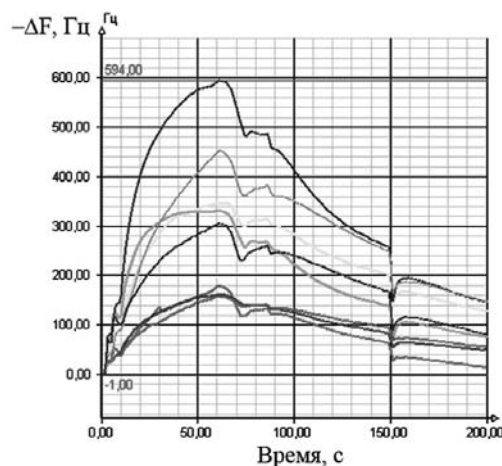
Объекты исследования – коровы *симментальской* породы отечественной селекции, принадлежащие одному из хозяйств Воронежской области. Животные на 1-3 и 6-8-й день после родов подвергались клинико-акушерскому исследованию в соответствии с «Методическим пособием по профилактике бесплодия у высокопродуктивного скота» [3], по результатам которого они были разделены на две группы: с нормальным течением послеродового периода (n=12) и осложненным послеродовым метритом (n=15). От коров в вышеуказанные сроки отобраны пробы крови для лабораторных исследований. Определяли содержание лейкоцитов, лейкограмма, уровень общего белка и его фракций, общих иммуноглобулинов, циркулирующих иммунных комплексов, малонового диальдегида (МДА) показателей бактерицидной (БАСК) и лизоцимной (ЛАСК) активности сыворотки крови в соответствии с методическими рекомендациями. [6, 7, 9] Одновременно отбирали пробы шеечно-вагинальной слизи от животных с физиологическим течением послеродового периода (n=4) и послеродовым эндометритом (n=4). Полученные образцы анализировали на приборе «электронный нос» по методике пьезокварцевого микровзвешивания массивом сенсоров основных классов легколетучих соединений запаха в равновесной газовой фазе над образцом.

Изучение запаха проводили в НИЛ МИП ООО «Сенсорика-Новые Технологии (СНТ)» на лабораторном (экспериментальном) анализаторе «МАГ-8» с методологией «электронный нос» (производство Россия). В качестве измерительного массива применяли 8 сенсоров на основе пьезокварцевых резонаторов ОАВ-типа с базовой частотой колебаний 10,0 МГц и разнохарактерными пленочными сорбентами на электродах. Покрытия подбирали так, чтобы сорбировались легко летучие биомолекулы – маркеры как естественного метаболизма живых организмов, так и аномального его течения вследствие различных причин. Сорбенты представляют собой микронной толщины полимерные пленки и наноструктурированные фазы: S8 – порядковый номер сенсора в массиве. Сорбционные покрытия сенсоров: ПЭГСб – полиэтиленгликоль себацат (сенсор с меткой S1), ТХ-100 – Тритон X-100 (сенсор с меткой S2), ДЦГ18К6 – Дициклогексан-18-Краун-6 (сенсор с меткой S3), Tween – Твин-40 (сенсор с меткой S4), R6G – Родамин 6G (сенсор с меткой S5), БКЗ – бромкрезоловый зеленый (сенсор с меткой S6), МУНТ – карбоксилированные многослойные углеродные нанотрубки (сенсор с меткой S7), ПЭГ-2000 – Полиэтиленгликоль 2000 (сенсор с меткой S8). Предварительно массив испытывали по парам тест-соединений различных классов, устанавливая особенности отклика сенсоров на эти соединения (кетоны, спирты, альдегиды, алифатические и циклические амины, кислоты, аммиак, вода).

В качестве критериев для оценки различия в запахе анализируемых проб выбирали качественные и количественные характеристики выходных кривых пьезосенсоров (см. рисунок).



а



б

Общий вид рабочего места с электронным носом «МАГ-8» и пьезосенсором (а), выходные кривые массива 8-и пьезосенсоров (б).

