

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038483**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.09.03

(21) Номер заявки
201691617

(22) Дата подачи заявки
2015.02.10

(51) Int. Cl. **G01N 33/00** (2006.01)
A01K 11/00 (2006.01)
A61B 5/07 (2006.01)
G01N 21/3504 (2014.01)

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОРМЛЕНИЯ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО
ФЕРМЕНТАЦИИ В РУБЦЕ ЖЕЛУДКА ЖВАЧНОГО ЖИВОТНОГО**

(31) 10 2014 101 875.3; 10 2014 118 535.8

(32) 2014.02.14; 2014.12.12

(33) DE

(43) 2017.01.30

(86) PCT/EP2015/052696

(87) WO 2015/121220 2015.08.20

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГЕА ФАРМ ТЕХНОЛОДЖИЗ ГМБХ
(DE)**

(72) Изобретатель:
Лапорте-Урибе Хосе-Альберто (DE)

(74) Представитель:
**Веселицкая И.А., Веселицкий М.Б.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Соколов Р.А., Кузнецова Т.В. (RU)**

(56) WO-A1-2013003892
WO-A1-2012173502

MARDEN J P ET AL: "A New Device for Measuring Kinetics of Ruminant pH and Redox Potential in Dairy Cattle", JOURNAL OF DAIRY SCIENCE, AMERICAN DAIRY SCIENCE ASSOCIATION, US, vol. 88, no. 1, 1 January 2005 (2005-01-01), pages 277-281, XP026970291, ISSN: 0022-0302 [retrieved on 2005-01-01] abstract page 278, left-hand column, paragraph 3 - page 279, left-hand column, paragraph 2 page 279, right-hand column, paragraph 2 - page 280, left-hand column, paragraph 3 figure 1

(57) Способ контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, в котором определяют показатель диоксида углерода внутри рубца желудка и/или сетки желудка. Предложена болюсная система (1) для измерения растворенного диоксида углерода в рубце желудка жвачного животного, такого как молочной коровы, с использованием нерассеивающего инфракрасного датчика (2). Растворенный CO₂ соотносится с pH и может быть определен ацидоз рубца желудка. Болюс (1) постоянно имплантирован в рубец желудка и данные передаются беспроводным образом. Система может быть использована в доильном зале.

B1

038483

038483

B1

Предметом настоящего изобретения является способ и устройство для контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, такого как корова, коза, овца и им подобных.

Жвачные животные во многих странах мира используются для производства молока и/или для производства мяса. За последние десятилетия объем производства и молока, и мяса в расчете на жвачное животное значительно увеличился. Ответственным за этот рост является, с одной стороны, генетическое улучшение жвачных животных, например их селекцией, а с другой стороны, лучшее понимание питательных потребностей скота. Прежде всего, в более крупных стадах молочного скота управление кормлением стада часто требует оптимизации. Прежде всего, следует избегать ацидоза. Ацидоз рубца желудка понимается как повышение кислотности в рубце желудка, описываемое как понижение рН содержимого рубца желудка в течение периода времени, которого достаточно для того, чтобы иметь физиологические последствия в животном, пораженном им. В этом отношении, метаболический и респираторный ацидоз понимается как повышение кислотности крови и других тканей. В жвачных животных метаболический и респираторный ацидоз сильно связан с понижением рН рубца желудка. Поэтому предпринимались попытки измерять величину рН рубца желудка на месте.

Уровень техники описывает боллус с включенным измерителем рН и датчиком температуры, например, в GB 2 455 700 A. Этот датчик рН функционирует электрохимически, то есть он использует рН-электрод для измерения величины рН. Такая система является неблагоприятной, так как используемый датчик дрейфует уже через несколько недель использования в рубце желудка.

На основании этого, целью настоящего изобретения является создание способа и устройства для контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачных животных. Еще одной целью является контроль наступления болезней, связанных с ацидозом рубца желудка.

Согласно настоящему изобретению способ контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, содержит шаг определения показателя диоксида углерода в рубце желудка и/или сетке желудка. Определение показателя может быть произведено прямо или косвенно путем измерения релевантного химического и/или физического свойства.

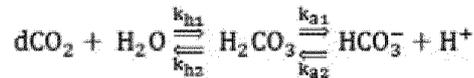
Знание показателя может быть использовано для улучшения здоровья жвачного животного, прежде всего путем регулирования задержки газов и уменьшения пенообразования внутри рубца желудка. Этого можно достигнуть путем управления кормлением и разработки состава рациона, прежде всего использования добавок, буферов, присадок, противопенных агентов или других веществ, которые могут быть частью корма.

Согласно настоящему изобретению способ контроля кормления в рубце желудка жвачного животного содержит шаги измерения концентрации растворенного диоксида углерода в качестве показателя. Концентрация растворенного диоксида углерода может быть использована для предсказания, предотвращения и контроля наступления ацидоза рубца желудка, подострого ацидоза рубца желудка, метаболического и респираторного ацидоза, вздутия, сычужной дисплазии, синдрома низкого содержания жира в молоке и других питательных синдромов и болезней, связанных с задержкой газов и/или пенообразованием в желудочно-кишечном тракте жвачных животных.

Показатель, прежде всего концентрация растворенного диоксида углерода предпочтительно определяется, прежде всего измеряется, по меньшей мере, в заданные моменты времени внутри рубца желудка.

Контроль предпочтительно происходит с помощью соответствующего боллуса. Предпочтительно, контроль происходит в рубце, сетке и/или вентральном мешке рубца желудка. Согласно способу, концентрация растворенного диоксида углерода измеряется, по меньшей мере, в заданные моменты времени внутри рубца желудка, и измеренная концентрация растворенного диоксида углерода соотносится по меньшей мере с одной соответствующей величиной рН. Соотнесение концентрации растворенного диоксида углерода по меньшей мере с одной соответствующей величиной рН может производиться, например, с использованием заданного алгоритма расчета величины рН из соответствующей концентрации растворенного диоксида углерода или с использованием таблицы с опорными значениями разных пар концентраций растворенного диоксида углерода и соответствующих величин рН. Термин "по меньшей мере одна соответствующая величина рН" может пониматься таким образом, что предпочтительно одна единственная величина рН может быть присвоена одной конкретной концентрации растворенного диоксида углерода. Тем не менее, в зависимости от используемой системы измерения концентрации растворенного диоксида углерода, является возможным, что диапазон величин, то есть диапазон, ограниченный минимальной и максимальной величиной рН, возвращается в зависимости от данной концентрации растворенного диоксида углерода. Это означает, что даже в случае данных диапазонов рН всегда является возможным предусмотреть, например, минимальную величину рН, чтобы иметь ясное указание на состояние в рубце желудка, которое могло бы быть опасным для животного относительно ацидоза.

