

BIOPHYSICAL INSTRUMENTATION PRACTICUM

NANOVOLTMETRIC / NANOAMMETRIC ANALYZER FOR CARRIER WAVE MODULATION MEASUREMENTS IN QUANTITATIVE BIOACOUSTICS

Adamovich E.D., Gradov O.V.,
Institute for Energy Problems of Chemical Physics RAS

Аннотация

В статье описывается аппаратура для биоакустических модуляционных исследований. Два типа индикации имплементированы на передней панели и на интерфейсах прибора: индикатор несущей и нановольтамперметр, причем последний работает в режиме как нановольтметра, так и как наноамперметра. Целью построения прибора является анализ модуляции и несущей фонации и других типов биоакустической коммуникации. Обоснование необходимости анализа несущей волны (несущего сигнала, carrier wave) приводится в обзоре во введении.

Ключевые слова: биоакустический фингерпринтинг ; нановольтметры ; наноамперметры ; нановольтамперметры ; модуляция ; несущая ; формантная и модуляционная спектроскопия ; акустическая фенотипическая кладистика; акустическая фенотипическая систематика.

1. Введение

1.1. Проблема анализа несущей

Проблема анализа несущей как элемента этологической коммуникации и биоакустической сигнализации животных является не менее важной для ряда задач зоопсихологии и моделей когнитивной науки, чем анализ формантного спектра для биоакустики человека и анализа нейропсихологических свойств, принципов и модальностей поведения, выражающихся в ней и определяемых по данным формантной спектроскопии. Для морских животных исследование физической структуры несущей является способом анализа не только сигнала коммуникации, но и сигнала зондирования окружающего пространства (что у ряда видов определяется в рамках модели сонара; аналогичное свойственно и для летучих мышей и некоторых насекомых), наряду со спектроскопией ряда сигналов хеморецепторов [1,2], экстраокулярных рецепторов [3] и т.д., что, на данный момент (при соотнесении с морфологическими особенностями мозга данных видов [4,5]) даёт возможность говорить об участии модуляции сигнала (вплоть до очень тонких значений, адекватных нановольтовому отклику ряда высокочувствительных сенсоров) и свойств несущей в складывании паттерна «внешнего мира» у данных животных. Морфология органов звукогенерации и звуковосприятия у дельфинов [6] также говорит в пользу данного подхода.

Существенная проблема «Определяется ли стратегия эхолокационного распознавания целей у дельфинов слуховым периферическим кодированием» может быть решена только при адекватной физической интерпретации кода и характеристик локационного сигнала [7]. В идеале это подразумевает анализ / мониторинг всех релевантных позиций модуляции, что постулировалось ещё в программных работах проекта «Mathematical Bioacoustics Group» [8-11]. Но в данной работе мы освещаем только один из аспектов данной проблемы. На данный момент известен индивидуальный репертуар тональных (свистовых) сигналов *Tursiops truncatus*, содержащихся в условиях изоляции [12], который рассматривается как система персонифицированных акустических свистовых коммуникативных сигналов [13]. Исследования слуха китов и дельфинов, как считается, не противоречат возможностям индивидуального анализа сигнала, хотя вопрос требует дальнейшего исследования и более подробного анализа, с точки зрения эволюционной физиологии и когнитивной зоопсихологии [14]. Несмотря на способность дельфинов к классификации ряда низкочастотных сигналов [15], ряд вопросов вызывает проблема многоканального проведения звука. У китообразных многоканальное проведение звука к улитке у зубатых изучают с использованием многоцикловых несущих, огибающих «сонарные» или «зондирующие» сигналы («несущая частота 8, 16, 32, 64 или 128 кГц» ... «восемь циклов несущей» [16]). Также вклад в модуляцию вносит задержка (и – как следует из абстрактных моделей – вероятный фэдинг сигнала), так как у дельфинов имеют место интерауральные различия по времени и амплитудам сигнала при слуховом приеме импульсов [17]. Имеет значение индекс частоты несущей. Например, в аспекте слуховой чувствительности для *Delphinapterus leucas* описаны отчетливые сигнатуры на частотах следования посылок (кода) 1000 Гц (несущая 64 кГц) и 875 Гц (45 кГц) [18], а при анализе локализации и «пеленгования» афалинами источника акустических сигналов в вертикальной плоскости – обнаружена чувствительность с различной точностью на разных несущих частотах (например, последовательности импульсных щелчков с несущей 120 кГц и экспоненциальной формой фронтов ADR локализуются дельфином с рекордной точностью 1,5° [19]. Это можно внести в базы данных дескрипторов биоакустических сигналов коммуникационного поведения (для данных таксонов; наряду с показателями, описанными в работе [20]). Методы акустического темного поля в биомиметическом аспекте могут быть введены в обиход с данным набором дескрипторов; в одной из первых работ по этому направлению использовались, впрочем, низкочастотные несущие (от 1 кГц и 2 кГц; последнее – при ширине полосы 1 кГц и длительности импульса – 2 мс [21]. Из морских млекопитающих, комплексно описана физическая структура различных категорий акустических сигналов – щелчков, импульсных звуков и свистов – для зубатых китов (с привязкой к морфологическим данным) [22]; в цитируемой статье указано, что параметрика, к которой относится «энергия (доминантная частота), соответствует несущей частоте».

Из наземных млекопитающих, на примере звукового предупреждающего сигнала сурков (монгольского сурка, сурка Мензбира, длиннохвостого сурка) показана связь между амплитудной модуляцией (АМ) и структурой спектра издаваемых животными звуков (в случае АМ выше и ниже несущей частоты – т.е. частоты заполнения – формируются боковые частоты; а в сигналах без АМ боковые частоты отсутствуют) [23]. Для более общего класса нелинейных сигналов биоакустического происхождения говорить о несущей отдельно от комплекса нелинейных характеристик сигнала – не приходится [24]. Так как в систему нелинейных характеристик биоакустического сигнала входят также субгармоники, бифонации, сайдебанды и т.д. – для этого класса явлений пока нет возможности указать фингерпринты, содержащие несущую как активный компонент. В только что цитированной статье хорошо указывается различие между радиотехническим и кодовым биоакустическим пониманием несущей: «В радиотехнике ситуация обратная: «полезный сигнал» это – не высокая несущая частота ..., а низкая модулирующая, в роли которой выступает ... голос Приемник срезает несущую частоту, оставляя ... модулирующую, которую мы и слышим» [Ibid].

