

УДК 16.12-073.97-71; 621.39

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЭЛЕКТРОДОВ В АППАРАТУРЕ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА
(APPLICATION PROSPECTS OF NANOELECTRODES IN EQUIPMENT FOR
RESEARCH BIOELECTRICAL ACTIVITY OF HUMAN BODY)**

Д.К.Авдеева, И.А.Лежнина, А.А.Уваров, В.А.Сулайманова
D.K.Avdeeva, I.A.Iezhnina, A.A. Uvarov, V.A. Sulaimanova

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: inna84@sibmail.com

Показана перспектива и возможность использования медицинских нанoeлектродов для электроэнцефалографии (ЭЭГ), электрокардиографии (ЭКГ), электроокулографии (ЭОГ), электромиографии (ЭМГ), определение кожно-гальванической реакции (КГР).
(The perspectives and availability of use of medical nano-electrodes for electroencephalography (EEG), electrocardiography (ECG), electrooculography (EOG), electromyography (EMG), galvanic skin response (GSR) are shown.)

Ключевые слова:

Нанoeлектроды, биопотенциал, высокое разрешение.
(Nano-electrodes, biopotential, high resolution.)

В современных условиях развития здравоохранения чрезвычайно актуальной является задача разработки и внедрения в практику новых медицинских технологий, в том числе диагностических систем и комплексов, позволяющих повышать эффективность лечебно-диагностического процесса и сокращать экономические и трудовые потери.

В этой связи возрастает роль и значение функциональных методов исследования, которые широко применяются с целью раннего выявления патологии, дифференциальной диагностики различных заболеваний и контроля эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий. [1,2]

Одной из наиболее распространенных методик оценки состояния биообъекта и его параметров в биологии и медицине является измерение его электрических характеристик: биопотенциалов, биотоков, либо проводимостей тканей, органов, жидкостей биологического происхождения – биоэлектролитов.

Электрофизиология изучает электрическое проявление жизнедеятельности клеток, тканей и органов для выяснения их природы, возможного физиологического значения, а также использования в качестве точных показателей функционирования, так как патологические изменения органов сказываются на параметрах и форме регистрируемых биоэлектрических потенциалов. В настоящее время известен целый ряд методов и средств диагностики, основанных на регистрации биоэлектрических сигналов, генерируемых различными органами и структурами человеческого организма.

В медицине широко используются электрографические методы, позволяющие проводить диагностику, прогнозирование и коррекцию функционального состояния организма человека, при которых устанавливается связь между электрофизиологическими и клинико-анатомическими характеристиками человека, изучается электрическая активность его органов и тканей. К наиболее информативным и широко используемым в медицинской практике методам относятся электроэнцефалография (ЭЭГ), электрокардиография (ЭКГ), электроокулография (ЭОГ), электромиография (ЭМГ), определение кожно-гальванической реакции (КГР).

Достоверность результатов электрофизиологического исследования во многом зависит от качества электродов, их физико-химических свойств. Электроды контактируют с поверхностью тела человека и таким образом замыкают электрическую цепь между генератором биопотенциалов и измерительным устройством. В настоящее время для чрескожной регистрации биопотенциалов используют электроды из различных материалов (нержавеющая сталь, никром, серебро, золото, углерод и т.д.).

Качество и достоверность регистрируемой информации также зависят от параметров электродов: электродного потенциала, напряжения поляризации, контактного потенциала, напряжения шума, полного электродного сопротивления, геометрических размеров электродов и т.д.

Биоэлектрические сигналы, регистрируемые при диагностике различных органов и тканей человека, занимают диапазон от единиц нановольт до десятков милливольт по амплитуде и от 0 Гц до 20 кГц по частоте. Эти обстоятельства определяют довольно жесткие требования к электродам по минимизации потерь полезного сигнала, которые необходимо учитывать при разработке электродов.

Современные нанотехнологии и наноматериалы открыли новые перспективы для создания нового поколения медицинских электродов - наноэлектродов, рис.1, имеющих на порядок более высокую стабильность электродного потенциала, стабильные контактные и поляризационные потенциалы, более низкое напряжение шума и сопротивление [3,4].



