

# ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ



Научная статья

УДК 619:616.5:615636.8

<https://doi.org/10.23947/2949-4826-2023-22-3-32-44>



## Разработка устройства для оценки эмоционального состояния собак-компаньонов на основе анализа вокализаций при тревожности и лае

А.В. Авиллов, А.С. Фомина  , П.Г. Скубак , Т.К. Крахмалев, А.М. Ермаков 

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 [a\\_bogun@mail.ru](mailto:a_bogun@mail.ru)

### Аннотация

**Введение.** Поведение собак, их социализация, взаимодействие с человеком являются ключевыми факторами при оценке рисков увеличения количества инцидентов, связанных с развитием у них тревожности. Прежде всего, недостаточность знаний о причинах проблемного поведения животных и высокая индивидуальная вариабельность поведенческих паттернов определяют актуальность данной работы. Кроме того, разные методы практикующих специалистов, отсутствие данных об учете взаимовлияния владельцев и животных приводит к некорректному формированию разнородной информации о выявлении и коррекции проблемного поведения собак-компаньонов. Цель авторов данной статьи — разработка устройства для регистрации тревожного и агрессивного поведения собак с помощью анализа интервалограмм и спектрограмм вокализаций.

**Материалы и методы.** Записи вокализаций собак (250 записей) были получены в результате наблюдений авторов в городе Ростове-на-Дону в период с весны по осень 2021 года. Повышения интенсивности сигнала регистрировались с помощью датчика шума или микрофона. Амплитуда и длительность сигнала определялись с помощью микроконтроллера. Для написания программы и прошивки микроконтроллера использовалась среда программирования Arduino Software (IDE). В программе были использованы таймеры, которые позволяют рассчитывать количество миллисекунд от начала и до конца события, а также применялись счетчики количества событий за определенный момент времени.

**Результаты исследования.** Разработана и описана структурная схема устройства для регистрации и классификации вокализаций собак как маркер тревожности поведения. Предложен алгоритм для оценки типа деятельности животного при вокализации. Разработан прототип устройства, позволяющего на основе расчета и анализа интервалограмм вокализаций определять и отправлять в телеграм-бот информацию о тревожности собаки, данные об активности животного и температуре окружающего воздуха.

**Обсуждение и заключение.** Значение данной разработки определяется созданием прототипа программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего объективный анализ информации об изменениях в поведении собак в режиме реального времени. Применение комплекса позволяет оценить поведение собак и дать возможность получить новые данные о вероятности возникновения нарушений поведения животных, обусловленных высоким уровнем тревожности. Комплекс может выступать прототипом для создания систем отслеживания и идентификации поведения других видов животных, в т. ч. в условиях города.

**Ключевые слова:** устройство, вокализация, лай, частота, собака, тревожное поведение

**Финансирование.** Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта для реализации научно-исследовательских проектов, выполняемых под руководством молодых ученых ДГТУ «Наука-2030» (2022–2023 г.).

**Для цитирования:** Авиллов А.В., Фомина А.С., Скубак П.Г., Крахмалев Т.К., Ермаков А.М. Разработка устройства для оценки эмоционального состояния собак-компаньонов на основе анализа вокализаций при тревожности и лае. *Ветеринарная патология*. 2023;22(3):32–44. <https://doi.org/10.23947/2949-4826-2023-22-3-32-44>

## Development of a Device for Assessing the Emotional State of Companion Dogs Based on the Analysis of Vocalizations Associated with Anxiety and Barking

Alexey V. Avilov, Anna S. Fomina  , Pavel G. Skubak , Tikhon K. Krakhmalev, Alexey M Ermakov 

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 [a\\_bogun@mail.ru](mailto:a_bogun@mail.ru)

### Abstract.

**Introduction.** Canine behaviour, socialization and interaction of dogs with humans are the key factors to be assessed among the risks inducing the increase of incidents related with development of anxiety in dogs. First of all, the lack of knowledge about the reasons of problem behaviour in animals and the high individual variability of behavioural patterns explain the relevance of this work. Moreover, the different methods used by the practitioners and absence of traceability of the owner-animal interaction record lead to the incorrect accumulation of diverse information about the identification and correction of companion dogs' problem behaviour. The authors of this article aimed to develop a device for registering anxious and aggressive behaviour in dogs by analysing the intervalograms and spectrograms of vocalizations.

**Materials and Methods.** The recordings of canine vocalizations (250 recordings) were obtained as a result of authors' observations carried out in Rostov-on-Don in the period from spring to autumn 2021. The growth of signal intensity was detected by a noise sensor or microphone. The amplitude and duration of the signal were determined by a microcontroller. The Arduino Integrated Development Environment (IDE) was used for writing a programme and flashing the microcontroller. The timers calculating the number of milliseconds from the beginning to the end of an event were implemented in the programme, also, the counters measuring the number of the events within a certain period of time were used.

**Results.** A flowchart of the device for registering and classifying canine vocalizations, which are considered to be the behavioural anxiety markers, has been developed and described. The algorithm for assessing the type of animal activity during vocalization has been suggested. The device prototype has been developed, which enables determination and sending to a Telegram chat bot the data on dog's anxiety and activity, as well as on the ambient temperature, based on the calculation and analysis of the vocalizations intervalograms.

**Discussion and Conclusion.** The significance of the present development lies in creation of the hardware and software complex prototype that provides the unbiased analysis of the information about changes in canine behaviour in the real time. The implementation of this complex makes it possible to assess the canine behaviour and provides the opportunity to obtain the new data on probability of behavioural disorders in animals caused by a high level of anxiety. The complex can serve as a prototype for creating the systems for tracking and identifying other animal species' behaviour (including in the urban settings).

**Key words:** device, vocalization, barking, frequency, dog, anxious behaviour

**Funding:** Financial support for preparing the article was provided in the frame of DSTU grant "Science-2030" (2022–2023) for implementation of the research projects carried out under the supervision of young scientists.

**For citation.** Avilov AV, Fomina AS, Skubak PG, Krakhmalev TK, Ermakov AM. Development of a Device for Assessing the Emotional State of Companion Dogs Based on the Analysis of Vocalizations Associated with Anxiety and Barking. *Veterinary Pathology*. 2023;22(3):32–44. <https://doi.org/10.23947/2949-4826-2023-22-3-32-44>

**Введение.** В последние годы в мировой науке отмечается интерес к разработке объективных методов оценки поведения домашних животных-компаньонов. Необходимость получения такой оценки связана с наличием в обществе устойчивого запроса со стороны владельцев собак и ветеринарных врачей [1–11]. Проблемы поведения домашних животных, их социализации, взаимодействия с человеком являются ключевыми при оценке рисков возникновения инцидентов, связанных с укусами и нанесением травм как человеку, так и другим животным. Недостаточные знания о причинах проблемного поведения животных, высокая индивидуальная вариабельность поведенческих паттернов, разные подходы к данной теме практикующих специалистов, отсутствие учета взаимовлияния владельцев и животных приводят к использованию крайне разнородных методов выявления и коррекции поведения животных-компаньонов.

Многофакторный подход к изучению свободного поведения животных — Qualitative Behavioural Assessment (QBA) — способствует пониманию состояния собаки, выявлению признаков дезадаптации. Для продуктивных животных имеются многочисленные данные о корреляции показателей QBA с физиологическими признаками стресса, однако исследования по домашним собакам немногочисленны. Одной из причин этого является отсутствие технических решений для качественной регистрации и объективной оценки эмоциональных состояний животных.

Для комплексной оценки состояния собак с использованием автоматизированных систем наиболее перспективным является сочетанный анализ видеофиксации поведения собак и вокализаций. Звуковые проявления поведения собаки (лай, рычание, вой), по данным научной литературы, могут использоваться как показатели эмоциональных состояний [12–16], в то время как

характеристики двигательной активности с большей вероятностью отражают нарушения поведения [17, 18]. Комплексная оценка движений и вокализаций позволяет произвести объективный анализ поведения [9].

Избыточный лай как проявление тревоги разлуки указывается владельцами в качестве существенной поведенческой проблемы. Хотя лай собак является нормальным и естественным способом коммуникации животных, избыточные вокализации (особенно в сочетании с разрушающим поведением) могут стать причиной возникновения конфликтных ситуаций. Лай, скуление и вой расцениваются как одни из наиболее раздражающих видов шума в условиях города. В качестве ключевых факторов риска избыточных вокализаций в дневное и ночное время рассматриваются молодой возраст собаки, совместное проживание животных, породные особенности, длительное отсутствие владельцев и возможности свободного выгула [19, 20]. При этом не менее 15 % владельцев собак готовы приобрести устройства или иные средства для информирования об избыточном лае и возможности его предотвращения [20].