Как ни странно (или вполне логично?), но для слуха и акустических способностей человека понятие несущей внедрялось на стадии становления биоакустики ещё в третьей четверти XX века. Для слуха (точнее, для избирательной чувствительности слуха человека к амплитудной модуляции речи) при амплитудной модуляции на тот момент были известны данные об определенной зависимости порогов обнаружения последней от дБ-уровня несущей; поэтому для индивидуальных исследований испытуемых в программах исследований таких корифеев, как В.П. Морозов, и работавшая с ним Т.В. Черниговская, уровень несущей стандартизировался для когортных и массовых измерений (например – уровень несущей устанавливался равным 50 дБ над порогом [25]).

Достаточно хорошо исследованы биоакустические характеристики, явно связанные с несущей, для птиц. Так, у лебедей длительность сигналов-звуков может меняться как за счет начальной части сигнала с несущей частотой 0.8 кГц, так и в результате удлинения его концевой части (несущая частота 0.4 кГц) [26]. У лесного конька (*Anthus trivialis*, Motacillidae) выявлены паттерны, характеризующиеся индивидуальной и географической изменчивостью, для которых (для самцов, по крайней мере) характерны «удлиненные посылки с плавно меняющейся несущей частотой, падающей ... либо нарастающей ... от начала к концу сигнала») [27]. Для *Caprodacus erythrinus* (Pall.) – чечевицы обыкновенной – также описаны эффекты несущей; в частности, указано, что для достижения максимально возможной дистанции при передаче (чечевицей в фонации коммуникации) акустического сигнала важна его несущая частота [28]. «Биоакустический фингерпринтинг» с выделением РСА предусматривает использование частот несущей для определения птиц и фаз их этологии.

Известны прецеденты изучения несущей сигнала у амфибий (как слуха, так и сигнализации). В исследовании механизма адаптации нейронных сетей

слухового анализатора были осуществлены предварительные эксперименты по исследованию адаптационных изменений в нейронах продолговатого и среднего мозга лягушки, происходящих после изменения частоты несущей и частоты модуляции [29]. Автор одной из замечательных популярных статей в журнале «Природа», Е.Н. Панов, пишет [30]: «Считается, что произнесение дистантных сигналов с закрытыми ртом и ноздрями приводит к сужению спектра частот и, соответственно, к акцентированию несущей частоты. Такой сигнал лучше воспринимается в присутствии фоновых шумов, и тем самым увеличивается дальность его действия. Рекламную вокализацию некоторых видов можно услышать на расстоянии более километра». И далее – «Самцы лягушки *Leptodactylus albilabris*, обитающей в Карибском бассейне, во время вокализации частично погружаются в мягкий грунт, так что сильно развитый резонатор приходит в тесное соприкосновение с ним. В результате, наряду со звуком, распространяющимся в воздухе, воспроизводится также вибрация, передаваемая через почву. Эти инфразвуковые колебания распространяются на дистанцию до 3—6 м, то есть охватывают все персональное пространство самца (около 1—2 м в диаметре) внутри хорового скопления нескольких особей этого пола» [Ibid]. Таким образом, этологическая значимость несущей у амфибий не подлежит сомнению.

Хорошо изучены эффекты несущей у насекомых. Стабильность несущей частоты пульсов акустических сигналов насекомых в т.н. «конспецифической коммуникации» является критерием эффективности последней [31]. Сигналы сверчков, помимо скважности, амплитуды и длительности, характеризуются, с позиций исследования проблем передачи информации в энтомологической биоакустике, различием несущей частоты щелчков (у *Gryllus bimaculatus*) для четырех возрастных групп, а также рангов, соответствующих особенностям в ухаживании у сверчков [32]. Замечательные работы О.С. Корсуновской и др. по звуковой сигнализации кузнечиков раскрыли сущность различий форм сигнала и частот несущей для данного таксона. Стало известно, в частности, что «видоспецифическая информация кодируется не только длительностью и несущей частотой сигнала» [33], что «у более крупных насекомых несущая частота ниже» [34], а также что «несущая частота используется при опознании конспецифического (КС) сигнала также кузнечиками» [35]. Мы специально на стадии подготовки данного введения уклонились от перечисления и анализа зарубежных работ, так как, в противном случае, размер списка библиографии вырос бы на полтора-два порядка для каждого перечисляемого таксона. Нами не ставится задача полного библиографического обоснования необходимости анализа несущей и связанной с ней сложно детектируемой тонкой модуляции в биоакустическом сигнале. Уже перечисленного достаточно для целостного обоснования необходимости в устройстве, хотя бы частично выполняющем в комплексе с ЭВМ соответствующие функции анализа сигнала. Мы здесь, что логично, не обсуждаем возможности анализа сигнала несущей передатчиков телеметрии биологической информации (например, явно бессмысленные для биоакустического исследования и быстрого мультипараметрического анализа

спектра несущие радиотелеметрической системы в диапазоне 26-51 МГц и, в частности, несущей частоты 45.5 Гц [36]), но только собственные сигналы или сигнатуры сигналов акустически-активных биосистем и, следовательно – для их частотного диапазона оптимизированные анализаторы.

1.2. Спектральные нановольтметрические техники исследований – первая предпосылка для модуляционных нановольтметрических методов.

Метрологическая точность анализа несущей не определяется диапазоном вольтажа и тока измерений, однако существенно зависит от модуляционных, в том числе спектральных и нелинейных ее параметров. Нановольтметрия не способна обеспечить коннотируемой с ней точности измерений, если система измерений не может быть охарактеризована по комплексу дескрипторов, а не только не соотнесенному с частотой и модуляционными параметрами уровня вольтажа или тока. Спектральный анализ [37-39], в частности, спектральная плотность мощности [40,41], достаточно давно используются в измерениях как средства поверки и квалиметрии для нановольтметрии. Спектральный анализ как средство калибровки существенно лучше встроенных процедур тестирования и самокалибровки концептуально современных цифровых нановольтметров [42]. Как ни странно, применение этого актуально и для низких частот, частью которых являются биоакустические частоты звукового (или инфразвукового) диапазонов [43], так как, без учета модуляции, есть опасность спутать сигнал с «плаванием» показаний или кривой отслеживания сигнала [44]. В частности, это имеет аналогию в нановольтметрии Холловских сопротивлений, которые обеспечивают девиацию и «квантованную» модуляцию выходного тока [45]. Так как датчик Холла, используемый для измерения силы тока в проводнике, в отличие от трансформатора тока, измеряет также и постоянный ток, а метод нановольтметрии используется и для постоянного тока, аналогия становится, с точки зрения электроинженерии, эвристически-ценной.