Рис.1. Наноэлектроды с кнопочным отведением различных типоразмеров в сравнении друг с другом

Преимущества наноэлектродов:

- практически не поляризуются при токах до 0,5 мкА и имеют низкие контактные потенциалы;

- дрейф электродного потенциала при токе в 1 нА составляет не более 0,001 мкВ/с; при токе в 100 нА – не более 0,01 мкВ/с.

Обычные электроды под воздействием биоэлектрической активности мышц, возникающей в процессе жизнедеятельности человека, поляризуются. По этой причине применяют либо фильтры, ограничивающие сигналы в области низких частот, либо разрабатывают следящую систему на цифро-аналоговых преобразователях для компенсации постоянной составляющей биоэлектрической активности во входной цепи. Чаще всего идут по пути ограничения полосы пропускания измерительной системы. Второй вариант применяют в приборах высокого разрешения, схема усложняется, содержит большее количество электронных компонентов, которые приводят к увеличению уровня базового шума и к снижению чувствительности. Постоянное напряжение на выходе ЦАП в следящей системе создаёт постоянные токи, протекающие через электроды, поляризуя их.

На рис.2 и 3 представлены записи электроэнцефалограммы с помощью электроэнцефалографических наноэлектродов.



Рис. 2. Электроэнцефалограмма



Рис. 3. Электроэнцефалограмма

На рис. 4 и 5 представлены записи электромиограммы с помощью электромиографических наноэлектродов.



Рис. 4. Электромиограмма при нагрузке



Рис. 5. Электромиограмма в покое

На рис.6 и 7 представлены записи электроокулограммы левого и правого глаза с помощью медицинских наноэлектродов.

Окулистом констатировано снижение зрения в правом глазу пациента, что зарегистрировано на электроокулограмме.



Рис. 6. Электроокулограмма – левый глаз



Рис. 7. Электроокулограмма – правый глаз

На рис.8 и 9 представлены записи биопотенциалов кожно-гальванической реакции (КГР) с помощью медицинских нанозлектродов.



Рис. 8. Сигнал КГР



Рис.9. Сигнал КГР, быстрые волны

На рис.10 а представлена запись электрокардиограммы, снятой с рук человека (левой и правой) с помощью разработанного нами наручного кардиомонитора. На электрокардиограмме представлена частота сердечных сокращений пациента, рис.10 б. Из записи видна зависимость частоты сокращений от амплитуды электрокардиосигнала, которая увеличивается в моменты резкого снижения амплитуды. Наручный кардиомонитор в дальнейшем найдет широкое применение для постоянного контроля за состоянием сердечно-сосудистой системы пациентов в постинфарктном состоянии.