В основе возможности распознавания индивидуальных голосов собак лежат анатомические различия в строении гортани и голосовых связок [21, 22]. Эмоциональные проявления вокализаций возникают за счет изменений гармонической структуры звука, воспроизводимого в гортани, и вызываемых рассинхронизацией колебаний двух голосовых связок [23]. Именно на несинхронной вибрации голосовых связок и гортани основано применение электрических ошейников для прекращения нежелательного лая [24].

Предполагается влияние контекста ситуации при записи/прослушивании лая на эффективность различения вокализаций. Более эффективное распознавание эмоциональной окраски лая происходит при реакции собаки на незнакомого человека, по сравнению с реакцией на владельца [21, 22]. Также эффективность распознавания определяется соотношением гармоник к шуму при записи сигнала [14, 21, 22].

Для собак характерна атрибуция размеров тела по голосовому сигналу [25, 26]. Данное явление изучено для рычания. Утверждается, что именно этот тип вокализаций отражает размер тела собак за счет резонанса голосового тракта и скорости вибрации голосовых связок [25]. В частности, для крупных собак с длинным голосовым трактом свойственно более низкое рычание. Показано, что линейный размер тела собак кодируется в частотных переменных вокализации, тогда как корреляций с временными переменными не выявлено [27]. Сопоставление частоты вокализаций и размера тела рассматривается как один из способов эффективных внутригрупповых взаимодействий [16, 25]. Это опровергает предположение о прекращении в результате доместикикации использования лаем собаками-компаньонами как способа социальных взаимодействий с человеком и другими животными [13, 16, 21, 22, 28–30].

В связи с распространенностью такого поведенческого нарушения, как избыточный лай, в зарубежной литературе рассматривается ряд средств, направленных на определение его причин и дальнейшее предотвращение. При этом электрические ошейники заменяются более гуманными средствами воздействия, показывающими высокий уровень эффективности. Это может быть, например, применение кормовых добавок из плаценты лошадей для пожилых собак с когнитивны-

ми расстройствами, сопровождающимися избыточным лаем в ночное время [31].

Проводились также исследования эффективности применения ошейника с распылителем спрея с цитронеллой [24, 32–34]. Показано, что при его применении у 76,7 % собак наблюдалось снижение частоты лае, тогда как при применении ошейника с распылением неароматизированной жидкости — у 58,6 % собак [33]. Аналогичные данные получены в исследовании Sargisson с соавторами, в которых оценивались эффективность ошейников с цитронеллой (ошейник Aboistop), по сравнению с электрошоковыми ошейниками для уменьшения проблем с избыточной вокализацией домашних собак [24].

В похожем, но более раннем исследовании применение ошейника с распылителем цитронеллы при нежелательном лае приводило к снижению частоты вокализации у 88,9 % собак, тогда как использование электронных ошейников — у 44,4 % [32]. Кроме того, применение ошейников из цитронеллы расценивалось владельцами как наиболее гуманное. Авторы исследований называют ограничения для применения подобного метода снижения вокализаций: возможность аллергических реакций, проявление стресса, а также эффективность его использования в самом начале появления признаков проблемного поведения [24, 33]. В то же время по показателям уровня кортизола в сыворотке крови не отмечается различий при применении электрических ошейников и ошейников с цитронеллой [34]. Более эффективным является периодическое (до 30 минут в сутки) ношение ошейника с цитронеллой по сравнению с постоянным ношением [35].

Добавочными средствами для снижения избыточных вокализаций при тревоге разлуки являются увеличение частоты контактов собаки с человеком и другими животными, визуальное и ольфакторное знакомство с окружающей средой [36].

Ключевыми показателями для оценки лае являются амплитудный диапазон, минимальная частота, продолжительность и средняя частота [29]. Тихий лай с высокой частотой криков и длинными интервалами между ними расценивается человеком как признак страха или игры, а громкий низкочастотный лай с короткими интервалами между криками — как агрессивный и беспокойный [13, 28, 29]. Поскольку изменение параметров вокализации зависит от контекста, это дает основание классифицировать лай по контекстно-зависимым подтипам [37–40]. Данная классификация позволяет использовать вокализации собак как маркеры их тревожного и агрессивного поведения.

Вокализации собак могут быть классифицированы как лай, рычание, скуление и вой [13, 16–18]. Как было установлено при проведении акустического анализа вокализаций [13, 16, 17, 25, 27], лай собак представляет собой частотно-модулированные и гармонически структурированные крики, основная частота которых находится в диапазоне 30–13 000 Гц [41]. Поскольку акустические характеристики лае собак различаются в зависимости от контекста ситуации (испуг, агрессия, игра, дружелюбие и т. д.), разработка программно-аппаратных комплексов для анализа вокализаций является перспективным подходом к распознаванию и коррекции проблемного поведения и его причин.

Отдельный пласт исследований посвящен анализу эффективности применения акселерометров для контроля уровня активности собак, как здоровых, так и с

различными заболеваниями [42]. Акселерометры представляют собой небольшие устройства, закрепляемые на теле собаки — на ошейнике или корпусе. Ограничениями для применения метода акселерометрии являются короткое время регистрации активности собаки и необходимость жесткой фиксации прибора, т. к. аппаратные помехи могут существенно исказить полученные результаты [43, 44]. Кроме того, прямая оценка активности животных рассматривается как непрacticalная при необходимости длительного мониторинга [44]. Также в литературе отсутствуют исследования о корреляции показателей акселерометрии и эмоционального состояния животных.

Проведённые исследования подтверждают имеющийся в ветеринарии и кинологии запрос на разработку технических решений для объективной оценки физического и психоэмоционального состояния животных. При этом авторами данной статьи не обнаружены разработки, позволяющие определить состояние животных на основе анализа вокализаций. Поскольку в зарубежной литературе вопросы анализа и контроля поведения собак в последние годы приобретают все большую популярность, а в российских исследованиях таких данных не имеется, разработка отечественных приборов и их представление широкому кругу ветеринарных экспертов и владельцев животных становится все более актуальными. Это связано еще и с необъективностью опросных методов для владельцев, поскольку существуют риски неверной оценки ситуации владельцами или предоставления недостоверной информации. Подобные устройства могут и должны использоваться для контроля психоэмоционального состояния собак-компаньонов, служебных собак. Не вызывает сомнений актуальность анализа позы и вокализации животного при осмотрах в ветеринарной клинике, дрессировке.

**Материалы и методы исследования.** Начальная методика классификации вокализаций собак как маркера тревожности или агрессивного поведения описана в статье «Методика классификации вокализации собак как маркера тревожного или агрессивного поведения» [37]. Каждый фрагмент вокализаций (длительность не менее одной и не более четырех секунд) анализировался с применением стандартного программного комплекса Audacity, позволяющего обрабатывать, редактировать, выделять фрагменты вокализаций. Это дало возможность определить длительность и амплитудно-частотные характеристики вокализаций. Оценка амплитудно-частотных характеристик проводилась для каждой записи индивидуально, поскольку разные собаки отличаются различными периодограммами и

интервалограммами в зависимости от ситуации, размера тела и породы. Данные были отсортированы и отфильтрованы от посторонних шумов. Для фильтрации шума использовался цифровой фильтр Баттерворта.

Акустический анализ проводился с использованием микрофона Behringer XM8500 с частотой дискретизации 44 кГц и широкой полосой пропускания частот от 50 Гц до 15 кГц.

Звуковые данные были получены из несжатого формата wav, который может преобразовывать аналоговые звуки в цифровые без потери данных. Амплитуда и длительность сигнала регистрировались с помощью микроконтроллера, который производил обработку и классифицировал события тревоги у животного. После обработки и классификации вокализаций данные о каждом голосовом событии с пометкой об уровне тревожности животного передавались владельцу на удаленный сервер и телеграм-бот.

Оптимальными показателями для разработки прибора по итогам предварительного и настоящего исследований стали последовательности длительности вокализаций (интервалограмма), изменение амплитуды вокализаций в течение определенного времени (спектрограмма) и количество вокализаций [37]. В совокупности данные показатели могут использоваться как маркер для оценки уровня тревожности.

**Результаты исследования.** На основании полученных при проведении предварительного исследования данных было установлено, что на спектрограммах вокализаций собак наблюдается повтор определенных паттернов в результате сходной формы интонирования нескольких фрагментов [37]. Фрагменты характеризовались одинаковыми тональностями и изменениями звуковысотности, а также повторяющимися нелинейностями. Моды колебаний при одном фрагменте вокализации характерно меняются в динамике. Для классификации вокализаций собак и подготовки материала для разработки прототипа устройства были использованы основные 1–4 гармоники колебаний, т. к. для всех исследуемых записей они хорошо определялись.