Рубец желудка жвачного животного имеет так называемую биохимическую буферную систему, что означает, что имеется химическое равновесие между растворенным диоксидом углерода, угольной кислотой и ионами гидрокарбоната:



(1a)

Равновесие реакции определяется константой k_h гидратации CO_2 и константой k_a равновесия для реакции между гидрокарбонатом и угольной кислотой. Угольная кислота не аккумулируется в растворе, а быстро разлагается в водород и гидрокарбонат. Нижние индексы 1 и 2, используемые в вышеприведенной формуле, используются для различения прямой 1 и обратной 2 реакций. Для них известны следующие реакции:

$$k_h = \frac{k_{h1}}{k_{h2}} \quad \text{and} \quad k_a = \frac{k_{a1}}{k_{a2}}$$

(1b, 1c)

Равновесие между концентрацией растворенного диоксида углерода и концентрацией гидрокарбоната определяется следующим уравнением:

$$K_{eq} = \frac{k_{h1} \cdot k_{a1}}{k_{h2} \cdot k_{a2}}, \text{ or, } K_{eq} = \frac{[\text{HCO}_3^-] + [\text{H}^+]}{[d\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}]}$$

(2a, 2b)

Применение десятичного логарифма к этому уравнению ведет к следующему заключению:

$$\log K_{eq} = \log \text{H}^+ + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[d\text{CO}_2]} \quad (3)$$

$$\text{pH} = -\log \text{H}^+, \text{ and } \text{pK}_a = -\log K_a$$

Следовательно:

$$\text{pH} = \text{pK}_{eq} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[d\text{CO}_2]} \quad (4)$$

Это означает, что pH может быть определен, если известны концентрации растворенного диоксида углерода, гидрокарбоната и константа k_a равновесия.

Это усиливает способность буфера за счет предоставления диоксида углерода растворенному диоксиду углерода или получения диоксида углерода из растворенного диоксида углерода, следуя термодинамическому равновесию. Определение парциального давления диоксида углерода в вышеприведенном уравнении делает возможным расчет концентрации растворенного диоксида углерода.

Отношение между концентрацией растворенного диоксида углерода, концентрацией ионов гидрокарбоната и величиной pH указано выше. Оно может быть решено для данных концентраций ионов гидрокарбоната, чтобы сделать возможным соотношение измеренной величины растворенного диоксида углерода по меньшей мере с одной величиной pH. Диапазон величин pH может быть объяснен легкой вариацией концентрации ионов гидрокарбоната.

Способ согласно настоящему изобретению позволяет контролировать величину pH в рубце желудка и/или концентрацию растворенного диоксида углерода в рубце желудка. Это позволяет издавать предупреждение, если величина pH падает до уровня ниже заданного порога, как, например, величины pH ниже 6,1. В то же время предпочтительно также контролируются времена измерения либо в устройстве внутри рубца желудка, либо переносом во внешнее окружение животного. Это позволяет контролировать интервалы времени, в которых имеются конкретные кислотные условия, так как было обнаружено, что ацидоз рубца желудка разделен согласно презентации клинических признаков на два вида: субклинический и клинический ацидоз. Всё большее присутствует осознание того, что не только необходимо достигнуть определенного порога pH в рубце желудка, но и важна продолжительность времени ниже определенного порога. Хотя субклинический ацидоз был определен как измененная среда рубца желудка, где величина pH ниже 5,8 в течение более чем 12 ч в сутки, было сделано предположение, что риск развития субклинического ацидоза увеличивается, если рубец желудка имеет pH ниже 5,8 в течение более чем 5 ч в сутки, возможно потому, что в тех условиях изменяются переваривание волокон и ферментация.

Клинический ацидоз может быть разделен на острый и подострый. Вообще, было показано, что величины pH ниже 5,5 в течение более чем 5 ч вызывают клинические признаки подострого ацидоза, в то время как клинический ацидоз почти всё время связан с величинами pH ниже 5, которые являются критическими, даже для более коротких периодов времени.

Нам удалось оценить увеличение растворенного диоксида углерода вследствие снижения pH в рубце желудка для этого широкого физиологического диапазона (7-5, фиг. 2). Таким образом, порог pH,

описанный для оптимальной бактериальной ферментации (ниже рН 6,6) спад в переваривании волокон (ниже рН 5,8), подострый ацидоз (ниже рН 5,5) и ацидоз (ниже рН 5,0) могут восходить к концентрации растворенного CO_2 12-20, 60, 120 и 380 мМ, соответственно. Эти величины для растворенного диоксида углерода тесно связывают изменения биологической активности бактерий, ответственных за ферментацию в рубце желудка и физиологические изменения в эпителиях рубца желудка, связанные с ацидозом рубца желудка. Отсюда идея, что контрольным механизмом для наступления ацидоза рубца желудка являются концентрации растворенного диоксида углерода, а не связанное с ними понижение рН в рубце желудка.

В качестве альтернативы или дополнительно, показателем является величина рН. Величина рН может быть измерена прямо с помощью рН-датчика или косвенно путем измерения концентрации растворенного диоксида углерода, как пояснено выше.

Является предпочтительным контролировать концентрацию растворенного диоксида углерода в дискретные моменты времени, предпочтительно через промежутки времени меньше чем в одну минуту. Тем не менее, является возможным изменять этот промежуток времени, прежде всего, на основе заданных обстоятельств, например в течение некоторого времени после кормления. Это может быть инициировано внешним сигналом, например, от элемента связи, комбинированного с оборудованием для кормления или тому подобного.

Кроме того, собранные данные могут быть использованы для создания информации относительно эффективности ферментации в рубце желудка и риска связанных с кормлением болезней, в том числе синдромов болезней, таких как субклинический ацидоз, острый ацидоз, метеоризм, сычужная дисплазия, кетоз и другие. Анализ может быть проведен либо в анализаторном узле в устройстве, либо вне его, после передачи по первому элементу связи внутри рубца желудка и второму элементу связи, расположенному вне животного. Таким образом, является возможным генерировать специфические предупредительные сигналы для фермера, если существуют конкретные критерии, такие, как, например, рН меньше чем 5,8 в течение 5 ч в сутки или в течение 12 ч или больше в сутки, или концентрации растворенного диоксида углерода ниже 60 мМ в течение 5 ч.

Согласно одному усовершенствованию способа концентрация растворенного диоксида углерода измеряется с использованием инфракрасного датчика.