Методика анализа слизи заключалась в следующем: пробы размораживали и нагревали при комнатной температуре до равновесия в закрытой стерильной пробирке. Отбирали шприцем 5 см<sup>3</sup> равновесной газовой фазы над слизью и вводили в закрытую ячейку детектирования, фиксировали в ПО отклики сенсоров в течение 200 с. Далее анализировали массив данных от всех сенсоров за время измерения. Для установления содержания примесей легколетучих соединений в равновесной газовой фазе над образцами биопроб, сравнивали величины откликов всех выбранных сенсоров в массиве и количественного интегрального сигнала «электронного носа» – площади «визуального отпечатка» откликов, S<sub>в.о.</sub>, Гц·с. Вещества в равновесной газовой фазе над пробами идентифицировали по предварительно установленным свойствам избирательности сорбентов на пьезосенсорах в массиве.

Математико-статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы SPSS version 22 (IBM Corp, Version 22.0, Armonk, NY, USA, 2013). Рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку (M±m), достоверность разницы (p) по критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании клинико-акушерских исследований в первый день после родов у коров, заболевших метритом, регистрировали обильные кровянистые выделения, слизистой пробки у большинства не было. Кроме того, у 50 % животных данной группы послед отделялся через 10...12 часов после отела. У коров с физиологическим течением послеродового периода третья стадия родов заканчивалась через 5,65 часов, слизистая пробка в виде желтоватого тяжа появлялась к концу первых суток после родов. На 6-8-е сутки, у коров, заболевших послеродовым метритом, диагностировали цервикальные гнойно-катаральные выделения. У животных в лежачем положении их количество значительно увеличивалось, на корне хвоста регистрировали корки засохшего экссудата. При ректальном исследовании отмеча-

ли, что матка сильно опущена в брюшную полость и увеличена, ее стенка утолщена, прослеживали также вибрацию средних маточных артерий. У животных с физиологическим течением послеродового периода отмечалось выделение лохий вишневого цвета, слизистой консистенции.

В результате анализа крови выявлено (табл. 1), что у коров, заболевших послеродовым метритом, на 1-3-й день после отела иммунологическая резистентность организма на фоне повышения эндогенной интоксикации и пероксидации липидов

Таблица 1. Морфологические, биохимические и иммунологические показатели крови коров через 1-3 дня после отела

Показатель	С физиологическим течением послеродового периода, n=12	Заболевшие послеродовым метритом, n=15
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	7,3±0,57	6,5±0,51
Эозинофилы, %	2,8±0,19	5,0±0,31***
Нейтрофилы, %:		
палочкоядерные	2,86±0,24	3,4±0,22
сегментоядерные	37,3±3,1	33,5±3,2
Моноциты, %	3,7±0,18	3,1±0,21
Лимфоциты, %	53,1±4,6	58,1±4,2
Общий белок, г/л	76,2±5,2	69,8±3,0
Альбумины, %	54,5±3,8	54,2±2,8
α-глобулины, %	8,7±0,57	8,9±0,3
β-глобулины, %	17,5±1,5	16,9±0,9
γ-глобулины, %	19,3±0,9	20,0±1,6
Общие Jg, г/л	28,6±1,3	23,4±1,3
ЦИК, г/л	0,13±0,01	0,17±0,01**
БАСК, %	64,6±3,1	56,4±1,9
ЛАСК, мкг/мл	0,14±0,01	0,2±0,01***
ИЭИ	4,8±0,62	6,0±0,51
СМП уе	0,29±0,02	0,46±0,02
МДА мкМ/л	2,2±0,12	2,7±0,14**

Примечание. \* - P<0,05; \*\* - P<0,01; \*\*\* - P<0,001 то же в табл. 2 и 3.