Было установлено, что при скулении, в сравнении с другими видами активности собаки, спектрограммы показывают значимые различия в длительности сигнала. Продолжительность вокализации при скулении составляла от двух до четырех секунд с четкими модами колебаний голосовых связок в спектре (диапазон от 500 до 300 Гц, нелинейная динамика). Для сравнения, при интенсивном лае различий в спектре по модам колебаний не выявляется, и данный вид вокализаций может классифицироваться как шум.



Рис. 1. Виды спектрограмм вокализаций собаки в зависимости от активности

Проведенный анализ вокализаций позволил определить, что наиболее информативными маркерами для классификации звуковых сигналов собак являются длительность вокализации (интервалограмма) и количество событий. Изменение амплитуды в течение определенного времени использовано для вывода устройства из спящего режима и начала записи события. На рис. 1 показаны смоделированные на основе собственных данных виды спектрограмм вокализации собаки в зависимости от активности. Необходимо учитывать, что низкий тембр лая с короткими интервалами между отдельными криками расценивается человеком как признак агрессии, а высокий тембр с длинными интервалами — как доброжелательность [12–14, 16]. Показана корреляция длинных высоких звуков лая с состоянием страха, длинных низких — с агрессией, а коротких высокочастотных — с положительно окрашенными эмоциями [14].

На основании проведенного исследования, а также данных предварительного исследования разработан опытный образец на базе микроконтроллера ATmega328, который имеет 14 цифровых входных/выходных контактов (из которых шесть могут использоваться как выходы ШИМ), шесть аналоговых входов, керамический резонатор 16 МГц, USB-соединение, разъем питания, разъем ICSP и кнопку сброса. Для записи звука был выбран модуль электрретного микрофона с полосой пропускания 20 Гц–20 кГц и специального усилителя на чипе MAX9814 фирмы Maxim. Как показал опыт, эта микросхема лучше усиливает акустические сигналы, по сравнению с другими усилителями, благодаря встроенной автоматической регулировке усиления (АРУ), которая подавляет громкие и усиливает тихие звуки. Так как вокализация собак имеет быструю динамику изменения спектрограмм и интервалограмм, выбранный микрофон с широкой полосой

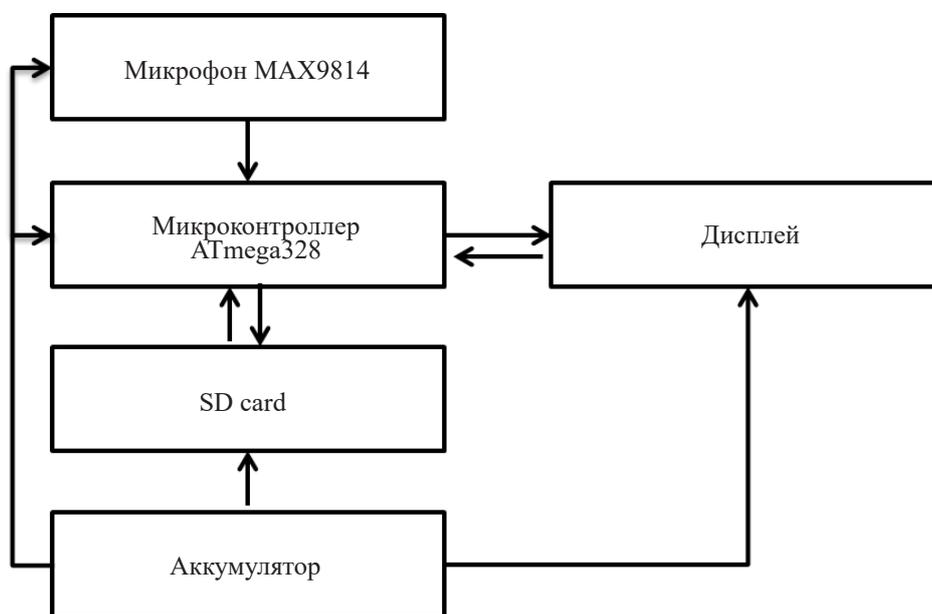


Рис. 2. Структурная схема устройства для регистрации тревоги собак

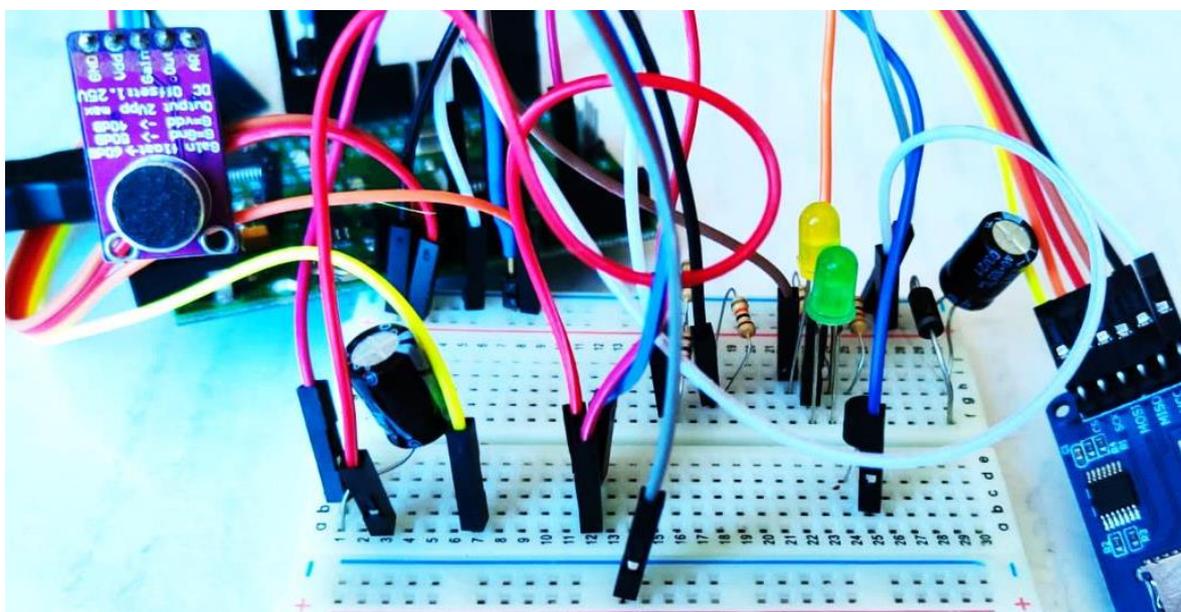


Рис. 3. Опытный образец устройства-регистратора для отслеживания тревожного и агрессивного поведения собак

пропускания отлично подходит для записи таких сигналов. В модуле микрофона присутствует дополнительный вход GAIN, с помощью которого регулируется усиление сигнала. По умолчанию, то есть без подключения этого входа, максимальное усиление составит 60 дБ, а если подключить вывод к «земле», то усиление составит 50 дБ, и минимальное усиление 40 дБ можно получить при подключении этого вывода к линии питания. Необходимо отметить, что микрофон имеет достаточно низкий уровень вносимых шумов.

Для записи и сохранения данных о вокализации собак используется MicroSD карта, что позволяет проводить дополнительные исследования вокализаций и их обработку.

Модуль микрофона MAX9814 регистрирует повышение уровня записываемого сигнала и передает его в микроконтроллер, который преобразовывает, записывает его в wav формат с сохранением на MicroSD карте с помощью модуля чтения/записи SD карт, подключенного к микроконтроллеру. MicroSD модуль представляет собой законченную плату, на которой помещены слот для карты, резисторы и регулятор напряжений. Питается плата рабочим напряжением от 4,5 до 5 Вт, с поддержкой 2 Гб, с небольшим потребляемым током 80 мА.

Модуль SD карты реализует такие функции, как хранение, чтение и запись информации по вокализации собак в формате wav на карту.

Для вывода сообщений используется монитор порта, встроенный в программную оболочку Arduino Software и символьный дисплей LCD1602 I2C, экран которого отображает одновременно до 32 символов (16 столбцов, две строки). Дисплей оснащён платой-конвертером для преобразования параллельного 8-битного интерфейса дисплея в шину I2C, по которой он и подключается к микроконтроллеру.

Для автономной работы устройства необходимо установить аккумулятор. Уменьшение тактовой частоты микроконтроллера позволит снизить расход энергии и продлить время автономной работы. Для это-

го можно использовать предделитель тактовой частоты (System Clock Prescaler).

Структурная схема для системы анализа, сбора и записи вокализаций собак представлена на рис. 2. После сборки опытного образца устройства-регистратора (рис. 3) для отслеживания тревожного поведения собак по структурной схеме, показанной на рис. 2, проведено тестирование работы алгоритма, приведенного на рис. 4, а также определена правильность фрагмента программы для испытаний опытного образца (рис. 5).