Инфракрасные датчики, то есть датчики, чувствительные к электромагнитному излучению в инфракрасном режиме, прежде всего активные инфракрасные датчики, испускающие инфракрасное излучение через пробу и измеряющие свет после прохождения пробы по меньшей мере один раз, возможно два раза или больше, с использованием по меньшей мере одного соответственного зеркала, делают возможным стабильное измерение растворенного диоксида углерода без дрейфа измеренных величин. Прежде всего, внутренние калибровочные стандарты во избежание дрейфа измеряемых величин могут быть предусмотрены кумулятивно. Предпочтительным является так называемый NDIR-датчик, нерассеивающий инфракрасный датчик.

Такой датчик, предпочтительно, содержит источник инфракрасного излучения, пробу, например наполненное тело, сделанное из стекла, чрез которое может проходить инфракрасное излучение, и соответствующий инфракрасный детектор. Кроме того, предпочтительным является использование фильтра длины волны, который допускает только прохождение конкретного режима длины волн.

Предпочтительно, датчик содержит измерительную камеру, в которую может диффундировать растворенный диоксид углерода, например, через мембрану, предпочтительно политетрафторэтиленовую (ПТФЭ) мембрану.

Такой NDIR-датчик является легко адаптируемым для использования в соответствующем способе и может использоваться с низким расходом электрической энергии. Это позволяет предусмотреть болос для орального применения животным, постоянно пребывающий в рубце желудка соответствующего животного. Такие датчики делают возможным срок службы болоса, который больше, чем обычная продолжительность жизни молочного или мясного скота, а также мелких жвачных животных.

Согласно еще одному усовершенствованию по меньшей мере одни из следующих данных:

а) измеренная концентрация растворенного диоксида углерода и

б) соответствующая величина рН

передаются беспроводным способом на приемник вне жвачного животного.

Это может производиться, например, с использованием РЧ (радиочастотного) передатчика и приемника. Это позволяет собирать данные о стаде жвачных животных автоматически и централизованно, обеспечивая фермеру легкий доступ к данным его стада. Соответствующее оборудование может, например, быть реализовано в доильном зале или доильном оборудовании в качестве соответствующих антенн, позволяющих осуществлять РЧ передачу.

Использование и передача концентрации растворенного диоксида углерода позволяет контролировать эти данные, что, предпочтительно, может проводиться вместо контроля величины рН в рубце желудка.

Согласно еще одному усовершенствованию величина рН может быть рассчитана на основе предварительно определенного соотношения между концентрацией растворенного диоксида углерода и вели-

чиной рН.

Это соотношение может быть выведено, например, из вышеприведенного уравнения (4), используя биохимическую модель для профиля концентрации ионов гидрокарбоната.

Согласно еще одному усовершенствованию способ включает в себя измерение температуры в рубце желудка.

Это может дополнительно повысить качество данных, предоставленных способом согласно настоящему изобретению, так как температура в рубце желудка влияет на химические равновесия, являющиеся основой вышеприведенных уравнений. Поэтому дальнейшее соотнесение с температурой в рубце желудка во время измерения растворенного диоксида углерода является благоприятным.

В соответствии с еще одним аспектом изобретения, предлагается устройство для контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, содержащее, по меньшей мере, следующие элементы:

а) по меньшей мере один измерительный элемент для измерения показателя двуоксида углерода в рубце желудка и/или сетке желудка, и

б) по меньшей мере один элемент связи для беспроводной передачи данных с соответствующим вторым элементом связи вне жвачного животного, причем устройство выполнено для орального применения жвачным животным и постоянного пребывания в рубце желудка и/или сетке желудка.

Предпочтительно устройство содержит по меньшей мере один измерительный элемент для измерения концентрации растворенного диоксида углерода в рубце желудка. В качестве альтернативы или дополнительно, устройство содержит по меньшей мере один измерительный элемент для измерения величины рН в качестве показателя двуоксида углерода в рубце желудка и/или сетке желудка.

Устройство предпочтительно выполнено как постоянно находящийся внутри зонд (болус), имеющий форму и размер, позволяющие применять его орально в животном и быть стойким к химической среде в рубце желудка.

Предпочтительно устройство содержит батарею или аккумулятор, прежде всего аккумулятор, который может быть перезаряжен беспроводным способом. В качестве альтернативы, могут быть использованы пассивные устройства радиочастотной идентификации, которые получают необходимую электрическую энергию также беспроводным способом. Тогда такая система, предпочтительно, выполнена так, что она активируется передачей энергии для выполнения измерений растворенного диоксида углерода в этих случаях.

Первый элемент связи в одном варианте осуществления, прежде всего, работает как передающий элемент, который может передавать данные на принимающий элемент (второй элемент связи). Как правило, первый элемент связи предпочтительно содержит антенну и соответствующий РЧ (радиочастотный) элемент, позволяющий осуществлять передачу информации на второй элемент связи и прием информации от второго элемента связи с соответствующей антенной вне животного. Предпочтительно радиочастотная передача могла бы осуществляться в диапазонах от 999 до 1 МГц и от 999 до 1 кГц, в зависимости от демпфирующего эффекта содержимого рубца желудка и оптимального расстояния передачи между болусом и антенной или приемником.

Предпочтительно устройство, кроме того, содержит запоминающее устройство, в котором данные могут храниться, по меньшей мере, в течение некоторого времени. Такое запоминающее устройство предпочтительно содержит флеш-память или тому подобное. Это запоминающее устройство может использоваться для буферизации данных измерений, если связь со вторым элементом связи временно невозможна, когда, например, второй элемент связи установлен в доильном зале и/или в зоне кормления, а животное в настоящее время находится снаружи.

Предпочтительным источником электрической энергии является батарея. Предпочтительной является батарея, которая имеет электрическую емкость, позволяющую использовать устройство более года, прежде всего более трех лет, чтобы охватывалась обычная продолжительность жизни мясо-молочного скота.

Если в качестве источника электрической энергии используется аккумулятор, предпочтительными являются внутренние зарядные средства, которые преобразуют малые движения устройства в электрическую энергию. Этими движениями могут быть, например, перистальтические движения животного. В качестве альтернативы или дополнительно, могут использоваться средства для зарядки аккумулятора за счет преобразованию энергии движения в электрическую энергию.

Предпочтительно, устройство имеет вес от 65 до 200 г с удельным весом более чем $2,75 \text{ г/см}^3$ (грамм на кубический сантиметр).

Предпочтительно, устройство имеет диаметр от 20 до 26 мм (миллиметров). Предпочтительно, для использования со скотом устройство имеет длину от 66 до 100 мм.

Согласно одному усовершенствованию, измерительный элемент включает в себя по меньшей мере один инфракрасный датчик.