1.3. Метрологические параметры нановольтметрической техники.

Количественные преимущества использования нановольтметрической и нановольтамперметрической техники для индикации девиации и модуляции на несущей очевидны. Существуют нановольтметрические усилители самого рекордно-низкого вольтажа [46], высокоточные нановольтметры (точность не является здесь синонимом чувствительности, но является синонимом уровня корректности / «аккуратности» измерений, то есть несет квалиметрический, а не только метрологический смысл) [47], синхронные (фазочувствительные) дифференциальные нановольтметры (как правило, для аналитической химии, физической химии, электрохимии, оптики) [48], нановольтметрические нуль-индикаторы / нуль-метры с улучшенной калибровкой «в ноль» [49]. Точность, шумы, нестабильности и метрологически-значимые девиации данного класса приборов хорошо изучены [50], как для аналогового, так и для цифрового их варианта [51]; известны интерфейсы передних панелей с

регуляторами грубой и тонкой настройки для этих целей [52], вплоть до использования монолитных потенциометров типа «Хелипот», включающих в себя ручки грубой и тонкой настройки на различных радиусах вокруг единой оси вращения [53-55]. И уже, начиная с 1960-х гг., элементная база нановольтметров становится чисто твердотельной, так как до того ряд функций на ламповой базе реализовать было невозможно.

1.4. Развитие наноамперметрической техники.

Другим аспектом электрофизических «наномасштабных измерений» является техника наноамперметрии, часто совмещаемая с нановольтметрией, как правило, в рамках фазочувствительной схемы измерений [56]. Внедрение в схему измерений синхронного детектора и нановольтамперметрического (с переключением от шкалы к шкале) индикатора возможно только при полном соблюдении стандартных принципов электротехники, так как один из зондов подключается параллельно, а другой последовательно. Начиная с 1960-х гг., внедрение твердотельной (транзисторной и т.д.) элементной базы, привело к резкому улучшению воспроизводимости и точности нановольтамперметрии и основанных на ней метрологических приложений в электрохимии, анализе веществ, клеточной электрофизиологии, микроакустике, ядерной физике. На данный момент ретроспективно очевидны следующие принципиальные вехи наноамперметрии:

- 1955 – дотранзисторный по дизайну гальванометрический стрелочный наноамперметр, совмещенный с микровольтметром [57];
- 1965 – первый низкоимпедансный твердотельный наноамперметр [58];
- 1967 – перменноточковый наноамперметр-микровольтметр [59] (с 1968-го года известен простой микровольт-наноамперметр [60]);
- 1969 – твердотельный наноамперметр с фиксированной полосой [61];
- 1971 – первый «фотоумножительный» наноамперметр [62];
- 1979 – сверхвысоковольтный (5 кВ) логарифмический наноамперметр с оптронной развязкой (оптически изолированный) [63] (оптически изолированные наноамперметры применяются и разрабатываются до сих пор, в частности, в связи с потребностью микросиловых измерений в реальном времени [64]);
- 1994 – создание систем для мембранных измерений потенциал-зависимой емкости на базе генераторов последовательностей сигналов / импульсов и наноамперметров, разработанных в генеральной линии исследований предшествующего периода [65];
- 1998 – приближение к идеальной модели наноамперметра [66];
- 2008-2009 – дискуссия о наноамперметрах с плавающей параметрикой в журнале «Review of Scientific Instruments» [67,68].

1.5. Разработки в области анализа несущей и модуляции на ней.

Модуляционные исследования являются предметом пристального фундаментального и прикладного интереса в развитых странах с 1930-х гг. Исследования в области модуляции низкочастотных и / или акустических несущих являются в США предметом диссертаций, начиная с 1930-х гг. [69,70]. В тот же период начинается интенсивное патентование систем для модуляции и подавления несущих волн [71-73]. В период второй мировой войны данные разработки становятся засекреченными как у союзников, так и в Германии и сателлитных ей странах с достаточным уровнем развития. В частности, это связано с возможностями использования данных разработок в военных целях (особенно – в пеленгации, кодировании и декодировании шифровок, радиолокации, радиоуправлении военной техникой, внедрении прослушивающей и передающей техники на территории противника и т.д.). С 1945 года разработки частично продолжают в открытом режиме, хотя и с потерями, так как часть результатов послевоенных разработок, с первых лет холодной войны и до 1990-х гг., увы, является закрытой до настоящего времени. В 1940-е гг. патентуются новые форматы модуляции и системы для мультипараметрической и многоканальной модуляции [74,75], однако ещё чувствуется давление сроков засекречивания военной информации с первой половины 40-х гг., поэтому первый повторный (после 1930-х гг.) всплеск инженерно-технических патентуемых работ в этой области идёт в 1950-е гг. [76-81]. Практически вся ранняя эпоха астронавтики США в аспекте электронного обеспечения передачи информации базируется на разработках этого периода. Естественно, речь идёт об аналоговом сигнале и аналоговой модуляции, а не манипуляции, хотя частично предпосылки её формируются уже в те же послевоенные годы. В 1960-е гг. формируется двойственная ситуация, связанная с тем, что параллельно с работами в области аналоговой модуляции на несущей, начинаются работы (обычно патенты по ним датируются началом 1970-х гг., хотя статьи идут намного раньше) по демодуляции цифровой информации с использованием разных типов модуляции (в том числе угловой и фазовой) несущей [82-86]. В принципе, можно сказать, что это формирует предпосылки для ситуации 1980-х – 1990-х гг., когда для модуляции на несущей начинают применять различные алфавиты [87,88]. Тем не менее, применение аналоговых типов модуляции на несущей не прекращается по настоящее время, однако, так как технологии фазочувствительного / синхронного детектирования и слежения за фазой достигли значительного совершенства, элиминация интермодуляционных искажений производится с учетом фазы [89]. Этот принцип устраняет некогерентные, по природе и по определению, шумы из модуляционных пакетов, что существенно повышает чувствительность и устойчивость детектирования, по сравнению с амплитудными техниками 1960-х гг. [90] (первый расцвет фазовых техник модуляции и демодуляции несущей и сигнала на ней приходится, тем не менее, на 1960-1970-е гг. [91]).