снижалась, что подтверждается уменьшением концентрации лейкоцитов – на 9,0 %, сегментоядерных нейтрофилов – 9,1, моноцитов – 16,3, общего белка – 8,0, общих иммуноглобулинов – 8,0, бактериальной активности сыворотки крови – на 12,7 %. Содержание лимфоцитов при этом повышалось на 8,7 %, палочкоядерных нейтрофилов – 16,1, эозинофилов – 44,0 ( $P < 0,001$ ), циркулирующих иммунных комплексов – 23,6 ( $P < 0,01$ ), малонового диальдегида – 18,6 ( $P < 0,01$ ), индекса эндогенной интоксикации – 20,0, лизоцимной активности сыворотки крови – на 30,0 % ( $P < 0,001$ ). Выявленные различия показателей иммунобиохимического статуса крови в первые три дня после отела свидетельствуют о начале развития воспалительного процесса в субклинической форме у животных, впоследствии заболевших метритом.

На 6-8-е сутки после отела у коров, заболевших послеродовым метритом, также установлено снижение иммунологической резистентности (табл. 2). Так, концентрация сегментоядерных нейтрофилов ниже – на 21,7 % ( $P < 0,05$ ), общего белка – 8,3,  $\beta$ -глобулинов – 7,8,  $\gamma$ -глобулинов – 12,6, бактерицидной активности сыворотки крови – 11,1, лизоцимной активности сыворотки крови – на 34,5 % ( $P < 0,001$ ), а концентрация эозинофилов увеличивалась на 42,8 % ( $P < 0,001$ ), что свидетельствует о снижении общей неспецифической резистентности, аллергизации их организма и начале клинического проявления патологического процесса.

Результаты иммунобиохимических исследований крови коров были подтверждены данными лабораторных исследований шейечно-вагинальной слизи по суммарной площади полного «визуального отпечатка» сигналов сенсоров между группами с физиологическим (норма) и осложненным (эндометрит) течением послеродового периода (табл. 3).

Установлено, что в первые три дня послеродового периода площадь «визуального отпечатка» сигналов сенсоров у животных, заболевших эндометритом, на 28,4 % превышает аналогичный показатель коров с физиологическим течением послеродового периода. Более выраженные различия площадей «визуального отпечатка» в 6,1 раз ( $P < 0,001$ ) установлены между группами на 6-8-й день после отела.

Таким образом, в первые три дня послеродового периода характерно меньшее различие состава легколетучих соединений биопроб, чем на 6-8-е сутки. Больше количество летучих соединений в равновесной газовой фазе над биопробами животных из группы «эндометрит» на 6-8-й день после родов свидетельствует о развитии в последующем воспалительного процесса.

Результаты изучения качественного состава легколетучей фракции запаха над пробами представлены в таблицах 4, 5.

По форме «визуального отпечатка» откликов сенсоров в массиве установлены различия в химическом составе равновесной газовой фазы над пробами внутри групп, при этом особенные различия заметны между группами. Это подтверждает правильность выбора объекта исследования для получения дополнительной диагностической информации.

**Таблица 2.**  
**Морфологические, биохимические и иммунобиологические показатели крови коров через 6-8 дней после отела**

Показатель	Клинически здоровые, n=12	Послеродовой эндо-миометрит, n=15
Лейкоциты, $10^9/л$	7,03±0,37	6,8±0,58
Эозинофилы, %	2,1±0,21	3,67±0,25***
Нейтрофилы, % :		
палочкоядерные	3,1±0,31	3,0±0,22
сегментоядерные	47,2±3,64	37,0±3,45*
Моноциты, %	2,3±0,2	2,43±0,26
Лимфоциты, %	45,3±2,87	53,9±5,2
Общий белок, г/л	79,1±4,45	72,6±2,87
Альбумины, %	46,3±2,85	51,5±2,95
$\alpha$ -глобулины, %	8,9±0,47	8,4±0,31
$\beta$ -глобулины, %	19,4±1,06	17,9±1,1
$\gamma$ -глобулины, %	25,4±1,83	22,2±1,96
Общие Ig, г/л	34,32±3,4	24,3±1,43
ЦИК, г/л	0,17±0,01	0,14±0,01
БАСК, %	65,8±2,8	58,51±2,8
ЛАСК, мкг/мл	0,29±0,01	0,19±0,01***
ИЭИ	8,7±0,71	7,6±1,13
СМП у.е	0,39±0,02	0,32±0,02
МДА мкМ/л	2,4±0,13	2,43±0,22