Инфракрасные датчики для измерения концентрации диоксида углерода были подтверждены как надежные и имеют как лаборатория на чипе, чтобы их можно было реализовать в устройстве согласно настоящему изобретению.

Особенно полезным является инфракрасный NDIR-датчик, описанный выше.

Использование NDIR-датчика является благоприятным, так как эти датчики имеют часто очень низкий расход энергии, который уменьшает нагрузку на систему энергоснабжения устройства, предпочтительно соответствующую батарее. Предпочтительно в качестве датчика используется самокалибрующийся NDIR-датчик.

Измерительный элемент содержит измерительную камеру, которая открыта для воздействия газов в рубце желудка, предпочтительно за счет использования мембраны проницаемой для газов. Предпочтительно это мембрана, содержащая политетрафторэтилен (ПТФЭ), продаваемый под маркой "Тефлон". Эти мембраны являются проницаемыми для диоксида углерода, то есть позволяющими диоксиду углерода диффундировать из жидкости рубца желудка и/или сетки желудка в измерительную камеру, но являются достаточно коррозионно-стойкими, чтобы позволять устройству оставаться в жидкости рубца и/или жидкости сетки желудка. Предпочтительно, мембрана конфигурирована так, что форма всего устройства сглажена, прежде всего, в краевой области для обеспечения более легкого орального применения.

Согласно еще одному усовершенствованию устройство, кроме того, содержит датчик температуры для измерения температуры в жидкости рубца желудка и/или сетки желудка.

Согласно еще одному усовершенствованию устройство, кроме того, содержит корреляционное средство для соотнесения величины концентрации растворенного диоксида углерода по меньшей мере с одной величиной pH.

Согласно еще одному усовершенствованию устройство, кроме того, содержит футляр, по меньшей мере, частично, изготовленный из нержавеющей стали.

Это обеспечивает достаточный срок службы устройства в химической среде рубца желудка. Предпочтительно футляр из нержавеющей стали покрывает, по меньшей мере, первый элемент связи, измерительный элемент и батарею или аккумулятор. Предпочтительно футляр из нержавеющей стали комбинирован со стеклянной поверхностью, чтобы сделать возможной передачу инфракрасного света от источника света инфракрасного света, предпочтительно, соответствующего светоизлучающего диода, в измерительную камеру датчика.

Согласно еще одному усовершенствованию предлагается в целях калибрования предусмотреть измерительный элемент с источником света, прежде всего СИДом той же длины волны, что и инфракрасный датчик.

Согласно еще одному аспекту настоящего изобретения предлагается доильный зал, содержащий по меньшей мере один второй элемент связи для беспроводной связи с первым элементом связи в устройстве согласно настоящему изобретению.

Другие признаки, которые рассматриваются как характерные для изобретения, излагаются в прилагаемой формуле изобретения, причем признаки, представленные индивидуально в формуле изобретения, могут быть комбинированы любым технологически понятным образом и дают дополнительные варианты осуществления изобретения.

Мы описали использование растворенного диоксида углерода (pCO_2) в рубце желудка скота для контроля и предотвращения связанных с кормлением болезней. Короче говоря, задержка растворенного диоксида углерода (pCO_2) в жидкости рубца желудка вследствие физико-химических изменений и быстрой ферментации питательных веществ могло бы объяснить многие связанные с кормлением заболевания и синдромы, которые являются эндемическими в молочном животноводстве. В качестве примера:

Ацидоз рубца желудка и подострый ацидоз рубца желудка (SARA): аккумуляция растворенного диоксида углерода (pCO_2) вследствие физико-химических изменений в жидкости рубца желудка дает начало ацидозу рубца желудка за счет уменьшения бактериальной активности, спад приема корма и переваривания питательных веществ, длительный период высоких концентраций растворенного диоксида углерода (pCO_2) изменит кислотно-щелочное равновесие эпителий рубца желудка, и усиление диффузии CO_2 в кровяной поток приведет к установлению метаболического и респираторного ацидоза в скоте.

Сычужная дисплазия: выход насыщенной газами жидкости рубца желудка в сычуг (истинный желудок) будет означать, что большое количество CO_2 и CH_4 может быть высвобождено в сычуге после переваривания кислоты, которое вытеснит сычуг в ненормальные анатомические места брюшной полости, состояние, которое приходится исправлять хирургическим способом.

Вздутие: образование стабильной пены в рубце желудка является следствием и проявлением задержки растворенного диоксида углерода (pCO_2) в результате физико-химических изменений жидкости рубца желудка во время ферментации. Формирование и стабилизация пены в рубце желудка будет задерживать отрыжку и животные будут становиться похожими на барабан. Состояние, если оно тяжелое, приведет к смерти скота.

Кетоз: задержка растворенного диоксида углерода (pCO_2) в рубце желудка будет генерировать сигналы сытости, которые будут ограничивать прием корма, уменьшение приема питательных веществ инициирует мобилизацию жиров и производство кетоновых тел, состояние, известное как кетоз.

Синдром низкого содержания жиров: спад производства уксусной кислоты в пользу производства пропионовой кислоты в рубце желудка инициирует спад содержания жиров в молоке. Высокие концен-

трации растворенного диоксида углерода (pCO_2) в рубце желудка, с одной стороны, стимулируют рост бактерий, которые производят большое количество пропионовой кислоты. С другой стороны, ацетогенные бактерии будут благоприятствовать другим метаболическим путям, уменьшающим производство уксусной кислоты.

Устройство, прежде всего беспроводное питательное устройство, может контролировать концентрацию и выделение растворенного диоксида углерода (pCO_2) в рубце желудка. Знание порога, связанного с проявлениями этих заболеваний, позволит фермерам, специалистам по кормлению и консультантам разрабатывать диеты, которые способствуют лучшей ферментации в рубце желудка и уменьшают распространение связанных с кормлением заболеваний на ферме.

Изобретение, прежде всего изобретательский измерительный элемент в качестве болюса в рубце желудка, также поможет специалистам по кормлению и фермерам непосредственно контролировать ферментацию в рубце желудка и даст первый отчет о качестве корма, управлении кормлением и производительности животных посредством оптимизации роста бактерий в рубце желудка. Фермеры смогут кормить животных диетами, которые обеспечивают правильный баланс питательных веществ и кормление жвачных животных в правильное время в течение суток, чтобы оптимизировать эффективность преобразования корма и производство молока.