Начиная с уровня импульсной и высокочастотной техники, на котором стала возможной эффективная модуляция в соответствующих её диапазонах

времен / длительностей / частот / скважностей сигналов (СВЧ), модуляция ВЧ-/СВЧ-сигнала на несущей и собственно несущей становится возможной, равно как и импульсного сигнала с той же скважностью / длительностью и временами ADSR. Так, с 90-х гг. осуществляют многоуровневую модуляцию с использованием векторных модуляторов миллиметровых волн [92]. С 2000-х гг. практикуется мультицикловая модуляция вплоть до аттосекундных процессов [93,94]. Внедряется асинхронная модуляция с использованием нескольких несущих [95]. В техниках с фазовым сдвигом и перекрытием несущих волн внедряются системы распознавания компонент [96].

К сожалению, в нейронауки и биоакустику данные разработки в тот период практически не поступают. Редкие исключения (например, работы по усилению волновой активности кортикальных нейросетей и их морфогенеза *in vitro* при стимуляции отдельными частотами (например, 150 МГц несущей при подаче пакетов сигналов с частотой 10-16 Гц) [97] только подтверждают правило, так как нейроэлектрофизиологические частоты не лежат в этом диапазоне несущей, а воздействие явно имеет физико-химический характер, а не модулирует активность нейросетей.

Всё это в совокупности подтверждает потребность в создании приборов для измерений модуляции и индексов несущей в биоакустике, равно как и наличие «свободной инструментальной ниши» для подобного оборудования.

2. Материалы и методы

В рамках инициативных (т.е. неоплачиваемых) опытно-конструкторских работ в ОМСИ ГЕОХИ РАН (БИП ГЕОХИ РАН) в 2010-2011 гг. группой под руководством О.В. Градова был создан прибор «Нановольтамперметрический биоакустический анализатор несущей», предназначенный для исследований в природной среде и по one-to-one-регистраграммам (при сохранении фазовых и амплитудных характеристик сигнала в записи без селективного усиления). На передней панели прибора расположены два стрелочных индикатора – для визуализации изменений уровня несущей (индикатор с надписью «несущая») и нановольтамперметр, улавливающий тонкие изменения сигнала (индикатор с надписью «нановольтамперметр»). Первая версия системы была выполнена в корпусе в стандарте «Надел», явно избыточном для данного типа приборов. В 2014 году Е.Д. Адамович выполнил модернизацию прибора, внедрив в его схему возможность приема сигнала с нескольких портов, а также произведя компактизацию, вследствие которой прибор стал размещаться в облегченном портативном пластиковом корпусе (с сохраненными от предыдущей версии органами индикации). Возможность регистрации сигнала с направленных по двум осям микрофонов позволила адаптировать данный прибор для анализа пространственной локализации источника сигнала (для этой цели на задней панели были выведены два TRS-коммутатора). Возможность подключения к АЦП-ЦАП посредством TRS позволила частично компьютеризировать цикл-протокол измерений на приборе. Впоследствии, для нужд биоакустического фингерпринтинга, был реализован ввод в ПО SpectraPLUS, EDSW, LabChart

и инструментарий утилит импорта / конвертирования форматов файлов для расширенной спектральной обработки в ПО AutoSignal.

3. Результаты

Видеокадры работы прибора – от подключения до регистрации показаний индикаторов – показаны ниже на видео. Авторы просят прощения за качество ролика, обусловленное, что очевидно, возрастом видеокамеры и датой разработки описанного прибора.

Можно видеть, что прибор откликается на биоакустические сигналы на обоих индикаторах – несущей и нановольтамперметрическом. Это говорит о возможности ввода прибора в обиход биоакустических, зоопсихологических и акусто-этологических измерений, а также – кастомизации под конкретные задачи пользователей.

<https://vimeo.com/273518407>

Выводы

Таким образом:

- Во-первых, аргументирована потребность в создании биоакустических приборов, обеспечивающих возможность измерений несущего сигнала и модуляции несущей волны.
- Во-вторых, продемонстрирована техническая релевантность подобных разработок, следующая из уровня техники и истории развития техники нановольтметрии, наноамперметрии и модуляционных измерений.
- В-третьих, разработан и апробирован, как то показано на видео, прибор «Нановольтамперметрический биоакустический анализатор несущей» с двумя типами индикации, для исследований в природной среде или по one-to-one-регистрограммам (при сохранении фазовых и амплитудных характеристик сигнала в записи без селективного усиления).
- В-четвертых, подготовлен задел для возможности регистрации сигнала с направленных по разным осям микрофонов, то есть адаптации этого прибора для анализа пространственной локализации источника сигнала (с использованием двух TRS-коммутаторов).
- В-пятых, поточная оцифровка данных с помощью аналого-цифрового преобразователя, вмонтированного в корпус прибора на уровне панели вывода, с передачей на ПК по универсальной серийной шине, приводит к возможности спектральной и иной (кепстральной, вейвлетной и т.д.) обработки сигнала (DSP) с помощью ПО SpectraPLUS, EDSW, LabChart и LabView, а также их принципиальных аналогов, в том числе – для последующей расширенной спектральной обработки в ПО AutoSignal.

Обсуждение.

Учитывая различные формы модуляции, которые могут наблюдаться в биоакустическом сигнале, рационально кастомизировать прибор не только под конкретные задачи, но и под конкретные типы модуляции. В частности, возможны следующие модификации прибора (естественно, что в полностью автоматическом – не со стрелочными индикаторами – исполнении):

1. Биоакустический нановольтметрический и наноамперметрический анализатор амплитудной модуляции, в частности, включающий в себя функции измерений с боковыми полосами, балансной и квадратурной (с двумя несущими) модуляции.
2. Биоакустический нановольтметрический и наноамперметрический анализатор угловой модуляции, в частности, включающий в себя функции измерений фазовой и частотной модуляции (модуляции, при которой передаваемый сигнал изменяет либо частоту ω , либо начальную фазу φ , амплитуда не изменяется), в том числе – линейной частотной модуляции.
3. Биоакустический нановольтметрический и наноамперметрический анализатор частотной модуляции, в частности, включающий в себя функции полноспектральных измерений при широкополосной частотной модуляции.
4. Биоакустический нановольтметрический и наноамперметрический анализатор фазовой модуляции, включающий в себя, в частности, функции анализа квадратурно-фазовой модуляции несущего сигнала и фазовой модуляции, получаемой изменением частоты несущего сигнала.

Для всех экзотических форм модуляции аббревиатуры, потенциально выводимые на переднюю панель прибора и в GUI (Graphical User Interface) на мониторе ПК, приведены на [странице](#).