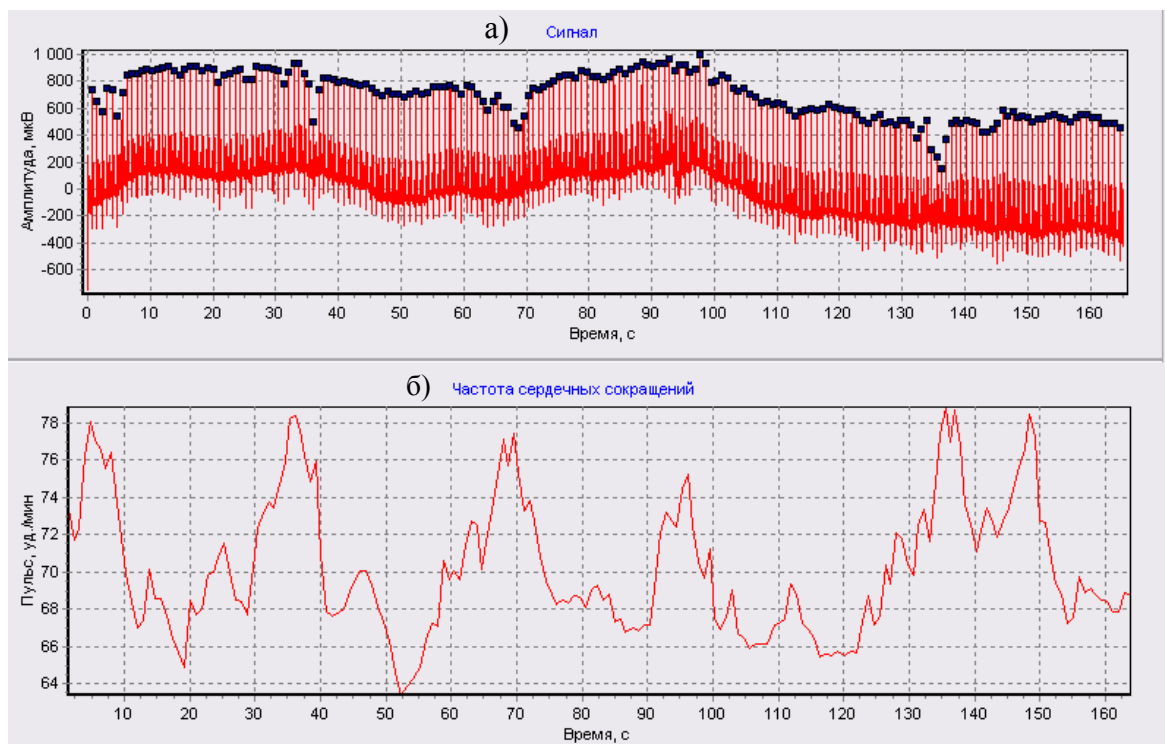


Рис. 10. Электрокардиограмма и частота сердечных сокращений

Проведены медицинские исследования медицинских нанозлектродов и разработанных макетов аппаратуры в Томском НИИ кардиологии. Получено высокое качество записи при регистрации электроэнцефалограммы, электромиограммы, электроокулограммы, сигнала кожно-гальванической реакции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Минздрава России "О совершенствовании службы функциональной диагностики в учреждениях здравоохранения Российской Федерации" от 30.11.93 № 283. URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=EXP;n=427821>
2. Высокие медицинские технологии – в практику функциональной диагностики. //Обзорение. Медтехника. -2007. -№5. URL: <http://www.altonika.ru/article.php?id=338> (дата обращения: 03.04.12).
3. Грехов И.С. Разработка и исследование автоматизированной установки для проверки медицинских хлор-серебряных электродов и медицинских нанозлектродов для съема поверхностных биопотенциалов человека: дис... канд.техн.наук – Томск.2008.-124с.
4. Лежнина И.А. Электрокардиограф на нанозлектродах : дис.... канд. технич. наук. — Томск. 2009. – С. 40-54.

Сведения об авторах:

Авдеева Д.К.: Томск, Томский политехнический университет, зав. лабораторией 63 ИНК ФГБОУ НИ ТПУ, д.т.н., профессор кафедры информационно-измерительной техники, сфера научных интересов: нанотехнологии, медицинское приборостроение, борьба с помехами, медицинские электроды. E-mail: diana.avdeeva@mail.ru.

Лежнина И.А.: Томск, Томский политехнический университет, к.т.н., доцент кафедры информационно-измерительной техники, старший научный сотрудник лаборатории 63 ИНК ФГБОУ НИ ТПУ, сфера научных интересов: исследование биоэлектрической активности сердца человека. E-mail: inna84-08@mail.ru.

Уваров А.А.: Томск, Томский политехнический университет, аспирант ИНК ФГБОУ НИ ТПУ, сфера научных интересов: автоматический анализ электрофизиологических данных. E-mail: uaa@tpu.ru.

Сулайманова В.А.: Томск, Томский политехнический университет, студент кафедры информационно-измерительной техники Институт неразрушающего контроля, сфера научных интересов: исследование биоэлектрической активности сердца человека. E-mail: venera_s91@mail.ru.