Для написания программы и прошивки микроконтроллера использована открытая и свободно распространяемая среда программирования Arduino Software (IDE), представленная на рис. 5: слева показана работа алгоритма и определение тревожного состояния собаки при подсчете количества вокализаций и длительности вокализаций в минуту, а справа — фрагмент программы для микроконтроллера. В программе использованы таймеры, которые позволяют рассчитать количество миллисекунд с начала и до конца события, а также счетчики количества событий за определенный момент времени.

В настоящее время разработан прототип устройства с учетом особенностей активности собак (рис. 6). Устройство позволяет регистрировать с оповещением в телеграм-бот состояние тревоги (скуление или активный лай), температуру окружающего воздуха (для понимания, находится собака на улице или в помещении), активность животного в течение дня (количество пройденных шагов). Разрабатываемый прибор может быть использован в широком диапазоне условий. Герметичный корпус позволяет применять его как в помещениях (частное домовладение, городская квартира и др.), так и во время выгула животных при необходимости мониторинга его состояния.

**Обсуждение и заключение.** В Российской Федерации исследования вокализаций и двигательных паттернов собак немногочисленны и связаны, как правило, с коррекцией агрессивного поведения и/или нарушений социализации у рабочих собак. Предлагаемая

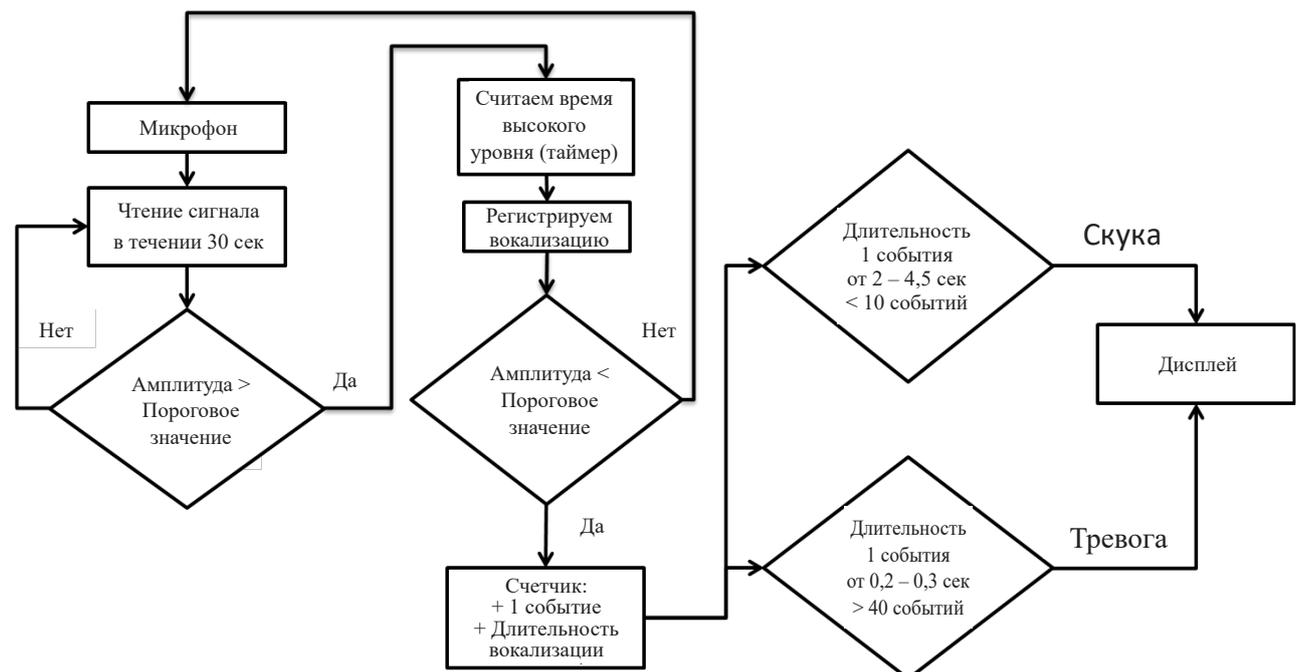


Рис. 4. Алгоритм регистрации типа деятельности животного при вокализации

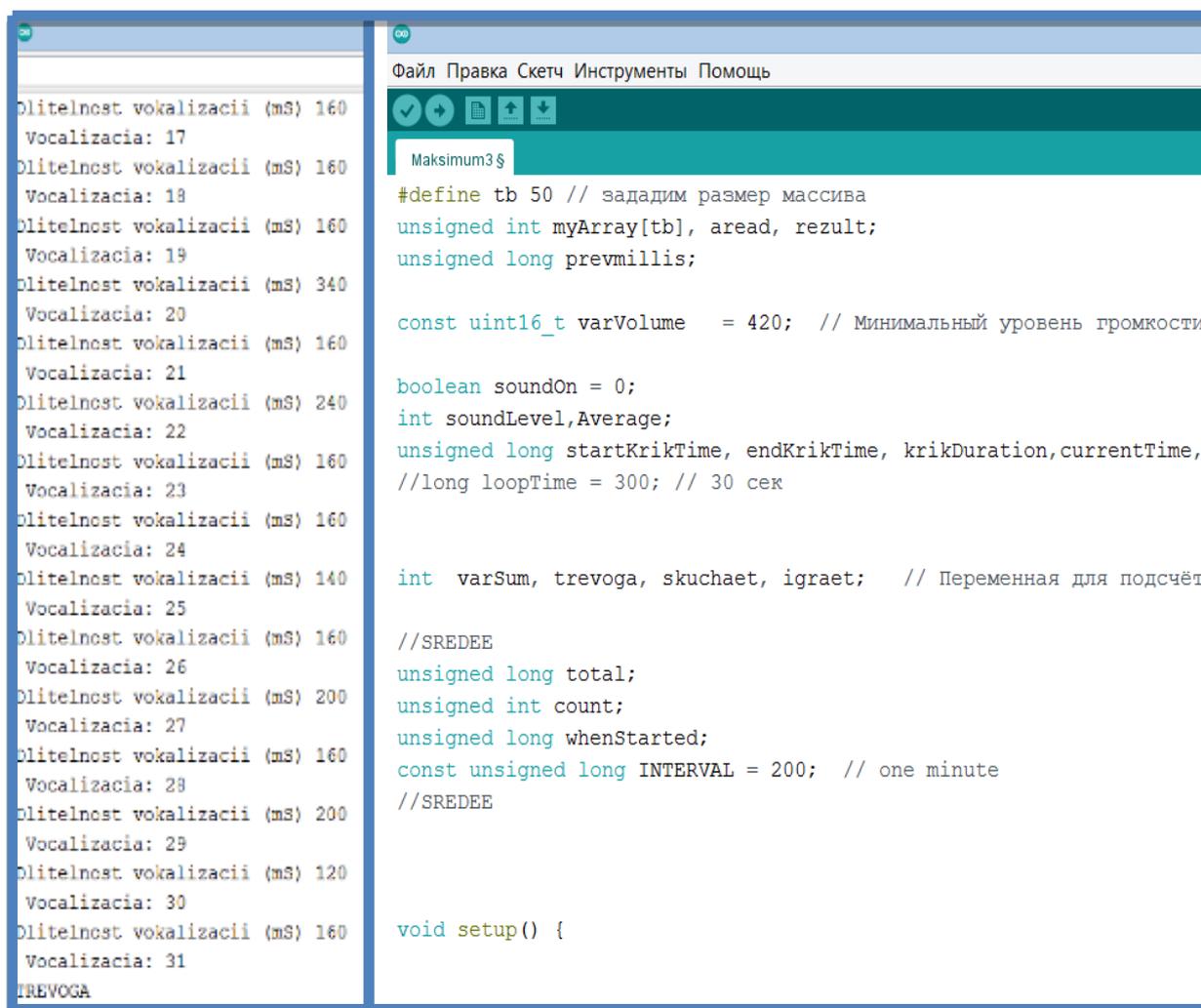


Рис. 5. Работа алгоритма и определение тревожного состояния собаки

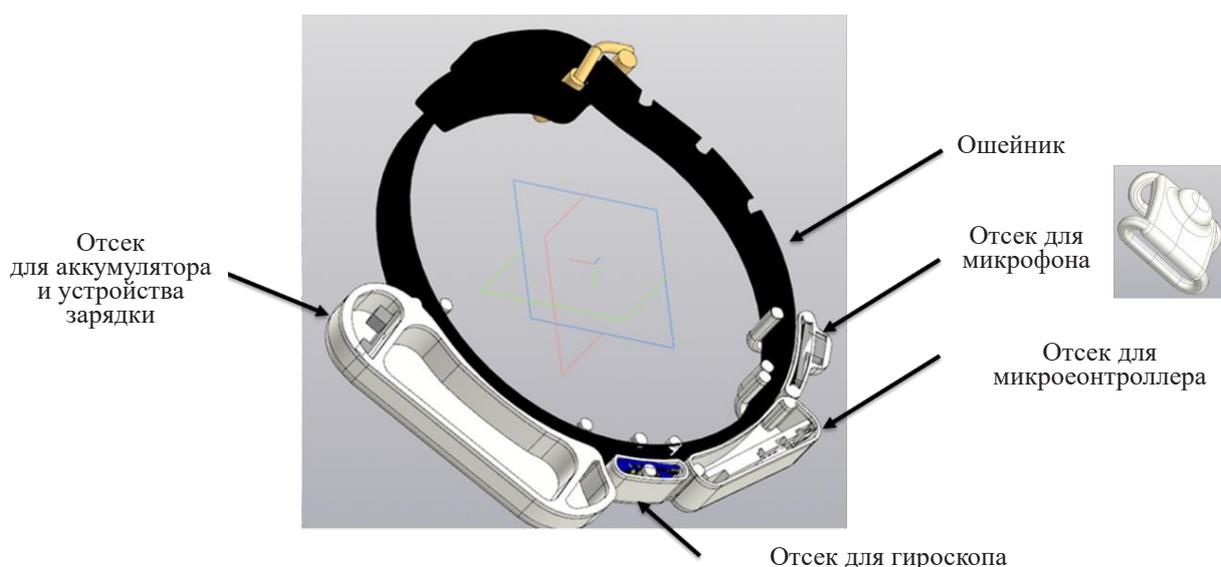


Рис. 6. Внешний вид устройства, размещенного на ошейнике

разработка в настоящее время не имеет аналогов среди российских и зарубежных исследований. Существуют единичные разработки носимых на ошейнике/шлейке датчиков и акселерометрической платформы для оценки движений в естественных условиях [45, 46].

По результатам проведенного исследования авторами статьи впервые был разработан алгоритм регистрации типа деятельности собаки при вокализациях разного вида. На его основании разработана структурная схема устройства для регистрации тревожности со-

бак. В результате было создано устройство для анализа эмоциональной окраски вокализаций домашних собак с дистанционным информированием владельца через телеграм-бот. Следует отметить, что именно формат ошейника с закреплённым техническим устройством рассматривается в литературе как наиболее оптимальный, в сравнении с другими носимыми устройствами [42, 44].

Фундаментальное значение предлагаемого программно-аппаратного решения заявленной проблемы заключается в создании средства для получения новых данных о вероятности нарушений поведения собак, обусловленных высоким уровнем тревожности. В нашей стране подобные исследования фактически отсутствуют. Поэтому предполагается разработать вариант комплексного метода бесконтактного выявления животных с тревожным и агрессивным поведением и информированием их владельцев об этом. Прикладное значение проекта заключается в создании прототипа программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего получение и объективный анализ информации об изменениях в поведении собак в режиме реального времени. В дальнейшем такой комплекс может выступать прототипом для создания систем отслеживания и идентификации поведения других видов животных в условиях предприятий агропромышленного комплекса, зоопарков, охотхозяйств, улиц агломераций и т. д. (в т. ч. на базе искусственного интеллекта).

Предлагаемый способ является безопасным и неинвазивным. Ненавязчивое отслеживание вокализаций с использованием предлагаемого устройства не создаст существенных помех для жизнедеятельности собаки, не подразумевает снижения двигательной активности, а принцип его работы не нарушает правила пяти свобод и полностью соответствует биоэтическим нормам. Окончательный вариант носимого на ошейнике устройства будет иметь небольшие размеры и вес, что позволит сделать его более удобным, а процесс анализа вокализаций даст возможность наблюдать за эмоциональным состоянием животных эффективнее и дешевле, в сравнении с системами анализа изображений и двигательной активности.