Перспективы развития направления

Различие типов «естественной модуляции» биоакустического сигнала, в том числе – крайне специфичных экзотических, позволит улучшить уровень достоверности видовой, поведенческой и биоэкологической идентификации организмов и биоценозов – источников биоакустического сигнала. При этом, ввиду введения новых переменных и новых дескрипторов сигнала, а значит – и новых типов его модуляционной спектроскопии (в т.ч. не по Фурье-базису) и типов разложения сигнала по специфическим базисам, что очевидно, даст в результате новые несуррогатные ключи для идентификации видов, экосистем и т.д. по их комплексным сигналам. Это увеличит объективность систематик

и фенотипических кладистик (где фенотип – прямой биоакустический сигнал источника, а классификация производится по фенотипу или в совокупности с ним, без привлечения цитогенетических и молекулярно-генетических данных – естественно, что до пределов, до которых это биостатистически возможно). Благодаря широкому внедрению биоакустических (нановольтметрических и / или наноамперметрических) модуляционных анализаторов, представляется в перспективе возможным модуляционный фингерпринтинг видов и экосистем в реальном времени. Развитие соответствующих баз данных посредством как обучения с учителем (supervised learning), так и аналоговых подходов на базе аналоговой биоинформатики с несуррогатными ключами, сможет воскресить некоторые идеи и направления в биоакустике, частично забытые с прошлого века – со времён основополагающих работ Вепринцева и Морозова.

Литература

1. Агарков Г. Б., Гилевич С. А. К вопросу о хеморецепции у дельфинов // Вести, зоологии. – 1979. – №. 3. – С. 3-11.
2. Семенов В. А., Терехов В. И. Влияние хлор-и азотсодержащих веществ, растворенных в воде, на состояние кишечного микробиоценоза афалин // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. – 2008. – №. 1. – С. 14-16.
3. Василевская Г. И., Роман Н. И. Рецепторные нервные образования в экстраокулярной мускулатуре черноморских дельфинов // Вест. зоологии. – 1983. – №. 6. – С. 59-63.
4. Агарков Г. Б., Хоменко Б. Г., Слезин В. Б. Основные морфологические особенности головного мозга и черепномозговых нервов дельфинов и других китообразных: Сообщение I // Вестн. зоологии. – 1973. – №. 2. – С. 3-13.
5. Агарков Г. Б., Слезин В. Б., Хоменко Б. Г. Основные морфологические особенности головного мозга и черепномозговых нервов дельфинов и других китообразных: Сообщение II // Вестн. зоологии. – 1975. – №. 4. – С. 20-32.
6. Родионов В. А., Солнцева Г. Н. Морфология органов звукогенерации и звуковосприятия у дельфинов // Успехи современной биологии. – 2009. – Т. 129. – №. 4. – С. 399-416.
7. Римская-Корсакова Л. К., Дубровский Н. А. Определяется ли стратегия эхолокационного распознавания целей у дельфинов слуховым периферическим кодированием? // Акустический журнал. – 2006. – Т. 52. – №. 4. – С. 521-530.
8. Градов О. В. Биоакустический фингерпринтинг - многофакторный метод автоматизированной идентификации орнитофауны // Бутурлинский сборник: Материалы IV Международных Бутурлинских чтений. — Т. 4. — Изд-во КТП; Ульяновск, 2012. — С. 65–74.
9. Градов О. В., Нотченко А. В. Автоматический орнитофенологический мониторинг и популяционно-видовое картирование территорий при таксономическом биоакустическом фингерпринтинге // Бутурлинский

- сборник: Материалы IV Международных Бутурлинских чтений. — Т. 4. — Изд-во КТП; Ульяновск, 2012. — С. 75–84.
10. Градов О. В. Новейшие биоакустические методы для исследования морской фауны // Биомедицинская инженерия и электроника. — 2016. — № 1 (12). — С. 22–41.
11. Градов О. В. Автоматическое биоакустическое профилирование лесных экосистем, его экологическое и этологическое значение // XII Международная конференция «Леса Евразии – Белорусское Поозерье», Agenda. — Издательство Московского государственного университета леса Москва, 2012. — С. 49.
12. Агафонов А. В., Панова Е. М. Индивидуальный репертуар тональных (свистовых) сигналов афалин (*Tursiops truncatus*), содержащихся в дельфинарии в условиях относительной изоляции // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. — 2012. — №. 5. — С. 509-509.
13. Агафонов А. В., Панова Е. М. Тональные сигналы (свисты) афалин (*Tursiops truncatus*) как система персонифицированных акустических коммуникативных сигналов // Журнал общей биологии. — 2017. — Т. 78. — №. 1. — С. 38-55.
14. Попов В. В., Супин А. Я. Слух китов и дельфинов // Сенсорные системы. — 2012. — Т. 26. — №. 2. — С. 83-105.
15. Зайцева К.А., Королев В.И., Ахи А.В., Бутырский Е. Ю., Сапрыкин А.В. Способность дельфинов к восприятию и классификации низкочастотных сигналов // Национальная безопасность и стратегическое планирование. — 2016. — №. 4. — С. 28-38.
16. Сысуева Е. В., Попов В. В., Супин А. Я. Многоканальное проведение звука к улитке у зубатых китообразных // Сенсорные системы. — 2011. — Т. 25. — №. 4. — С. 319-328.
17. Римская-Корсакова Л. К., Дубровский Н. А. Интерауральные различия по времени и амплитуде при слуховом приеме импульсов у дельфинов: имитационное моделирование // Сенсорные системы. — 2003. — Т. 17. — №. 1. — С. 68-80.
18. Сысуева Е. В., Нечаев Д. И., Попов В. В. Слуховая чувствительность белухи (*Delphinapterus leucas*). электрофизиологический подход // Актуальные проблемы экологии и эволюции в исследованиях молодых ученых. — 2008. — С. 267.
19. Бабушина Е. С., Поляков М. А. Локализация дельфином афалиной источника акустических сигналов в вертикальной плоскости // Биофизика. — 2008. — Т. 53. — №. 3. — С. 499-503.
20. Иванов М. П. Изучение коммуникационного поведения дельфина: методика, двигательные и акустические показатели // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. — 2009. — Т. 45. — №. 6. — С. 575-582.
21. Зверев В. А., Коротин Р. И. Метод акустического темного поля. <http://www.acoustician.ru/rus/scientific/articles/5.doc>