**Таблица 3.**  
**Площадь «визуального отпечатка» сигналов сенсоров в равновесной газовой фазе над пробами**

Группа животных	Количество дней после отела	
	1-3	6-8
Норма	790,7±51,2	1276,8±94,1
Эндометрит	1015,1±81,2	7769,6±129,6***

Суммарная площадь полного «визуального отпечатка», Св.о±50, Пц-с

Результаты изменения в количественном составе запаха над пробами по относительному содержанию основных классов легколетучих соединений, на которые настроен массив сенсоров, представлен в таблице 6. Качественный состав равновесной газовой фазы над пробами, отобранными от животных через 1-3 дня после отела, впоследствии заболевших метритом, существенно отличается от коров с физиологическим течением послеродового периода. Так, у коров, заболевших эндо-миометритом в ранний послеродовой период содержание спиртов, кетонов линейного и циклического строения выше – на 5,2...6,0 %, снижался уровень алифатических кислот – на 14,3 и алкиламинов – на 9,2 %.

При развитии воспалительного процесса (6-8 дней после отела) отмечены сходные изменения, в сравнении с ранним послеродовым периодом, но более выраженного характера. Так, у коров, заболевших послеродовым эндо-миометритом, уменьшалось содержание кислот на 22,7 %, алкиламинов – на 8,4 %, при повышении уровня спиртов  $C_2-C_4$ , кетонов, в том числе циклических – на 6,0 % в сравнении с клинически здоровыми животными.

Таблица 4.

Состав легколетучей фракции запаха над пробами от животных с различным характером течения послеродового периода (1-3 дни)

Период после отела, дни	«Визуальный отпечаток» [11]	
	максимумов	кинетический
	Номера сенсоров в массиве	Время фиксирования откликов