В настоящее время предлагаемое устройство не имеет аналогов на российском и международном рынке зооветтоваров. Прототипы патентов в открытых базах данных и научные статьи на данную тему в российских журналах не обнаружены. В качестве теоретических прототипов, косвенно связанных с оценкой эмоционального состояния собак, могут быть рассмотрены три зарубежных исследования. В первой работе для облегчения коммуникации рабочих собак и хендлеров использовались четыре носимых датчика [47]. Датчики были интегрированы в жилеты и активировались

посредством укусов, мелких движений конечностей и движений носом. Во второй работе была разработана акселерометрическая платформа, носимая на ошейнике [48]. Платформа записывает поведение собак в естественных условиях с последующей идентификацией. Доступны к распознаванию 17 различных действий с точностью классификации примерно в 70 %. В третьей работе оценивалась применимость датчиков двух фирм-производителей, Actigraph и VetSens, корректность выбора эпох анализа и метода преобразования необработанных данных акселерометрии в ранее верифицированные единицы [46]. Все приведенные аналоги не решают проблему идентификации эмоционального состояния животного, не выявляют уровень тревожности/агрессии и тревогу разлуки. Ввиду особенностей психики собак-компаньонов данные приборы не являются эффективными в решении поведенческих проблем.

Сложность решения поставленной задачи также определяется высокой индивидуальной вариабельностью паттернов активности у собак, что затрудняет установку взаимосвязей между вокализациями и определенными эмоциональными состояниями. Собаки, имеющие как физиологические, так и поведенческие нарушения, проявляют их в отсутствие владельца или же (при нарушении привязанности) в ответ на взаимодействие с ним. Спокойная собака без нарушений поведения в большей степени реагирует пассивным поведением, тогда как агрессивная — тревожным.

Таким образом, результаты проведенного авторами исследования и технической разработки устройства позволили сформулировать подход к определению состояния животного с помощью акустического метода. В основу метода легла объективная оценка эмоциональной окраски вокализаций собак на основании расчета интервалограмм и спектрограмм.

По результатам выбора элементной базы был разработан опытный образец устройства для регистрации тревожного и агрессивного поведения собак и была сформирована основа для разработки устройства-регистратора вокализаций собак с беспроводной передачей данных. Устройство после доработки прототипа и оптимизации технических условий может быть рекомендовано для использования при подготовке рабочих собак и для определения причин нарушения поведения собак-компаньонов. В дальнейших исследованиях данное устройство может применяться для оценки эмоционального состояния собаки (как часть комплексного подхода к анализу свободного поведения животных) с учетом медицинского анамнеза и анамнеза жизни, поведенческих тестов и опросников, оценки поз, движений и мелких признаков повышенной тревожности.

### Список литературы

1. Tiira K., Lohi H. Reliability and Validity of a Questionnaire Survey in Canine Anxiety Research. *Applied Animal Behaviour Science*. 2014;155:82–92. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.03.007>
2. Tiira K., Sulkama S., Lohi H. Prevalence, Comorbidity, and Behavioral Variation in Canine Anxiety. *Journal of Veterinary Behavior*. 2016;16:36–44. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.06.008>
3. Westgarth C., Brooke M., Christley R.M. How Many People Have Been Bitten by Dogs? A Cross-Sectional Survey of Prevalence, Incidence and Factors Associated with Dog Bites in a UK Community. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2018;72(4):331–336. <https://doi.org/10.1136/jech-2017-209330>