- 22.Филатова О. А., Шулежко Т. С. Акустическая коммуникация зубатых китов // Успехи современной биологии. – 2006. – Т. 126. – №. 3. – С. 297-304.
- 23.Никольский А. А. Влияние амплитудной модуляции на структуру спектра звукового сигнала сурков (*Marmota*, *Rodentia*, *Sciuridae*) // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2007. – №. 4. – С. 428-436.
- 24.Володин И. А., Володина Е. В. Скромное очарование нелинейностей // Природа. – 2006. – №. 2. – С. 26-32.
- 25.Морозов В. П., Черниговская Т. В. Об избирательной чувствительности слуха человека к амплитудной модуляции речи // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 1975. – Т. 11. – №. 5. – С. 468-473.
- 26.Панов Е. Н., Павлова Е. Ю. Сравнительная этология лебедей (*Cygnus*, *Anseriformes*) мировой фауны. 2. Акустические компоненты поведения // Зоологический журнал. – 2007. – Т. 86. – №. 6. – С. 709-738.
- 27.Панов Е. Н., Непомнящих В. А., Рубцов А. С. Организация песни у лесного конька (*Anthus trivialis*, *Motacillidae*) // Зоологический журнал. – 2006. – Т. 85. – №. 1. – С. 84-100.
- 28.Звонов Б. М. Акустический образ чечевицы обыкновенной *Carpodacus erythrinus* (Pall.) // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2004. – №. 5. – С. 561-565.
- 29.Бибиков Н. Г. Механизмы адаптации в нейронных сетях слухового анализатора. Сессия Научного совета РАН по акустике и XXV сессия Российского акустического общества (Сб. тр.). – 2012. – Т. 3. – С. 51-56.
- 30.Панов Е.Н. Амфибии – как они общаются между собой // Природа. – 2014. – №12. – С. 37-47
- 31.Шестаков Л. С., Веденина В. Ю. Роль стабильных и изменчивых параметров акустических сигналов насекомых в конспецифической коммуникации. itas2013.iitp.ru
- 32.Овцунова П.А., Парамонов М.С. Изучение влияния возраста и ранга на акустические сигналы ухаживания у сверчка *Gryllus bimaculatus* (De Geer, 1773) [Науч. рук. Веденина В.Ю.; кур.: ИППИ РАН]. Москва 2016. <http://www.bioclass.ru/files/def16/paramonov.pdf>
- 33.Корсуновская О. С. Акустические системы связи кузнечиковых (*Orthoptera*, *Tettigonioidae*) : дис. – М., 2009.
- 34.Корсуновская О. С. Звуковая сигнализация кузнечиковых (*orthoptera*, *tettigonioidae*). сообщение 2 // Зоологический журнал. – 2009. – Т. 88. – №. 1. – С. 18-22.
- 35.Корсуновская О. С. Кодирование видоспецифической информации в звуковых сигналах кузнечиков (*Orthoptera*, *Tettigoniidae*) // Труды Русского энтомологического общества. – 2005. – Т. 76. – С. 141-153.

36. Романенко Е. В., Соколов В. Е., Сухов В. П. Применение телеметрии при изучении млекопитающих в СССР. В сб.: Итоги мечения млекопитающих. М.: Наука. – 1980. – С. 282-296.
37. Witt T. J. Low-frequency spectral analysis of DC nanovoltmeters and voltage reference standards // IEEE transactions on instrumentation and measurement. – 1997. – Т. 46. – №. 2. – С. 318-321.
38. Witt T. J. Using DC nanovoltmeters for low-frequency spectral analysis of voltage reference standards // Precision Electromagnetic Measurements Digest, 1996 Conference on. – IEEE, 1996. – С. 330-331.
39. Witt T. J. Using DC nanovoltmeters for low-frequency spectral analysis of voltage reference standards // IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest, 1996. – IEEE, 1996. – С. 330-331.
40. Witt T. J. Using the Allan variance and power spectral density to characterize DC nanovoltmeters // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2001. – Т. 50. – №. 2. – С. 445-448.
41. Witt T. J. Using the Allan variance and power spectral density to characterize DC nanovoltmeters // IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest, 2000. – IEEE, 2000. – С. 667-668.
42. Langstaff S. A self calibrating digital nanovoltmeter // IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements, 1990 (CPEM'90 Digest). – IEEE, 1990. – С. 128.
43. Slabkii L. I., Kosarin P. E. Simple low-frequency nanovoltmeter // Measurement Techniques. – 1968. – Т. 11. – №. 1. – С. 126-127.
44. Sauer B. E., Kara D. M., Hudson J. J., Tarbutt M. R., Hinds E. A. A robust floating nanoammeter // Review of Scientific Instruments. – 2008. – Т. 79. – №. 12. – С. 126102.
45. Inglis D., Wood B. Why nanovoltmeter offset currents do not explain measured deviations in the quantized Hall resistance // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2000. – Т. 49. – №. 6. – С. 1358-1359.
46. Cannatà G., Scandurra G., Ciofi C. Nanovoltmeter amplifier for low level voltage measurements // Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2012. – IEEE, 2012. – С. 653-657.
47. Šala A., Ilić D., Leniček I. High accuracy digital nanovoltmeter for maintenance of voltage standards // 1st International Symposium RMO 2008-Regional Metrology Organizations and 20th International Metrology Symposium. – 2008.
48. Rozier C. P. A synchronous differential Nanovoltmeter for optical methane detection : дис. – Brown University, 1976.
49. Frenzel L. E. TECHVIEW-TEST & MEASUREMENT - Unique Nullmeter / Nanovoltmeter Improves Calibration Precision // Electronic Design. – 2006. – Т. 54. – №. 17. – С. 32-33.
50. Strassberg D. Nanovoltmeter combats offsets, drift, and noise // EDN. – 2004. – Т. 49. – №. 18. – С. 16.