Контроль ферментации датчиком CO_2 достигается измерением изменений и эволюции концентрации растворенного диоксида углерода (pCO_2) в жидкости рубца желудка. Ферментация неразрывно связана с ростом бактерий в рубце желудка, а рост бактерий следует известному циклу:

лаг-фаза, на ранней стадии развития и до деления клеток,
экспоненциальная или логарифмическая фаза роста, постоянная скорость роста бактерий,
стационарная фаза, когда истощение питательных веществ в средах вынуждает остановку роста бактерий и уменьшение количества жизнеспособных бактерий, и
клеточная фаза затихания (фаза смерти), количество жизнеспособных бактерий быстро уменьшается, если не поступает больше питательных веществ, что делает дальнейший цикл роста бактерий менее эффективным.

Скорость выделения диоксида углерода (CER) является важным параметром для контроля ферментации. Но CER не может быть измерена прямо на хемостате (культура *in-vitro*) из-за технических трудностей получения измерений растворенного диоксида углерода (pCO_2). Были разработаны косвенные способы измерения CER, например скорость переноса углерода (CTR), который контролирует высвобождение CO_2 на выходе хемостата. Но измерения CTR не надежны и могут быть нарушены отличающимся состоянием окружающей среды внутри бульона (например, pH или вязкостью). Изменения этих факторов означают, что обычно концентрации растворенного диоксида углерода (pCO_2) могут быть на 33-40% выше, чем концентрации CO_2 , выделяющиеся из бульона. По той же причине были разработаны математические модели и алгоритмы для компенсации нарушения в условиях *in-vitro* и сделаны CTR эквивалентным CER. Однако, контроль CTR неприменим для контроля условий окружающей среды в рубце желудка, по двум причинам: во-первых, большая доля выдыхаемого CO_2 в жвачном животном происходит из дыхания, а во-вторых, условия окружающей среды в рубце желудка (то есть, перистальтические движения, отрыжка, отток переваренного и эпителиальные абсорбционные механизмы, если назвать лишь некоторые факторы).

Прямое измерение растворенного диоксида углерода (pCO_2) в рубце желудка, предлагаемое в изобретении, преодолевает все эти проблемы. Датчик растворенного диоксида углерода (pCO_2) размещен внутри жидкости рубца желудка, что дает прямую оценку концентраций растворенного диоксида углерода (pCO_2) и выделения. Следовательно, могут быть определены растворенный диоксид углерода (pCO_2), CER и другие параметры для контроля цикла роста бактерий. Поэтому, изменения и выделение концентраций растворенного диоксида углерода (pCO_2) после приема корма могли бы следовать за ростом бактерий, и контроль концентраций растворенного диоксида углерода (pCO_2) с помощью находящегося в рубце желудка болюса может обеспечивать точное измерение бактериальной ферментации.

Контроль бактериальной ферментации в реальном времени дает возможность влиять на рост бактерий, прежде всего оптимизировать рост бактерий, например, за счет сокращения времени между лаг-фазой и экспоненциальным ростом, или путем определения, когда начинается фаза стационарного роста, и/или путем избегания того, что ферментация в рубце желудка достигнет затухающей фазы роста. Другими словами, синхронизация циклов роста улучшит использование питательных веществ и общее производство побочных продуктов. В конечном счете, большинство побочных продуктов роста бактерий в рубце желудка используется в качестве источника энергии для производства молока, аналогичным образом, большая часть белка в молоке молочного скота происходит из переваривания бактериальных клеток в рубце желудка. Поэтому, оптимальный рост бактерий в рубце желудка будет также означать оптимальное наличие энергии и белка для производства молока.

Идентификация и автоматические предупреждения различных фаз роста бактерий в рубце желудка могут быть использованы фермерами, специалистами по кормлению и консультантами для усовершенствования практики управления кормлением. Например, добавление корма в эти определяющие времена в течение суток могло бы обеспечивать бактерии в рубце желудка свежими питательными веществами и

сокращать время между лаг-фазой и следующим экспоненциальным ростом, усиливая рост бактерий, и увеличивая количество питательных веществ, имеющих для переваривания и поглощения. Поэтому, корректировка практики управления кормлением, например времени кормления, будет улучшать отдачу питательного вещества за счет синхронизации и усиления роста бактерий. Также было показано, что синхронизация снабжения питательными веществами с ростом бактерий в рубце желудка улучшает прием корма, эффективность превращения корма и производство молока у молочного скота.

Другим важным применением могло бы быть использование предупредительных сигналов в результате изменений в росте бактерий для активирования оборудования для кормления (кормушек и роботов обратного магазинного типа) для подачи корма конкретному животному, группе кормления или стаду. Этого можно достигнуть путем передачи информации, полученной из рубца желудка животных или группы коров, оснащенных системой, в реальном времени, на центральную систему обработки данных, которая будет управлять и активировать оборудование для подачи корма. Для этого, система будет предназначена для передачи информации, пока животное доят, или испускания информации на приемники, удобно размещенные вокруг сарая, то есть в области кормления.

С другой стороны, посредством анализа данных о растворенном диоксиде углерода (pCO_2), передаваемых беспроводным образом от одного отдельного животного, группы кормления или стада, может быть установлен наилучший ежедневный порядок кормления для этого индивидуального животного или группы животных. Этот порядок кормления может быть скорректирован после нескольких часов обработки данных, если происходят изменения в диете или компонентах, например открытие новых партий силоса или добавка новых компонентов корма. С помощью этой информации можно получить оптимальный прием корма и можно было бы достигнуть более высокого производства молока с меньшими проблемами кормления.

Контроль роста бактерий и ферментации с использованием датчиков растворенного диоксида углерода (pCO_2) становится более важным, если мы думаем о контроле качества корма и составе корма. Оценка перевариваемости корма для жвачных животных может легко контролироваться, используя систему получения газов *in-vitro*, они дают представление о количестве ферментативного материала, присутствующего в различных компонентах диеты жвачных животных. Эти системы основаны на измерении высвобождения газа из инкубации питательного вещества в герметичном контейнере, что имитирует *in-vitro* ферментацию в рубце желудка, CO_2 является основным газом, собираемым при использовании этой методологии. Диеты молочного скота также составляются в соответствии с содержанием питательных веществ различных компонентов (оцениваемых отдельно), однако, качество и количество питательных веществ в этих компонентах на ферме очень изменчивы. Поэтому смешение и конкретная диета (с несколькими компонентами) не гарантируют обеспечение должного количества питательных веществ для достаточной ферментации и получения молока. Вся эта проблема количества и качества диеты усугубляется привычкой скота выбирать корм во время кормления.