4. Dinwoodie R., Dwyer B., Zottol V., Gleason D., Dodman N. H. Demographics and Comorbidity of Behavior Problems in Dogs. *Journal of Veterinary Behavior*. 2019;32:62–71. <https://doi.org/10.1016/J.JVEB.2019.04.007>
5. Sietou C. Evaluating the Recently Imposed English Compulsory Dog Microchipping Policy. Evidence from an English Local Authority. *Preventive Veterinary Medicine*. 2019;163:31–36. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.12.015>
6. Bowen J., García E., Darder P., Argüelles J., Fatjó J. The Effects of the Spanish COVID-19 Lockdown on People, Their Pets, and the Human-Animal Bond. *Journal of Veterinary Behavior*. 2020;40:75–91. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.05.013>
7. Katica M., Obradović Z., Ahmed N.H., Mehmedika-Suljić E., Stanić Ž., Abdalaziz Mohamed R.S., Dervišević E. Interdisciplinary Aspects of Possible Negative Effects of Dogs on Humans in Bosnia and Herzegovina. *Medicinski Glasnik (Zenica)*. 2020;17(2):246–251. <https://doi.org/10.17392/1187-20>
8. Degeling C., Hall J., van Eeden L.M., Finlay S.M., Gurung S.M., Brookes V.J. Representations of Free-Living and Unrestrained Dogs as an Emerging Public Health Issue in Australian Newspapers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(11):5807. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115807>
9. Gobbo E., Zupan Šemrov M. Neuroendocrine and Cardiovascular Activation During Aggressive Reactivity in Dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:683858. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.683858>
10. Mikkola S., Salonen M., Puurunen J., Hakanen E., Sulkama S., Araujo C., Lohi H. Aggressive Behaviour is Affected by Demographic, Environmental and Behavioural Factors in Purebred Dogs. *Scientific Reports*. 2021 May 3;11(1):9433. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88793-5>
11. Parente G., Gargano T., Di Mitri M., Cravano S., Thomas E., Vastano M., et al. Consequences of COVID-19 Lockdown on Children and Their Pets: Dangerous Increase of Dog Bites among the Paediatric Population. *Children (Basel)*. 2021;8(8):620. <https://doi.org/10.3390/children8080620>
12. Faragó T., Andics A., Devecseri V., Kis A., Gácsi M., Miklósi A. Humans Rely on the Same Rules to Assess Emotional Valence and Intensity in Conspecific And Dog Vocalizations. *Biology Letters*. 2014;10(1):20130926. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0926>
13. Pongrácz P., Molnár C., Miklósi A. Acoustic Parameters of Dog Barks Carry Emotional Information for Humans. *Applied Animal Behaviour Science*. 2006;100(3–4):228–240. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2005.12.004>
14. Pongrácz P. Modeling Evolutionary Changes in Information Transfer. Effects of Domestication on the Vocal Communication of Dogs (Canis Familiaris). *European Psychologist*. 2017;22:219–232. <https://doi.org/10.1027/1016-9040%2Fa000300>
15. Kim Y, Sa J, Chung Y, Park D, Lee S. Resource-Efficient Pet Dog Sound Events Classification Using LSTM-FCN Based on Time-Series Data. *Sensors (Basel)*. 2018;18(11):4019. <https://doi.org/10.3390/s18114019>
16. Jégh-Czinege N., Faragó T., Pongrácz P. A Bark of Its Own Kind – the Acoustics of ‘Annoying’ Dog Barks Suggests a Specific Attention-Evoking Effect for Humans. *Bioacoustics*. 2020;29(2):210–225. <http://doi.org/10.1080/09524622.2019.1576147>
17. Bleuer-Elsner S., Zamansky A., Fux A., Kaplun D., Romanov S., Sinitca A., et al. Computational Analysis of Movement Patterns of Dogs with ADHD-Like Behavior. *Animals (Basel)*. 2019;9(12):1140. <https://doi.org/10.3390/ani9121140>
18. Fux A., Zamansky A., Bleuer-Elsner S., van der Linden D., Sinitca A., Romanov S., Kaplun D. Objective Video-Based Assessment of ADHD-Like Canine Behavior Using Machine Learning. *Animals (Basel)*. 2021;11(10):2806. <https://doi.org/10.3390/ani11102806>
19. Cross N.J., Rosenthal K., Phillips C.J. Risk Factors for Nuisance Barking in Dogs. *Australian Veterinary Journal*. 2009;87(10):402–408. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2009.00484.x>
20. Flint E.L., Minot E.O., Perry P.E., Stafford K.J. A Survey of Public Attitudes towards Barking Dogs in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*. 2014;62(6):321–327. <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.921852>
21. Molnár C., Kaplan F., Roy P., Pachet F., Pongrácz P., Dóka A., et al. Classification of Dog Barks: a Machine Learning Approach. *Animal Cognition*. 2008;11(3):389–400. <https://doi.org/10.1007/s10071-007-0129-9>
22. Molnár C., Pongrácz P., Dóka A., Miklósi A. Can Humans Discriminate between Dogs on the Base of the Acoustic Parameters of Barks? *Behavioural Processes*. 2006;73(1):76–83. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2006.03.014>
23. Marx A., Lenkei R., Pérez Fraga P., Bakos V., Kubinyi E., Faragó T. Occurrences of Non-Linear Phenomena and Vocal Harshness in Dog Whines as Indicators of Stress and Ageing. *Scientific Reports*. 2021;11(1):4468. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83614-1>
24. Sargisson R.J., Butler R., Elliffe D. An Evaluation of the Aboistop Citronella-Spray Collar as a Treatment for Barking of Domestic Dogs. *ISRN Veterinary Science*. 2012;2011:759379. <https://doi.org/10.5402/2011/759379>
25. Taylor A., Reby D., McComb K. Cross Modal Perception Of Body Size In Domestic Dogs Canis Familiaris. *PLoS One*. 2011;6(2):e17069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017069>
26. Root-Gutteridge H., Ratcliffe V.F., Neumann J., Timarchi L., Yeung C., Korzeniowska A.T., et al. Effect of Pitch Range on Dogs’ Response to Conspecific vs. Heterospecific Distress Cries. *Scientific Reports*. 2021;11(1):19723. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98967-w>
27. Sibiryakova O.V., Volodin I.A., Volodina E.V. Polyphony of Domestic Dog Whines and Vocal Cues to Body Size. *Current zoology*. 2021;67(2):165–176. <https://doi.org/10.1093/cz/zoaa042>
28. Yin S. A New Perspective on Barking in Dogs (Canis Familiaris). *Journal of Comparative Psychology*. 2002;116(2):189–193. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.116.2.189>
29. Yin S., McCowan B. Barking in Domestic Dogs: Context Specificity And Individual Identification. *Animal Behaviour*. 2004;68(2):343–355. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.07.016>
30. Policht R., Matějka O., Benediktová K., Adámková J., Hart V. Hunting Dogs Bark Differently when They Encounter Different Animal Species. *Scientific Reports*. 2021;11(1):17407. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97002-2>

31. Amano T., Ikeda T., Yamaguchi M., Kakehi N., Hanada K., Watanabe T., et al. Equine Placental Extract Supplement as a Night Barking Remedy in Dogs with Cognitive Dysfunction Syndrome. *Veterinary Medicine and Science*. 2022;8(5):1887–1892. <https://doi.org/10.1002/vms3.893>
32. Juarbe-Diaz S.V., Houtp K.A. Comparison of Two Antibarking Collars For Treatment of Nuisance Barking. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1996;32(3):231–235. <https://doi.org/10.5326/15473317-32-3-231>
33. Moffat K.S., Landsberg G.M., Beaudet R. Effectiveness and Comparison of Citronella and Scentless Spray Bark Collars for the Control of Barking in a Veterinary Hospital Setting. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2003;39(4):343–348. <https://doi.org/10.5326/0390343>
34. Steiss J.E., Schaffer C., Ahmad H.A., Voith V.L. Evaluation of Plasma Cortisol Levels and Behavior in Dogs Wearing Bark Control Collars. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007;106(1–3):96–106. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.06.018>
35. Wells D.L. The Effectiveness of a Citronella Spray Collar in Reducing Certain Forms of Barking in Dogs. *Applied Animal Behaviour Science*. 2001;73(4):299–309. [https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(01\)00146-0](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(01)00146-0)
36. Martin A.L., Walther C.M., Pattillo M.J., Catchpole J.A., Mitchell L.N., Dowling E.W. Impact of Visual Barrier Removal on the Behavior of Shelter-Housed Dogs. *Journal of Applied Animal Welfare Science: JAAWS*. 2023;26(4):596–606. <https://doi.org/10.1080/10888705.2021.2021407>
37. Авилов А.В., Фомина А.С., Крикунова А.А. и др. Методика классификации вокализации собак как маркера тревожного или агрессивного поведения. *Ветеринария Кубани*. 2022;3:35–37.
38. Авилов А.В. Исследование методики идентификации заболеваний голосового аппарата человека. *Актуальная биотехнология*. 2015;2(13):26–28.
39. Володин И.А., Володина Е.В., Филатова О.А. Нелинейные феномены, определяющие высокую структурную изменчивость скулений домашней собаки CANIS FAMILIARIS (CARNIVORA, CANIDAE). *Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. биол.* 2007;112(4):11–17.
40. Чулкина М.М., Володин И.А., Володина Е.В. Индивидуальная, половая и межпородная изменчивость лая домашней собаки, Canis familiaris (Carnivora, Canidae). *Зоологический журнал*. 2006;85(4):544–555.
41. Root-Gutteridge H., Ratcliffe V.F., Neumann J., Timarchi L., Yeung C., Korzeniowska A.T., et al. Effect of Pitch Range on Dogs' Response to Conspecific vs. Heterospecific Distress Cries. *Scientific Reports*. 2021;11(1):19723. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98967-w>
42. Rowlison de Ortiz A., Belda B., Hash J., Enomoto M., Robertson J., Lascelles B.D.X. Initial Exploration of the Discriminatory Ability of the Petpace Collar to Detect Differences in Activity and Physiological Variables between Healthy and Osteoarthritic Dogs. *Frontiers in Pain Research. (Lausanne)*. 2022;3:949877. <https://doi.org/10.3389/fpain.2022.949877>
43. Martin K.W., Olsen A.M., Duncan C.G., Duerr F.M. The Method of Attachment Influences Accelerometer-Based Activity Data in Dogs. *BMC Veterinary Research*. 2017;13(1):48. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-0971-1>
44. Bruno E.A., Guthrie J.W., Ellwood S.A., Mellanby R.J., Clements D.N. Global Positioning System Derived Performance Measures are Responsive Indicators of Physical Activity, Disease and the Success of Clinical Treatments in Domestic Dogs. *PLoS One*. 2015;10(2):e0117094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117094>
45. Ladha C., Hoffman C.L. A Combined Approach to Predicting Rest in Dogs Using Accelerometers. *Sensors (Basel)*. 2018;18(8):2649. <https://doi.org/10.3390/s18082649>
46. Westgarth C., Ladha C. Evaluation of an Open Source Method for Calculating Physical Activity in Dogs from Harness and Collar Based Sensors. *BMC Veterinary Research*. 2017;13(1):322. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1228-8>
47. Jackson M.M., Zeagler C., Valentin G., Martin A., Martin V., Delawalla A., et al. FIDO — Facilitating Interactions for Dogs with Occupations: Wearable Dog-Activated Interfaces. In: *Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers (ISWC '13). Association for Computing Machinery*. New York; 2013. P. 81–88. <https://doi.org/10.1145/2493988.2494334>
48. Ladha C., Hammerla N., Hughes E., Olivier P., Ploetz T. Dog's life: wearable activity recognition for dogs. In: *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing (UbiComp '13). Association for Computing Machinery*. New York; 2013. P. 415–418. <https://doi.org/10.1145/2493432.2493519>