51. Ignat'ev V. K., Nikitin A. V., Perchenko S. V., Stankevich D. A. A digital nanovoltmeter // Instruments and Experimental Techniques. – 2012. – T. 55. – №. 1. – C. 44-48.
52. Epstein, K., Moore, F. T., Dahlberg, E. D., & Goldman, A. M. Gain control interface for a nanovoltmeter // Journal of Physics E: Scientific Instruments. – 1981. – T. 14. – №. 9. – C. 1050-1051.
53. Vila R., Hodgson E. R. TIEMF effect in ceramic coated cables // Journal of Nuclear Materials. – 2009. – T. 386. – C. 1041-1044.
54. Stair R., Schneider W. E., Fussell W. B. The new tungsten-filament lamp standards of total irradiance // Applied optics. – 1967. – T. 6. – №. 1. – C. 101-105.
55. Siew Y. H., Aubrey J. E. The transverse electric fields in zinc // Journal of Physics D: Applied Physics. – 1985. – T. 18. – №. 9. – C. 1735.
56. Adamovich E. D., Alexandrov P. L., Gradov O. V. Lock-in/phase-sensitive spectral nanovoltmetric patch-clamp with frequency discrimination (ϕ - ω -patch-clamp) as simple technology for single ion channel registration in cellular biomedicine // Eur. J. Med., Ser. B. — 2017. — T. 4. – № 1. — C. 30–58.
57. Pye W. G. Galvanometer modulator, microvoltmeter and nanoammeter // Journal of Scientific Instruments. – 1955. – T. 32. – №. 11. – C. 454-455.
58. Otte V. A., Sullivan R. P. Low Impedance Solid State Nanoammeter // Review of Scientific Instruments. – 1965. – T. 36. – №. 10. – C. 1504-1504.
59. Bollen D. DC nanoammeter and micro-voltmeter // Wireless World. – 1967. – T. 73. – №. 5. – C. 206.
60. Bollen D. Microvolt-nanoammeter // Wireless World. – 1968. – T. 74. – №. 1389. – C. 28.
61. O'haver T. C., Winefordner J. D. A versatile, solid state, constant bandwidth recording nanoammeter // Journal of Chemical Education. – 1969. – T. 46. – №. 4. – C. 241.
62. Kesselman M. Designing a photomultiplier nanoammeter. Preprint Copy. – 1971.
63. Sturman J. C., DeLaat J. C. Optically isolated logarithmic nanoammeter capable of floating to 5 kilovolts // NASA Technical Paper. – 1979. – №. 1527. – 23 C.
64. Aplin K.L., Smith K.L., Firth J.G., Kent B.J., Alexander M.S., Stark J. Inexpensive optically isolated nanoammeter for use with micro-Newton electric propulsion technology // Journal of Propulsion and Power. – 2008. – T. 24. – №. 4. – C. 891-895.
65. Fielder S. S., Noglik H., Pietro W. J. A pulse sequencer and transient nanoammeter system for membrane voltage-dependent capacitance measurements // Review of scientific instruments. – 1994. – T. 65. – №. 3. – C. 742-746.
66. Wijesundera R. P., Kalingamudali S. R. D., Jayasuriya K. D. Construction of a Near Ideal Nanoammeter. – 1998. – Proc. 14th Tech. Sess. Inst. Phys. (Sri Lanka). – C. 50-53.

67. Aplin K. L., Smith K. L. Comment on "A robust floating nanoammeter"[Rev. Sci. Instrum. 79, 126102 (2008)] //Review of Scientific Instruments. – 2009. – T. 80. – №. 5. – C. 057101-1.
68. Sauer B.E., Kara D.M., Hudson J.J., Tarbutt M.R., Hinds E.A. Response to "Comment on 'A robust floating nanoammeter'"[Rev. Sci. Instrum. 80, 057101 (2009)] //Review of Scientific Instruments. – 2009. – T. 80. – C. 057102-1.
69. Jackson K. A. Modulation of an Audio Frequency Carrier Wave : дис. – University of Alberta, 1933.
70. Simons F. W. Modulation of a Low Frequency Carrier Wave : дис. – University of Alberta, 1933.
71. Buschbeck W. Carrier wave modulation and suppression : пат. 2099294 США. – 1937.
72. Green E., Newsome H. C. Carrier wave modulation system : пат. 2128285 США. – 1938.
73. Urtel R. Circuit for amplitude modulation carrier wave : пат. 2171151 США. – 1939.
74. Bennet W.R. Carrier wave modulation : пат. 2377858 США. – 1945.
75. Gerardus H. B. Multichannel carrier wave system employing multiple modulation : пат. 2489361 США. – 1949.
76. Hepp G. Circuit arrangement for the frequency modulation of a carrier wave : пат. 2541649 США. – 1951.
77. Ross K.F. Dual modulation of carrier wave : пат. 2619547 США. – 1952.
78. Hartz J. Radio transmission and carrier wave modulation : пат. 2645710 США. – 1953.
79. Charles W. R. Modulation control circuits for modulated carrier wave transmitters : пат. 2651757 США. – 1953.
80. Charles W. E. Keyed frequency modulation carrier wave systems : пат. 2784255 США. – 1957.
81. Cyril G. T. Keyed frequency modulation carrier wave systems : пат. 2860185 США. – 1958.
82. Michel C., Michel C., Francois L. Demodulation of digital information signals of the type using angle modulation of a carrier wave : пат. 3490049 США. – 1970.
83. Wycoff K. H. Transmitter with means for generating the carrier wave before generating the modulation components : пат. 3619784 США. – 1971.
84. Wycoff K. H. Transmitter with means for generating the carrier wave before generating the modulation components : пат. RE28157 США. – 1974.
85. Bomke H. A. Secret communication system employing magnetic control of signal modulation on microwave or other electromagnetic carrier wave : пат. 3936748 США. – 1976.
86. Voles R. Phase modulation system for combining carrier wave segments containing selected phase transitions : пат. 4179672 США. – 1979.
87. Mak S. T. Method and apparatus for providing selectively variable modulation signal for a carrier wave : пат. 4658238 США. – 1987.