Постоянно находящийся внутри рубца желудка болус растворенного диоксида углерода (pCO_2) и контроль выделения растворенного диоксида углерода (pCO_2) в реальном времени могут быть использованы в качестве контроля перевариваемости диет жвачных животных в реальном масштабе времени аналогичным образом, как и система *in-vitro*. Анализ индивидуальной информации, информации группы кормления и стада обеспечит прямое понимание ферментативного качества корма, который дают этим животным. В связи с тем, что информация о кормлении происходит из истинного приема скота, информация будет лучше отражать питательную ценность рациона, обеспечиваемого каждой отдельной корове, а также всему стаду. Например, спад в фазе экспоненциального роста в рубце желудка мог бы указывать на то, что конкретные диеты имеют недостаток некоторых питательных веществ, требующихся для оптимального роста бактерий, или если стационарная фаза достигается быстрее с другой диетой, это могло бы предполагать, что эта конкретная диета богата высокоферментативным материалом, но могла бы не иметь правильного количества волокна для достаточной ферментации в рубце желудка. Эта информация может быть непосредственно соотнесена с надоем молока для единичного животного или группы коров (то есть, группы кормления), и может быть достигнуто четкое представление о питательной ценности конкретной диеты для кормления скота.

Другими словами, информация, собранная от большой группы животных в стаде, поможет оценить питательную ценность корма, который дают в этом конкретном стаде или группе кормления. Могут быть созданы алгоритмы для генерирования предупреждений в реальном времени о снижении качества корма или недостатке питательных веществ, которые могли бы ограничивать оптимальную ферментацию в рубце желудка (то есть, содержание волокон в диете) и производство молока. Поэтому, фермеры, специалисты по кормлению и консультанты смогут быстро изменять количества и компоненты, чтобы оптимизировать рост бактерий в рубце желудка, увеличивать производство молока и уменьшать связанные с кормлением заболевания. Как указано выше, интеграция с системами автоматического кормления делает возможной оптимизацию диет на повседневной основе, увеличивая производство молока и уменьшая связанные с кормлением заболевания на ферме.

Изменения и насыщение жидкости в рубце желудка растворенным диоксидом углерода (pCO_2) может ограничить или изменить рост бактерий, бактериальный метаболизм и побочные продукты биохимии.

мических реакций бактерий. Контроль концентраций растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) позволит определять, когда достигаются различные пороги, и мог бы быть активирован другой биохимический путь, что могло бы изменить конечные продукты этих реакций. Аналогичным образом, высокие концентрации растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) могли бы переместить популяции бактерий в рубце желудка в группы, которые лучше адаптированы к тем условиям окружающей среды, те бактерии могли бы производить другие конечные продукты, что, в свою очередь, могло бы изменить общие концентрации питательных веществ в рубце желудка.

В качестве примера и в зависимости от других условий окружающей среды (главным образом, температуры) в рубце желудка может быть обнаружен следующий порог. Оптимальный рост бактерий требовал концентраций растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) от ~12 до ~20 мМ, при этих условиях главным продуктом ферментации является уксусная кислота, более высокие концентрации (больше, чем 20 мМ) могли бы увеличить концентрации пропионовой кислоты (~60 мМ оптимально для большого производства пропионовой кислоты в системах периодической загрузки), и мог бы наблюдаться рост производства молочной кислоты (~120 мМ) в результате избыточного накопления растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$).

Контроль концентрации растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) в жидкости рубца желудка поможет фермерам, специалистам в области кормления и консультантам не только идентифицировать факторы риска для здоровья, такие как чрезмерное накопление молочной кислоты и пропионовой кислоты, но и оптимизировать производство пропионовой кислоты (главный источник энергии для скота и для производства белка в молоке) и производство уксусной кислоты (производство жира в молоке) для обеспечения оптимального качества молока (оптимального соотношения белка/жиры в молоке). С помощью этого инструмента фермеры, специалисты в области кормления и консультанты могли бы иметь возможность рассчитывать диеты, которые способствуют лучшей ферментации в рубце желудка для получения оптимального качества молока и могли бы уменьшить число факторов риска, связанных с болезнями, вызванными кормлением. Будут рассчитаны алгоритмы контроля концентрации растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) в реальном времени, дающие соотношение между концентрациями жирных кислот с короткой цепью (пропионовая, уксусная, масляная и молочная кислота), и будут установлены пороги для соотношения этих важных питательных факторов с качеством молока.

Метан (CH_4) является отходным продуктом ферментации и одним из основных парниковых газов в атмосфере, посредством контроля концентраций метана во время ферментации могло бы быть получено хорошее указание количества метана, произведенного конкретными животными и/или диетой. Концентрации растворенного CH_4 могут быть измерены прямо с помощью специфического NIRS-датчика для метана, и выделение метана в течение суток даст хорошее указание количества CH_4 , произведенного в расчете на определенное животное, группу животных и диет.

Комбинация информации датчика метана с данными по надою молока в расчете на отдельных животных, группы кормления или стада дадут специалистам в области кормления и фермерам возможность адаптировать диеты и сводить к минимуму выбросы метана.

За счет использования диет, которые могут достигнуть уменьшения производства метана во время ферментации, фермеры могли бы получать более высокую эффективность превращения кормов (больше молока, полученного на килограмм кормов) или селекцию животных, которые переваривают диеты с более высокой эффективностью превращения (производящие больше питательных веществ и меньше метана).

Косвенный подход к измерению эффективности превращения и выбросов метана состоит в том, что вместо этого измеряют концентрации растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$). Существует прямая связь между производством CO_2 и CH_4 в рубце желудка, метаногенные бактерии производят CH_4 за счет восстановления H_2 и CO_2 , этот процесс является оптимальным при более низких концентрациях растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) (<60 мМ), в то время как более высокие концентрации растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) будут склоняться к уменьшению образования CH_4 , так как предпочтение будет отдаваться другим метаболическим путям производства энергии, и/или другие популяции бактерий, лучше адаптированные к процветанию в условиях высокого содержания CO_2 , замещают метаногены. Поэтому, каталогизация животных между производителем высокого и низкого содержания растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) могло бы обнаружить, что животные с более высокими концентрациями растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) или ежедневным выделением имеют склонность к производству меньшего количества метана и преобразуют корм более эффективно, чем выделяющие малое количество растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$).

Аналогичным образом, популяции бактерий в рубце желудка являются уникальными и очень стабильными для каждого отдельного животного, стада или группы животных. Установление и поддержание конкретной популяции бактерий зависит от диеты, которую получали животные, но также и от условий внутренней среды рубца желудка, прежде всего концентрации растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$). Следовательно, характеристика ферментации, измеряемая посредством контроля концентраций растворенного диоксида углерода ($p\text{CO}_2$) и выделения, будет показывать, какие животные более эффективны в поддержании большой биомассы бактерий, которые способны переваривать питательные веще-

ства более эффективно (меньше отходов в форме CH_4). Связь между выделением растворенного диоксида углерода (pCO_2) и производством молока животным могла бы быть прямым способом оценки ферментативной эффективности и косвенным способом определения выделителей большого количества метана.