## References

1. Tiira K., Lohi H. Reliability and Validity of a Questionnaire Survey in Canine Anxiety Research. *Applied Animal Behaviour Science*. 2014;155:82–92. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.03.007>
2. Tiira K., Sulkama S., Lohi H. Prevalence, Comorbidity, and Behavioral Variation in Canine Anxiety. *Journal of Veterinary Behavior*. 2016;16:36–44. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2016.06.008>
3. Westgarth C., Brooke M., Christley R.M. How Many People Have Been Bitten by Dogs? A Cross-Sectional Survey of Prevalence, Incidence and Factors Associated with Dog Bites in a UK Community. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2018;72(4):331–336. <https://doi.org/10.1136/jech-2017-209330>
4. Dinwoodie R., Dwyer B., Zottol V., Gleason D., Dodman N.H. Demographics and Comorbidity of Behavior Problems in Dogs. *Journal of Veterinary Behavior*. 2019;32:62–71. <https://doi.org/10.1016/J.JVEB.2019.04.007>
5. Sietou C. Evaluating the Recently Imposed English Compulsory Dog Microchipping Policy. Evidence from an English Local Authority. *Preventive Veterinary Medicine*. 2019;163:31–36. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.12.015>
6. Bowen J., García E., Darder P., Argüelles J., Fatjó J. The Effects of the Spanish COVID-19 Lockdown on People, Their Pets, and the Human-Animal Bond. *Journal of Veterinary Behavior*. 2020;40:75–91. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.05.013>

7. Katica M, Obradović Z, Ahmed NH, Mehmedika-Suljić E, Stanić Ž, Abdalaziz Mohamed RS, Dervišević E. Interdisciplinary Aspects of Possible Negative Effects of Dogs on Humans in Bosnia and Herzegovina. *Medicinski Glasnik (Zenica)*. 2020;17(2):246–251. <https://doi.org/10.17392/1187-20>
8. Degeling C, Hall J, van Eeden LM, Finlay SM, Gurung SM, Brookes VJ. Representations of Free-Living and Unrestrained Dogs as an Emerging Public Health Issue in Australian Newspapers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(11):5807. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115807>
9. Gobbo E, Zupan Šemrov M. Neuroendocrine and Cardiovascular Activation During Aggressive Reactivity in Dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:683858. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.683858>
10. Mikkola S, Salonen M, Puurunen J, Hakanen E, Sulkama S, Araujo C, Lohi H. Aggressive Behaviour is Affected by Demographic, Environmental and Behavioural Factors in Purebred Dogs. *Scientific Reports*. 2021 May 3;11(1):9433. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88793-5>
11. Parente G, Gargano T, Di Mitri M, Cravano S, Thomas E, Vastano M, et al. Consequences of COVID-19 Lockdown on Children and Their Pets: Dangerous Increase of Dog Bites among the Paediatric Population. *Children (Basel)*. 2021;8(8):620. <https://doi.org/10.3390/children8080620>
12. Faragó T, Andics A, Devcseri V, Kis A, Gácsi M, Miklósi A. Humans Rely on the Same Rules to Assess Emotional Valence and Intensity in Conspecific And Dog Vocalizations. *Biology Letters*. 2014;10(1):20130926. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0926>
13. Pongrácz P, Molnár C, Miklósi A. Acoustic Parameters of Dog Barks Carry Emotional Information for Humans. *Applied Animal Behaviour Science*. 2006;100(3–4):228–240. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2005.12.004>
14. Pongrácz P. Modeling Evolutionary Changes in Information Transfer. Effects of Domestication on the Vocal Communication of Dogs (Canis Familiaris). *European Psychologist*. 2017;22:219–232. <https://doi.org/10.1027/1016-9040%2Fa000300>
15. Kim Y, Sa J, Chung Y, Park D, Lee S. Resource-Efficient Pet Dog Sound Events Classification Using LSTM-FCN Based on Time-Series Data. *Sensors (Basel)*. 2018;18(11):4019. <https://doi.org/10.3390/s18114019>
16. Jégh-Czinege N, Faragó T, Pongrácz P. A Bark of Its Own Kind – the Acoustics of ‘Annoying’ Dog Barks Suggests a Specific Attention-Evoking Effect for Humans. *Bioacoustics*. 2020;29(2):210–225. <http://doi.org/10.1080/09524622.2019.1576147>
17. Bleuer-Elsner S, Zamansky A, Fux A, Kaplun D, Romanov S, Sinitca A, et al. Computational Analysis of Movement Patterns of Dogs with ADHD-Like Behavior. *Animals (Basel)*. 2019;9(12):1140. <https://doi.org/10.3390/ani9121140>
18. Fux A, Zamansky A, Bleuer-Elsner S, van der Linden D, Sinitca A, Romanov S, Kaplun D. Objective Video-Based Assessment of ADHD-Like Canine Behavior Using Machine Learning. *Animals (Basel)*. 2021;11(10):2806. <https://doi.org/10.3390/ani11102806>
19. Cross NJ, Rosenthal K, Phillips CJ. Risk Factors for Nuisance Barking in Dogs. *Australian Veterinary Journal*. 2009;87(10):402–408. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2009.00484.x>
20. Flint EL, Minot EO, Perry PE, Stafford KJ. A Survey of Public Attitudes towards Barking Dogs in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*. 2014;62(6):321–327. <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.921852>
21. Molnár C, Kaplan F, Roy P, Pachet F, Pongrácz P, Dóka A, et al. Classification of Dog Barks: a Machine Learning Approach. *Animal Cognition*. 2008;11(3):389–400. <https://doi.org/10.1007/s10071-007-0129-9>
22. Molnár C, Pongrácz P, Dóka A, Miklósi A. Can Humans Discriminate between Dogs on the Base of the Acoustic Parameters of Barks? *Behavioural Processes*. 2006;73(1):76–83. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2006.03.014>
23. Marx A, Lenkei R, Pérez Fraga P, Bakos V, Kubinyi E, Faragó T. Occurrences of Non-Linear Phenomena and Vocal Harshness in Dog Whines as Indicators of Stress and Ageing. *Scientific Reports*. 2021;11(1):4468. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83614-1>
24. Sargisson RJ, Butler R, Elliffe D. An Evaluation of the Aboistop Citronella-Spray Collar as a Treatment for Barking of Domestic Dogs. *ISRN Veterinary Science*. 2012;2011:759379. <https://doi.org/10.5402/2011/759379>
25. Taylor A, Reby D, McComb K. Cross Modal Perception Of Body Size In Domestic Dogs Canis Familiaris. *PLoS One*. 2011;6(2):e17069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017069>
26. Root-Gutteridge H, Ratcliffe VF, Neumann J, Timarchi L, Yeung C, Korzeniowska AT, et al. Effect of Pitch Range on Dogs’ Response to Conspecific vs. Heterospecific Distress Cries. *Scientific Reports*. 2021;11(1):19723. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98967-w>
27. Sibiryakova OV, Volodin IA, Volodina EV. Polyphony of Domestic Dog Whines and Vocal Cues to Body Size. *Current zoology*. 2021;67(2):165–176. <https://doi.org/10.1093/cz/zoaa042>
28. Yin S. A New Perspective on Barking in Dogs (Canis Familiaris). *Journal of Comparative Psychology*. 2002;116(2):189–193. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.116.2.189>
29. Yin S, McCowan B. Barking in Domestic Dogs: Context Specificity And Individual Identification. *Animal Behaviour*. 2004;68(2):343–355. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.07.016>
30. Policht R, Matějka O, Benediktová K, Adámková J, Hart V. Hunting Dogs Bark Differently when They Encounter Different Animal Species. *Scientific Reports*. 2021;11(1):17407. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97002-2>
31. Amano T, Ikeda T, Yamaguchi M, Kakehi N, Hanada K, Watanabe T, et al. Equine Placental Extract Supplement as a Night Barking Remedy in Dogs with Cognitive Dysfunction Syndrome. *Veterinary Medicine and Science*. 2022;8(5):1887–1892. <https://doi.org/10.1002/vms3.893>
32. Juarbe-Diaz SV, Houpt KA. Comparison of Two Antibarking Collars For Treatment of Nuisance Barking. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 1996;32(3):231–235. <https://doi.org/10.5326/15473317-32-3-231>