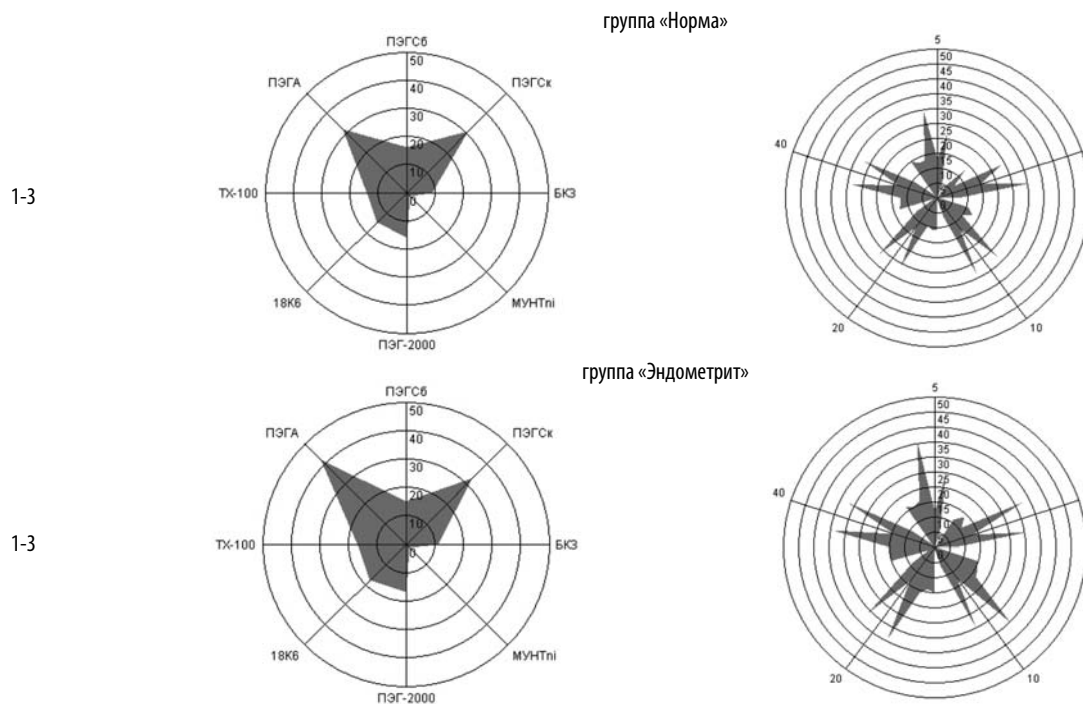


Таблица 5.

Состав легколетучей фракции запаха над пробами от животных с различным характером течения послеродового периода (6-8 дни)

Период после отела, дни	«Визуальный отпечаток» [11]	
	максимумов	кинетический
	Номера сенсоров в массиве	Время фиксирования откликов

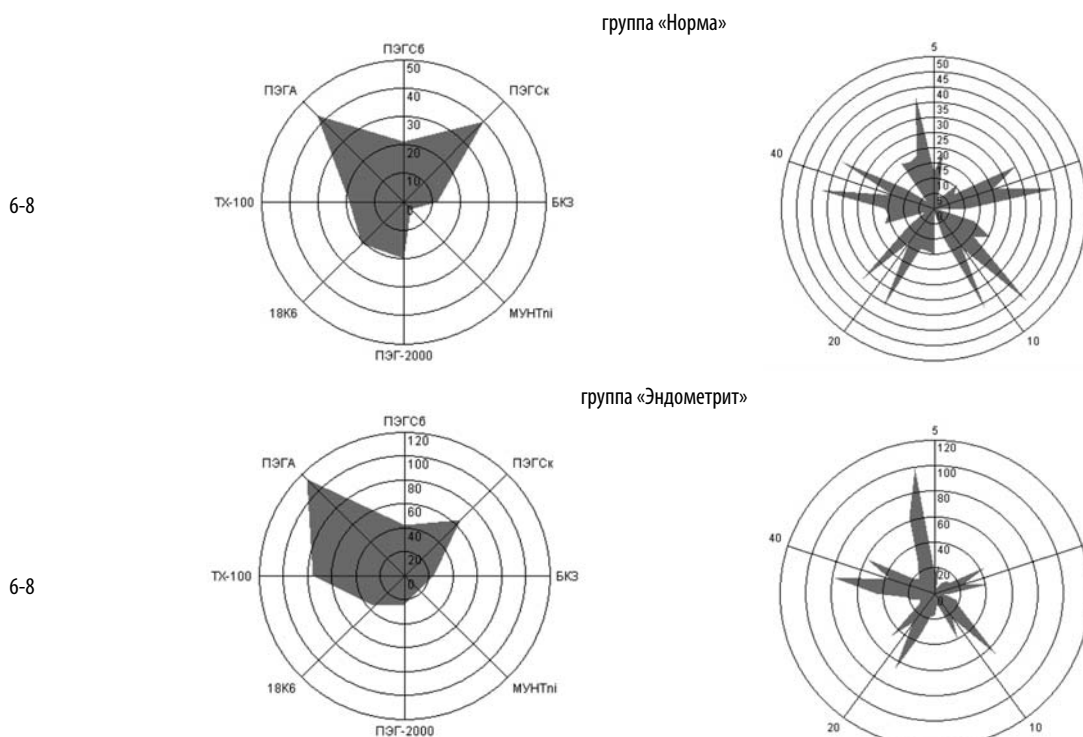


Таблица 6.