Будут созданы алгоритмы и уравнения, чтобы ясным и последовательным образом показать различия между животными, группами и стадами и внутри них. Аналогично, производство метана может контролироваться извне и величины, соотношенные с концентрацией растворенного диоксида углерода (pCO_2) и выделением, могут измеряться непосредственно. Путем комбинирования выбросов CH_4 (реальных или оценочных), выделений растворенного диоксида углерода (pCO_2) и индивидуальной информации о молоке, мы можем иметь близкое приближение по эффективности превращения корма и выбросам метана. Информация может быть использована скотоводами, специалистами в области кормления, фермерами и консультантами для селекции более эффективных животных (более высокая эффективность превращения корма, меньше выбросов CH_4) аналогичным образом, информация могла бы быть использована для выбора наиболее эффективных диет или питательных веществ для минимизации потерь энергии и выбросов CH_4 на основе группы или стада (оптимальная эффективность превращения корма для производства молока).

Хотя здесь изобретение показано и описано как реализованное в способе и устройстве для контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, тем не менее, не предполагается, что оно ограничено показанными деталями, поскольку в нем могут быть произведены различные модификации и структурные изменения, не выходя за рамки сущности изобретения, и в объеме и пределах эквивалентов пунктов формулы изобретения.

Однако конструкция и способ использования изобретения вместе с его дополнительными целями и преимуществами будут поняты из следующего описания конкретных вариантов осуществления при прочтении в связи с сопровождающими его чертежами.

Показано на:

фиг. 1: пример устройства для контроля кормления в рубце желудка жвачного животного,

фиг. 2: пример соотношения между концентрацией растворенного диоксида углерода в рубце желудка и соответствующими величинами рН, и

фиг. 3: пример доильного зала с элементом связи для коммуникации с устройством для контроля величины рН в рубце желудка жвачного животного.

Фиг. 1 показывает пример устройства 1 для контроля кормления, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, причем определяется показатель растворенного диоксида углерода внутри рубца желудка. Это устройство 1 содержит измерительный элемент 2 с измерительной камерой 3. Кроме того, оно содержит первый элемент 4 связи. Измерительная камера 3 ограничена отражательной поверхностью 5. Измерительная камера 3 и отражательная поверхность 5 полностью покрыты ПТФЭ-мембраной 6, допускающей диффузию диоксида углерода, растворенного в жидкости рубца желудка, окружающей устройство 1, в измерительную камеру 3. Там, из СИДа в измерительном элементе 2 излучается инфракрасный свет через стеклянную крышку 7 в измерительную камеру 3. Свет проходит газ в измерительной камере 3, отражается отражательной поверхностью 5 и измеряется в измерительном элементе 2. Из света, измеряемого в измерительном элементе 2, может быть сделан вывод о содержании диоксида углерода в измерительной камере 3, следуя обычным принципам NDIR-датчика. Предполагается равновесие между газом, растворенным в жидкости рубца желудка, и в измерительной камере 3. Это делает возможным контроль концентрации растворенного диоксида углерода в жидкости рубца желудка.

Собранные данные могут быть соотношены с величиной рН с помощью корреляционного средства 12, являющегося частью блока 8 управления, имеющего память для хранения данных. Блок 8 управления может быть частью вычислительного блока и/или может содержать интегральные схемы. Способ согласно настоящему изобретению предпочтительно может быть реализован в блоке 8 управления или с помощью блока 8 управления. Соотношенная величина рН и/или концентрация растворенного диоксида углерода может быть передана на - не показанный - второй элемент связи через первый элемент 4 связи. Кроме того, устройство 1 содержит батарею 9 для обеспечения электрической энергией первого элемента 4 связи, блока 8 управления и измерительного элемента 2. Первый элемент 4 связи, батарея 9, блок 8 управления и измерительный элемент 2 покрыты футляром 11, изготовленным из нержавеющей стали, чтобы решить возможные проблемы коррозии.

Измерительный элемент 2 также содержит датчик 10 температуры.

Фиг. 2 показывает одно возможное соотношение между измеренной концентрацией растворенного диоксида углерода и величиной рН в жидкости рубца желудка. Измерение концентрации растворенного диоксида углерода (показано на оси у диаграммы) соотносено с рядом величин рН (показаны на оси х диаграммы). Это позволяет соотнести одну концентрацию растворенного диоксида углерода с диапазоном величин рН. Если воздействие на животное, например, относительно ацидоза, контролируется на основе измеренных величин, является возможным использовать минимальную величину рН диапазона, чтобы сделать возможное соотношение с одной единственной величиной рН, которая является релевантной для понимания возможного ацидоза, который должен развиваться у животного.

Фиг. 3 показывает пример доильного зала с элементом связи для коммуникации с устройством для

контроля величины рН в рубце желудка жвачного животного. Фиг. 3, в качестве примера, показывает молочную ферму. Молочная ферма имеет различные зоны для жвачных животных. Жвачные животные 13 могут посещать, например, кормовой стол 14, область 1 для лежания или систему 16 автоматического доения, в качестве примеров. Внутри молочной фермы размещены вторые элементы 20 связи. Вторые элементы 20 связи могут вступать в контакт и запрашивать беспроводную информацию у первых элементов связи, которые размещены в рубце желудка жвачных животных. Вторые элементы 20 связи коммуницируют с центральной системой 18 обработки данных. Центральная система 18 обработки данных является частью системы управления молочной фермой. Данные, которые передаются на центральную систему обработки данных, могут обрабатываться и анализироваться центральной системой обработки данных. Посредством беспроводной связи данные, полученные центральной системой обработки данных, могут передаваться, например, на центральный сервер 17 или в офис 19 фермера.

Перечень ссылок на обозначения

1	Устройство для контроля величины рН в рубце желудка жвачного животного
2	Измерительный элемент
3	Измерительная камера
4	Первый элемент связи
5	Отражательная поверхность
6	ПТФЭ-мембрана
7	Стеклянная крышка
8	Блок управления
9	Батарея
10	Датчик температуры
11	Футляр
12	Корреляционное средство
13	Жвачное животное
14	Кормовой стол
15	Область для лежания
16	Система автоматического доения
17	Центральный сервер
18	Центральная система обработки данных
19	Офис фермера
20	Вторые элементы связи

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля кормления жвачного животного, прежде всего ферментации в рубце желудка жвачного животного, в котором наступление обусловленных кормлением синдромов и болезней, связанных с задержкой газов и/или пенообразованием в желудочно-кишечном тракте жвачных животных, определяют путем измерения концентрации растворенного диоксида углерода внутри рубца и/или сетки желудка как отдельного показателя.