33. Moffat KS, Landsberg GM, Beaudet R. Effectiveness and Comparison of Citronella and Scentless Spray Bark Collars for the Control of Barking in a Veterinary Hospital Setting. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2003;39(4):343–348. <https://doi.org/10.5326/0390343>
34. Steiss JE, Schaffer C, Ahmad HA, Voith VL. Evaluation of Plasma Cortisol Levels and Behavior in Dogs Wearing Bark Control Collars. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007;106(1–3):96–106. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.06.018>
35. Wells DL. The Effectiveness of a Citronella Spray Collar in Reducing Certain Forms of Barking in Dogs. *Applied Animal Behaviour Science*. 2001;73(4):299–309. [https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(01\)00146-0](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(01)00146-0)
36. Martin AL, Walthers CM, Pattillo MJ, Catchpole JA, Mitchell LN, Dowling EW. Impact of Visual Barrier Removal on the Behavior of Shelter-Housed Dogs. *Journal of Applied Animal Welfare Science: JAAWS*. 2023;26(4):596–606. <https://doi.org/10.1080/10888705.2021.2021407>
37. Avilov AV, Fomina AS, Krikunova AA, et al. Metodika Klassifikatsii Vokalizatsii Sobak kak Markera Trevozhnogo ili Agressivnogo Povedeniya. *Veterinariya Kubani*. 2022;3:35–37.
38. Avilov AV. The Research Methodology of Identification of Human Vocal Tract Diseases. *Aktual'naya biotekhnologiya*. 2015;2(13):26–28.
39. Volodin IA, Volodina EV, Filatova OA. Nelineinye Fenomeny, Opredelyayushchie Vysokuyu Strukturnuyu Izmenchivost' Skulenii Domashnei Sobaki CANIS FAMILIARIS (CARNIVORA, CANIDAE). *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 2007;112(4):11–17.
40. Chulkina MM, Volodin IA, Volodina EV. Individual, Intersexual, And Interbreed Variability Of Barks In Dog Canis Familiaris (Carnivora, Canidae). *Zoologicheskii zhurnal*. 2006;85(4):544–555.
41. Root-Gutteridge H, Ratcliffe VF, Neumann J, Timarchi L, Yeung C, Korzeniowska AT, et al. Effect of Pitch Range on Dogs' Response to Conspecific vs. Heterospecific Distress Cries. *Scientific Reports*. 2021;11(1):19723. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98967-w>
42. Rowilson de Ortiz A, Belda B, Hash J, Enomoto M, Robertson J, Lascelles BDX. Initial Exploration of the Discriminatory Ability of the Petpace Collar to Detect Differences in Activity and Physiological Variables between Healthy and Osteoarthritic Dogs. *Frontiers in Pain Research. (Lausanne)*. 2022;3:949877. <https://doi.org/10.3389/fpain.2022.949877>
43. Martin KW, Olsen AM, Duncan CG, Duerr FM. The Method of Attachment Influences Accelerometer-Based Activity Data in Dogs. *BMC Veterinary Research*. 2017;13(1):48. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-0971-1>
44. Bruno EA, Guthrie JW, Ellwood SA, Mellanby RJ, Clements DN. Global Positioning System Derived Performance Measures are Responsive Indicators of Physical Activity, Disease and the Success of Clinical Treatments in Domestic Dogs. *PLoS One*. 2015;10(2):e0117094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117094>
45. Ladha C, Hoffman CL. A Combined Approach to Predicting Rest in Dogs Using Accelerometers. *Sensors (Basel)*. 2018;18(8):2649. <https://doi.org/10.3390/s18082649>
46. Westgarth C, Ladha C. Evaluation of an Open Source Method for Calculating Physical Activity in Dogs from Harness and Collar Based Sensors. *BMC Veterinary Research*. 2017;13(1):322. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1228-8>
47. Jackson MM, Zeagler C, Valentin G, Martin A, Martin V, Delawalla A, et al. FIDO — Facilitating Interactions for Dogs with Occupations: Wearable Dog-Activated Interfaces. In: *Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers (ISWC '13)*. Association for Computing Machinery. New York; 2013. P. 81–88. <https://doi.org/10.1145/2493988.2494334>
48. Ladha C, Hammerla N, Hughes E, Olivier P, Ploetz T. Dog's life: wearable activity recognition for dogs. In: *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing (UbiComp '13)*. Association for Computing Machinery. New York; 2013. P. 415–418. <https://doi.org/10.1145/2493432.2493519>

Поступила в редакцию 29.07.2023

Поступила после рецензирования 16.09.2023

Принята к публикации 20.09.2023

Об авторах:

**Авилов Алексей Васильевич**, доцент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия», доцент факультета Института опережающих технологий «Школа X» Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, [znakav@mail.ru](mailto:znakav@mail.ru)

**Фомина Анна Сергеевна**, доцент кафедры «Биология и общая патология» Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9110-4110), [a\\_bogun@mail.ru](mailto:a_bogun@mail.ru)

**Скубак Павел Геннадьевич**, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Интеллектуальные электрические сельскохозяйственные машины и комплексы» ресурсного центра робототехники Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0009-0001-9110-4110), [pskubak@donstu.ru](mailto:pskubak@donstu.ru)

**Крахмалев Тихон Константинович**, студент кафедры «Биология и общая патология» Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [Tvoidth@yandex.ru](mailto:Tvoidth@yandex.ru)

**Ермаков Алексей Михайлович**, профессор кафедры «Биология и общая патология», декан факультета «Биоинженерия и ветеринарная медицина» Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор биологических наук, [ORCID](#), [amermakov@ya.ru](mailto:amermakov@ya.ru)

*Заявленный вклад соавторов:*

А.В. Авилов — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, разработка и тестирование устройства, подготовка соответствующего фрагмента текста.

А.С. Фомина — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, подготовка обзора современных исследований, общее руководство проектом.

П.Г. Скубак — разработка и тестирование устройства, подготовка соответствующего фрагмента текста.

Т.К. Крахмалев — подготовка базы аудиозаписей вокализаций собак.

А.М. Ермаков — научное руководство проектом.

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**Received** 29.07.2023

**Revised** 16.09.2023

**Accepted** 20.09.2023

*About the Authors:*

**Alexey V. Avilov**, Cand.Sci.(Engineering), Associate Professor of the Instrument and Biomedical Engineering Department and Institute of Advanced Technologies “School X”, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [znakav@mail.ru](mailto:znakav@mail.ru)

**Anna S. Fomina**, Associate Professor of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), [a\\_bogun@mail.ru](mailto:a_bogun@mail.ru)

**Pavel G. Skubak**, Researcher of the Research Laboratory “Intelligent Electric Agricultural Machines and Complexes” of the Robotics Resource Center, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), [pskubak@donstu.ru](mailto:pskubak@donstu.ru)

**Tikhon K. Krakhmalev**, Student of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [Tvoidth@yandex.ru](mailto:Tvoidth@yandex.ru)

**Alexey M. Ermakov**, Dr.Sci. (Biology), Professor of the Biology and General Pathology Department, Dean of the Bioengineering and Veterinary Medicine Faculty, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), [amermakov@ya.ru](mailto:amermakov@ya.ru)

*Claimed contributorship:*

AV Avilov: formulating the main concept, aim and objectives of the research, device development and testing, preparing the respective fragment of the text.

AS Fomina: formulating the main concept, aim and objectives of the research, preparing the review of modern research, general management of the project.

PG Skubak: device development and testing, preparing the respective fragment of the text.

TK Krahmalev: preparing the audio recordings database of canine vocalizations.

AM Ermakov: scientific supervision of the project.

*Conflict of interest statement:* the authors do not have any conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*