88. Escartin M. Carrier wave synchronization for multi-level two-dimensional modulation alphabets : пат. 6008692 CIIA. – 1999.
89. Whittet G. C., Kumar S. Method for reducing inter modulation distortion products of a combined carrier wave using phase alignment of the carrier components : пат. 7760031 CIIA. – 2010.
90. Ducot C. Incoherence noise in amplitude modulation (Incoherent carrier wave transmission of information by amplitude modulation) // L'Onde Electrique. – 1965. – T. 45. – C. 131-138.
91. Emura M., Takahashi F. Phase modulation and demodulation of triangular carrier wave. Electronics and Communications in Japan. – 1975. – T. 58. – № 6. – C. 110-117.
92. Ashtiani A.E., Nam S., d'Espona A., Lucyszyn S., Robertson I.D. Direct multilevel carrier modulation using millimeter-wave balanced vector modulators // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1998. – T. 46. – №. 12. – C. 2611-2619.
93. Xiang Y., Niu Y., Gong S. Proposal for isolated-attosecond-pulse generation in the multicycle regime through modulation of the carrier wave // Physical Review A. – 2012. – T. 85. – №. 2. – C. 023808-1 – 023808-5.
94. Yang X., Niu Y., Gong S. Realization of Single Attosecond Pulse Generation in Multi-Cycle Regime through Modulation of Carrier Wave // arXiv preprint arXiv:1110.6729. – 2011.
95. Chao-yang C. Asynchronous DS/CDMA Multi-user Detector Based on Multi-carrier Wave Modulation Technology // Journal of Jimei University Natural Science. – 2003. – T. 3.
96. Chen Y., Liu D., Zhu Z. Overlap carrier wave phase shift SVPWM modulation control technique research // International Conference on Electrical Machines and Systems, 2008. ICEMS 2008. – IEEE, 2008. – C. 1976-1979.
97. Gramowski-Voß A., Schwertle H.J., Pielka A.M., Schultz L., Steder A., Jügelt K., Axmann J., Pries W. Enhancement of cortical network activity in vitro and promotion of GABAergic neurogenesis by stimulation with an electromagnetic field with a 150 MHz carrier wave pulsed with an alternating 10 and 16 Hz modulation // Frontiers in neurology. – 2015. – T. 6. – C. 158.

**Консультация по возможности публикации статьи в журнале
«Теоретическая и прикладная экология»**

Почта Журнал ТПЭ <envjournal@yatsu.ru>
Кому: NEUROBIOPHYSICS <neurobiophys@gmail.com>

28 октября 2019 г., 18:30

Добрый день, уважаемые авторы! Редколлегия ознакомилась с Вашей статьёй.
Рекомендуем Вам обратиться в другой журнал, с техническим профилем.

С уважением, редколлегия журнала "Теоретическая и прикладная экология"

От: NEUROBIOPHYSICS <neurobiophys@gmail.com>

Отправлено: 24 октября 2019 г. 12:08:24

Кому: Почта Журнал ТПЭ; envjournal2017@gmail.com

Тема: Re: Консультация по возможности публикации статьи в журнале «Теоретическая и прикладная экология»

[Цитируемый текст скрыт]

Консультация по возможности публикации статьи по биоакустике

Вестник ТГУ. Биология <biotsu@mail.ru>
Ответить: "Вестник ТГУ. Биология" <biotsu@mail.ru>
Кому: NEUROBIOPHYSICS <neurobiophys@gmail.com>

21 октября 2019 г., 10:28

Здравствуйте, уважаемые коллеги,

Анализ Вашей работы показал следующее: Вы, действительно, сделали обзор. Объект Вашего исследования - прибор - анализатор.

Одно дело, если бы Вы сделали новый прибор, или усовершенствовали бы существующий и опробовали на 1 или большем виде и, соответственно, этому подготовили материал, который бы являлся биологическим и соответствовал тематике журнала

А вообще, судя по качеству и количеству литературы, Вам нужно выходить с работой на международные журналы

Наш журнал не может публиковать подобный материал и Вы только потеряете время

Обратитесь в журнал "Сибирский федеральный университет. Биология": половина членов редколлегии/редсовета работают в Институте биофизики. они смогут быстро ответить на Ваш вопрос и у них должны быть специалисты Вашего уровня

Ну и, возможно, данный материал будет ближе к журналам, публикующим статьи по исследованию моря (тк цитируете Вы много статей по общению дельфинов)

Переделайте подачу материала: для чего этот прибор нужен (с биологической, медицинской точки зрения).



Статья для журнала «Світ медицини та біології»

галина ерошенко <womab.ed@gmail.com>
Кому: NEUROBIOPHYSICS <neurobiophys@gmail.com>

18 июля 2019 г., 14:00

Добрый день, господин Адамович!

Редакция нашего журнала ознакомилась с Вашей статьей. К сожалению, мы вынуждены отказать Вам в публикации, т.к. заявленные в ней исследования не являются профильными для нашего журнала.

С уважением,

редакция журнала «Світ медицини та біології».



Насколько интересны для журнала статьи по биоакустике?

Принципы экологии (Principles of the Ecology) <ecopri@psu.karelia.ru>
Ответить: ecopri@psu.karelia.ru
Кому: NEUROBIOPHYSICS <neurobiophys@gmail.com>

15 октября 2019 г., 14:54

Уважаемые коллеги!

Нет, неправильно.

У меня сейчас очень напряженный отчетный период работы, в ноябре станет проще, и я хотел ответить позже.

К сожалению, в моем окружении (я зоолог) не просто найти специалиста, знакомого с вашей тематикой, два отказались, а постоянный контроль мне сейчас не под силу.

....

Статья "Биоакустический..." по теме ближе, особенно если читать только введение.

Однако очень обширное Введение почти не имеет отношения к содержанию статьи про прибор.

Получается двойственное впечатление: экологическое есть, но только во введении, сама же статья не содержит экологического (особенно, если посмотреть ключевые слова : "биоакустический фингерпринтинг; нановольтамперметр; наноамперметр; нановольтметр; модуляция; несущая; формантные спектры и кепстры; модуляционная спектроскопия").

Мне очевидно, что в таком виде публиковать статью у нас невозможно (кстати, что значит подпись под



Biophysical Instrumentation Group <neurobiophys@gmail.com>

Консультация по возможности публикации статей

Журнал радиоэлектроники <journal@cplire.ru>
Кому: NEUROBIOPHYSICS <neurobiophys@gmail.com>

22 января 2019 г., 12:32

Здравствуйте, уважаемые авторы!
Решением редколлегии Ваши статьи не приняты к публикации как несоответствующие требованиям журнала.
С уважением,
Е.В.Корженевская, секретарь редакции

Elena Korjenevskaya писал 2019-01-22 13:24:



O.V.GRADOV <o.v.gradov@gmail.com>

Your video is now on Vimeo

Vimeo <vimeo@email.vimeo.com>

5 июня 2018 г., 17:38

Ответить: Vimeo <reply-fe9317787164047b72-46244_HTML-397414457-6167586-221478@email.vimeo.com>

Кому: o.v.gradov@gmail.com



**Your video Биоакустический-анализатор-
регистрограмм-морских-млекопитающих is
now ready to watch on Vimeo.**

Here's what else you can do:

- [Share it with the world](#), and watch those likes roll in
- Head to [privacy settings](#) to control who can and can't see your video
- Or, [upload another](#)