2. Способ по п.1, в котором концентрацию растворенного диоксида углерода измеряют в дискретные моменты времени.

3. Способ по п.1 или 2, в котором измеренную концентрацию растворенного диоксида углерода соотносят по меньшей мере с одной соответствующей величиной рН в соответствии с уравнением:

$$pH = pK_{eq} + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

где K_{eq} - константа, характеризующая равновесие между концентрацией растворенного диоксида углерода и концентрацией гидрокарбоната.

4. Способ по пп.1, 2 или 3, в котором концентрацию растворенного диоксида углерода измеряют с использованием зонда с активным инфракрасным датчиком, содержащим источник инфракрасного излучения и инфракрасный детектор, способный принимать излучаемое источником инфракрасное излучение после его прохождения через пробу жидкости, в которой растворен диоксид углерода.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором данные измеренной концентрации растворенного диоксида углерода передают беспроводным способом посредством зонда, находящегося в рубце желудка жвачного животного, на приемник, находящийся вне жвачного животного.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором для повышения качества данных о концентрации растворенного диоксида углерода измеряют температуру в рубце и/или сетке желудка.

7. Устройство (1) для получения и передачи данных, используемых при осуществлении способа по любому из пп.1-6, содержащее следующие элементы:

а) по меньшей мере один измерительный элемент (2) для измерения концентрации растворенного диоксида углерода в рубце желудка и/или сетке желудка, и

б) по меньшей мере один первый элемент (4) связи для беспроводной передачи данных на соответствующий второй элемент (20) связи вне жвачного животного,

причем устройство (1) выполнено в виде зонда, предназначенного для орального введения жвачному животному и постоянного нахождения в рубце его желудка.

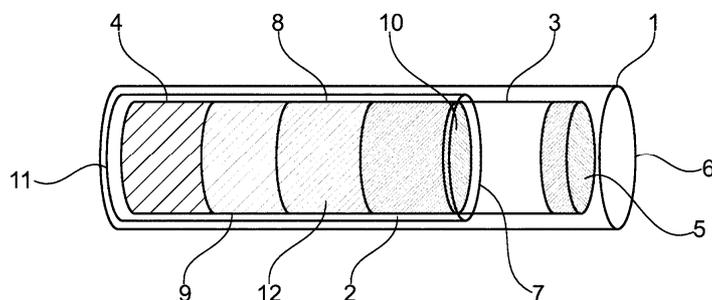
8. Устройство (1) по п.7, в котором измерительный элемент (2) представляет собой зонд с по меньшей мере одним активным инфракрасным датчиком, содержащим источник инфракрасного излучения и инфракрасный детектор, способный принимать излучаемое источником инфракрасное излучение после его прохождения через пробу жидкости, в которой растворен диоксид углерода.

9. Устройство (1) по п.7 или 8, также содержащее температурный датчик для измерения температуры в рубце желудка для повышения качества данных о концентрации растворенного диоксида углерода.

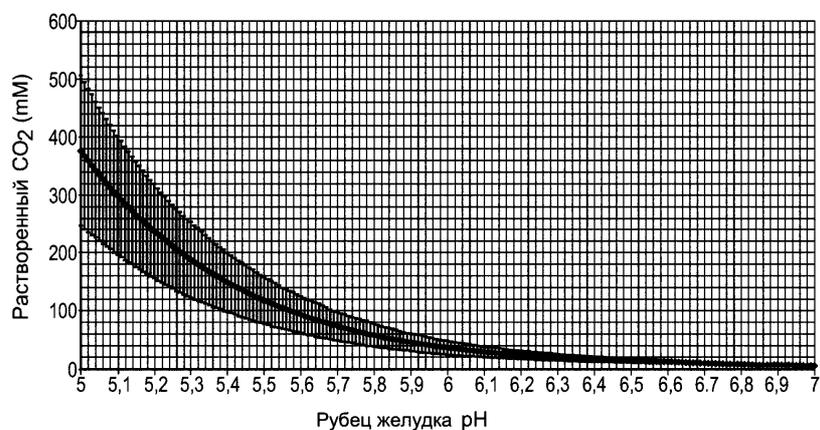
10. Устройство (1) по любому из пп.7-9, также содержащее корреляционное средство (12), являющееся частью блока (8) управления, имеющего память для хранения данных, для соотнесения концентрации растворенного диоксида углерода по меньшей мере с одной величиной рН.

11. Устройство по любому из пп.7-10, также содержащее футляр (11), по меньшей мере, частично, изготовленный из нержавеющей стали.

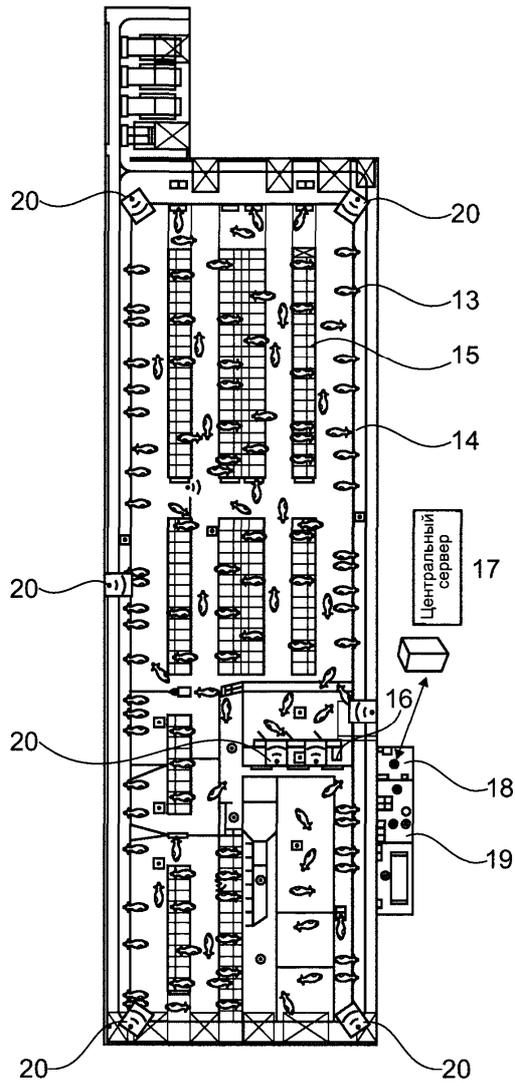
12. Устройство (1) по п.7, в котором измерительный элемент включает в себя датчик рН в рубце желудка и/или сетке желудка.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3