Относительное содержание компонентов в пробах, ω % масс

Группа животных	S1-ПЭГС6	S2-TX100	S3-ДЦГ18 К6	S4-Tween	S5-R6G	S6-БКЗ	S7-МУНТ	S8-ПЭГ-2000
Избирательность сенсоров к соединениям [15,16]	амины	серосодержащие	кислоты, спирты	кислоты	кислоты, амины	амины	универсальный	спирты, кетоны
1-3 дня после отела								
Норма	10,4±0,61	22,6±0,2	6,3±0,14	2,1±0,12	11,5±0,2	11,9±0,4	10,9±0,3	23,3±0,2
Метрит	9,9±0,19	22,4±0,2	6,8±0,11	1,8±0,11	11,8±0,4	10,8±0,3	11,3±0,1	24,5±0,3
6-8 дней после отела								
Норма	10,4±0,6	22,6±0,5	6,4±0,15	2,2±0,13	11,3±0,3	11,9±0,4	11,0±0,2	23,4±0,4
Метрит	10,2±0,3	23,7±0,3	6,2±0,12	1,7±0,11	11,1±0,4	10,9±0,2	11,1±0,5	24,8±0,3

Однако манифестация заболевания отражается на появлении новой группы соединений или росте их концентрации: серосодержащих органических соединений – на 4,9 %, продуктов аномальной деструкции белков, а также аммиака (избирательная реакция сенсора с многослойными углеродными нанотрубками). [12–14].

На данном этапе исследования по сигналам массива сенсоров «электронного носа» МАГ-8 можно отметить качественные и количественные изменения легколетучей фракции маточно-цервикальной слизи коров при развитии эндо-миометрита после родов : снижение алифатических кислот, короткоцепочных аминов, увеличение спирта, кетонов большой молярной массы, появление аммиака, серосодержащих соединений. Установленные различия в информации массива химических сенсоров в запахе биопроб коррелируют с диагнозом и смещением стандартно определяемых показателей крови.

Изменения легколетучей фракции маточно-цервикальной слизи, полученной через 1-3 и 6-8 дней после отела от клинически здоровых и больных метритом коров, имеют сходный характер: накопление спиртов (этанол, бутанол), кетонов в том числе циклических, уменьшение доли алифатических кислот и алкиламинов. Однако воспалительный процесс в матке характеризуется ростом концентрации серосодержащих органических соединений, продуктов аномальной деструкции белков, а также аммиака.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выявленные различия показателей морфобиохимического и иммунологического статуса коров в ранний послеродовой период, впоследствии заболевших метритом, свидетельствуют о снижении иммунологической резистентности их организма на фоне повышения эндогенной интоксикации и перекисидации липидов вследствие микробного прессинга.

Исследования по изучению качественного и количественного состава равновесной газовой фазы над пробами цервикальной слизи коров с осложненным эндо-миометритом выявили существенные изменения легколетучей фракции. Следовательно, система «электронный нос» на выбранном массиве сенсоров способна различать состав легколетучих соединений над биопробами различных групп.

Отмеченные изменения качественного и количественного составов равновесной газовой фазы у коров, заболевших эндо-миометритом, могут быть использованы в качестве маркеров ранней диагностики развития воспалительного процесса в матке.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Агейкин, А.В. Диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта человека по выдыхаемому воздуху с помощью массива полупроводниковых газовых сенсоров / А.В. Агейкин, И.А. Пронин // Молодой ученый. – 2014. – № 12 (71). – С. 383–384.
2. Братчикова, О.А. Ультразвуковая диагностика послеродового эндометрита (обзор) / О.А. Братчикова, М.Л. Чехонацкая, Н.Е. Янаева // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 65–69.
3. Методическое пособие по профилактике бесплодия у высокопродуктивного скота / А.Г. Нежданов с соавт. – Воронеж, 2010. – 54 с.
4. Нежданов, А.Г. Послеродовой метрит у молочных коров / А.Г. Нежданов, С.В. Шабунин, В.И. Михалев, В.В. Филин, В.Н. Скориков // Ветеринария. – 2016. – № 8. – С. 4–10.
5. Пташинская, М. Краткое руководство по репродукции животных / М. Пташинская. – 2003. – С. 100–104.
6. Рецкий, М.И. Методические рекомендации по диагностике, терапии и профилактике нарушений обмена веществ у продуктивных животных / М.И. Рецкий и др. – Воронеж, 2005. – 94 с.
7. Рецкий, М.И. Методическое положение по изучению процессов свободно радикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма животных / М.И. Рецкий и др. – Воронеж, 2010. – 70 с.
8. Турченко, А.Н. Этиология, профилактика и терапия акушерско-гинекологической патологии у коров на фермах промышленного типа / А.Н. Турченко, И.С. Коба // Современные проблемы ветеринарного обеспечения репродуктивного здоровья животных. Матер. междунаrod. научно-практич. конф., посвященной 100-летию со дня рождения проф. В.А. Акатова. – Воронеж, 2009. – С. 369–372.
9. Шахов, А.Г. Методические рекомендации по оценке и коррекции неспецифической резистентности животных. / А.Г. Шахов и др. – Воронеж, 2005. – 41 с.
10. Burfeind O. Diagnosis of acute puerperal metritis by electronic nose device analysis of vaginal discharge in dairy cows / O. Burfeind et.al // Theriogenology. – 2014. – 82. – С. 64–70.

11. Eriksson A., Persson Waller K., Svennersten-Sjaunja K., Haugen J.E., lundby F., Lind O. Detection of mastitic milk using a gas-sensor array system (electronic nose). *Int Dairy J* 2005;15:1193-201.
12. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality // *Pure and Applied Chemistry. The Scientific Journal of IUPAC: Published Online: 2017-09-08* DOI: <https://doi.org/10.1515/pac-2016-1108>.
13. Kuchmenko T.A., Umarchanov R.U., Grazhulene S.S., Zaglyadova S.V., Shkinev V.M. Microstructural investigations of sorption layers in mass-sensitive sensors for the detection of nitrogen-containing compounds // *Journal of surface investigation X-ray, synchrotron and Neutron Technigues. 2014/ V. 8. № 2, – pp. 312–320.*
14. Kuchmenko T.A., Umarchanov R.U. Peculiarities of microweighing of trace quantities of alkylamines on polymer and solid-state thin films // *Journal of Analytical Chemistry. 2013. T. 68. – № 4. – C. 368–375.*
15. Leblanc, S.I. Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis, and ist impact on reproductive performance in dairy cows / S.I. Leblanc, T. Duffield, K. Leslie, K. Bateman, G. Keefe, I. Walton, W. Johnson // *J. Dairy Sci. – 2002 – 85: 2223-2236.*
16. Sheldon, I.M. Postpartum uterine health in cattle / I.M. Sheldon, H. Dobson // *Anim. Reprod. Sci. – 2004. – 82–83:295–306.*
17. Wilson AD, Baietto M. Advances in electronic-nose technologies developed for biomedical application. *Sensors (Basel)* 2011; 11: 1105-76.
18. Wiegierinck W., Setkus A., Buda V., Bord-Karlson A.K., Mozuraitis R., de Gee A. BOVINOSE : pheromone-based sensor system for detecting estrus in dairy cows. *Proced Comput Sci* 2011; 7:340-2.
19. produktivny'x zhivotny'x / M.I. Reczkij i dr. – Voronezh, 2005. – 94 s.
7. Reczkij, M.I. Metodicheskoe polozhenie po izucheniyu processov svobodno radikal'nogo okisleniya i sistemy' antioksidantnoj zashhity' organizma zhivotny'x / M.I. Reczkij i dr. – Voronezh, 2010. – 70 s.
8. Turchenko, A.N. E'tiologiya, profilaktika i terapiya akushersko-ginekologicheskoy patologii u korov na fermax promy'shennogo tipa / A.N. Turchenko, I.S. Koba // *Sovremenny'e problemy' veterinarnogo obespecheniya reproductivnogo zdorov'ya zhivotny'x. Mater. mezhdunarod. nauchno-praktich. konf., posvyashhennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. V.A. Akatova. – Voronezh, 2009. – S. 369–372.*
9. Shaxov, A.G. Metodicheskie rekomendacii po ocenke i korrekcii nespecificheskoj rezistentnosti zhivotny'x. / A.G. Shaxov i dr. – Voronezh, 2005. – 41 s.
10. Burfeind O. Diagnosis of acute puerperal metritis by electronic nose device analysis of vaginal discharge in dairy cows / O. Burfeind et.al // *Theriogenology. – 2014. – 82. – C. 64–70.*
11. Eriksson A., Persson Waller K., Svennersten-Sjaunja K., Haugen J.E., lundby F., Lind O. Detection of mastitic milk using a gas-sensor array system (electronic nose). *Int Dairy J* 2005;15:1193-201.
12. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality // *Pure and Applied Chemistry. The Scientific Journal of IUPAC: Published Online: 2017-09-08* DOI: <https://doi.org/10.1515/pac-2016-1108>.
13. Kuchmenko T.A., Umarchanov R.U., Grazhulene S.S., Zaglyadova S.V., Shkinev V.M. Microstructural investigations of sorption layers in mass-sensitive sensors for the detection of nitrogen-containing compounds // *Journal of surface investigation X-ray, synchrotron and Neutron Technigues. 2014/ V. 8. – № 2, – pp. 312–320.*
14. Kuchmenko T.A., Umarchanov R.U. Peculiarities of microweighing of trace quantities of alkylamines on polymer and solid-state thin films // *Journal of Analytical Chemistry. 2013. T. 68. – № 4. – C. 368–375.*
15. Leblanc, S.I. Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis, and ist impact on reproductive performance in dairy cows / S.I. Leblanc, T. Duffield, K. Leslie, K. Bateman, G. Keefe, I. Walton, W. Johnson // *J. Dairy Sci. – 2002 – 85: 2223-2236.*
16. Sheldon, I.M. Postpartum uterine health in cattle / I.M. Sheldon, H. Dobson // *Anim. Reprod. Sci. – 2004. – 82–83: 295–306.*
17. Wilson AD, Baietto M. Advances in electronic-nose technologies developed for biomedical application. *Sensors (Basel)* 2011; 11: 1105-76.
18. Wiegierinck W. Setkus A., Buda V., Bord-Karlson A.K., Mozuraitis R., de Gee A. BOVINOSE: pheromone-based sensor system for detecting estrus in dairy cows. *Proced Comput Sci* 2011;7:340-2.

**LIST OF SOURCES**

1. Agejkin, A.V. Diagnostika zabolevanij zheludochno-kishechnogo trakta cheloveka po vy'dy'xaemomu vozduxu s pomoshh'yu massiva poluprovodnikov'x gazovy'x sensorov / A.V. Agejkin., I.A. Pronin // *Molodoj uchenyj. – 2014. – № 12 (71). – S. 383–384.*
2. Bratchikova, O.A. Ul'trazvukovaya diagnostika poslerodovogo e'ndometrita (obzor) / O.A. Bratchikova, M.L. Chxonaczkaya, N.E. Yanaeva // *Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. – 2014. – T. 10, № 1. – S. 65–69.*
3. Metodicheskoe posobie po profilaktike besplodiya u vy'sokoproduktivnogo skota / A.G. Nezhdanov s soavt. – Voronezh, 2010. – 54 s.
4. Nezhdanov, A.G. Poslerodovoj metrit u molochny'x korov / A.G. Nezhdanov, S.V. Shabunin, V.I. Mixalev, V.V. Filin, V.N. Skorikov // *Veterinariya. – 2016. – № 8. – S. 4–10.*
5. Ptashinskaya, M. Kratkoe rukovodstvo po reprodukcii zhivotny'x / M. Ptashinskaya. – 2003. – S. 100–104.
6. Reczkij, M.I. Metodicheskie rekomendacii po diagnostike, terapii i profilaktike narushenij obmena veshhestv u