

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКАЯ
МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

**МЕДЭЛЕКТРОНИКА–2022.
СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
XIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

(Республика Беларусь, Минск, 8-9 декабря 2022 года)

Минск БГУИР 2022

УДК 621.38:61
ББК 32.85+51
М42

Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые
М42 медицинские технологии : сб. науч. ст. ХІІІ Междунар. науч.-техн. конф.
(Республика Беларусь, Минск, 8-9 декабря 2022 года). – Минск : БГУИР,
2022 – 341 с.
ISBN 978-985-543-688-2.

В сборнике опубликованы результаты научных исследований и разработок в области медицинской техники и новых медицинских технологий, реализации прогрессивных методов и средств диагностики и терапии, научно-технические достижения в создании приборов, аппаратуры, инструментов и медико-технических комплексов.

Сборник рассчитан на ученых, инженеров и врачей, работающих в областях научных исследований, разработки, производства, реализации и эксплуатации медицинской техники и новых медицинских технологий, а также на студентов медико-технических специальностей высших учебных заведений.

**УДК 621.38:61
ББК 32.85+51**

ISBN 978-985-543-688-2

© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2022

Сердечно приветствуем участников и гостей

XIII Международной научно-технической конференции «Медэлектроника-2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии».

Решение важнейшей задачи человечества – обеспечение здоровья, достойного качества жизни людей и их долголетия – лежит на стыке многих областей знаний и требует объединения усилий ученых, врачей, инженеров разных стран. Ещё один шаг к такому объединению – настоящая конференция.

Желаем участникам конференции плодотворной работы и успехов в создании и освоении новых технологий медицины XXI века.

**Программный и организационный комитеты
XIII Международной научно-технической конференции
«МЕДЭЛЕКТРОНИКА-2022».**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели:

Богуш В.А., д.ф.-м.н., профессор, ректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;
Губкин С.В., д.м.н., профессор, директор ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси»;
Рубникович С.П., д.м.н., профессор, ректор Белорусского государственного медицинского университета;
Чуканов А.Н., к.м.н., доцент, ректор Белорусской медицинской академии последипломного образования.

Члены программного комитета:

Герасименко М.А., д.м.н., профессор, директор РНПЦ травматологии и ортопедии;
Воропай Е.С., д.ф.-м.н., профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией Белорусского государственного университета;
Давыдов М.В., к.т.н., доцент, первый проректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;
Дик С.К., к.ф.-м.н., доцент, депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь VII созыва;
Камышников В.С., д.м.н., профессор, зав. кафедрой Белорусской медицинской академии последипломного образования;
Карпенко Ф. Н., к.м.н., директор ГУ «Республиканский научно-практический центр трансфизиологии и медицинских биотехнологий», главный внештатный специалист Минздрава по трансфизиологии;
Кутейко М.М., д.ф.-м.н., профессор, профессор Белорусского государственного университета;
Кульчицкий В.А., д.м.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, зам. директора ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси»;
Кругликов С.В., д.в.н., генеральный директор ОИПИ НАН Беларуси;
Лихачев С.А., д.м.н., профессор, зав. неврологическим отделом РНПЦ неврологии и нейрохирургии;
Лихачевский Д.В., к.т.н., доцент, декан факультета Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;
Лысенко С.А., д.ф.-м.н., профессор, директор Института природопользования НАН Беларуси;
Осипов А.Н., к.т.н., доцент, Начальник Центра плазменного и биомедицинского инжиниринга Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;
Пономаренко Г.Н., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, Генеральный директор ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта»;
Руденок В.В., д.м.н., профессор, проректор по международным связям Белорусского государственного медицинского университета;
Руммо О.О., д.м.н., профессор, академик НАН Беларуси, директор ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии»;
Сиваков А.П., д.м.н., профессор, зав. кафедрой Белорусской медицинской академии последипломного образования;
Смычек В.Б., д.м.н., профессор, директор РНПЦ медицинской экспертизы и реабилитации Министерства здравоохранения Республики Беларусь;
Шкадаревич А.П., д.ф.-м.н., профессор, академик НАН Беларуси, директор Научно-технического центра «ЛЭМТ» БелОМО.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Руководители:

Дик С.К., к.ф.-м.н., доцент, депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь VII созыва;

Осипов А.Н., к.т.н., доцент, Начальник Центра плазменного и биомедицинского инжиниринга Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Давыдов М.В., к.т.н., доцент, первый проректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Члены комитета:

Бондарик В.М., к.т.н., доцент, декан факультета Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Волчэк С.А., начальник учебно-методического управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Камлач П.В., к.т.н., доцент, доцент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Кашицкий Э.С., к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси»;

Котухов А.В., заместитель декана факультета Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Кудыш И.А., зав.лаб. кафедры Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Кузнецов Д.Ф., проректор по воспитательной работе Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Лихачевский Д.В., к.т.н., доцент, декан факультета Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Мадвейко С.И., к.т.н., доцент, зав. кафедрой Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Мигалевич С.А., начальник ЦИИР;

Навроцкий А.А., к.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Ревинская И.И., ассистент кафедры Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Самуйлов И.В., аспирант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Сиваков А.П., д.м.н., профессор, зав. кафедрой Белорусской медицинской академии последипломного образования;

Ситник Г.Д., к.м.н., доцент, заместитель директора по организационно-методической работе РНПЦ неврологии и нейрохирургии;

Шилин Л.Ю., д.т.н., профессор, декан факультета Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

Шичко Л.А., начальник отдела маркетинга и научных коммуникаций, БГУИР.

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Министерство образования Республики Беларусь

Министерство здравоохранения Республики Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Белорусская медицинская академия последипломного образования

ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

**Light Well
Organization**



Cedon



Cedon

Netco Sport LLC.



NETCO
s p o r t s

ООО «Эксон Ай Ти»



СОДЕРЖАНИЕ

АППАРАТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НТЦ «ЛЭМТ» Н.Д. Абрамович, А.П. Шкадаревич	11
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ М.М. Кугейко	16
АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРАКТИКУ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ В.С. Камышников	20
РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ ГОЛОВНОЙ БОЛИ НА ОСНОВЕ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ С.М. Манкевич, А.П. Сиваков, Т.И. Грекова, И.Н. Барадина	25
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СПЕКТРОСКОПИИ ДИФFUЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ БИОТКАНИ С.А. Лысенко, М.М. Кугейко, В.А. Фираго	29
ИНТРАОРАЛЬНОЕ НИЖНЕЧЕЛЮСТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ХРАПА И ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА С.П. Рубникович, И.Н. Барадина, Ю.А. Костецкий	33
ЛЕЧЕНИЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ОСТЕОХАНДРОЗА ПОЗВОНОЧНИКА ПОДВОДНЫМ ВЫТЯЖЕНИЕМ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ГИДРОМАССАЖЕМ Г.Д. Ситник, Э.С.Кашицкий, А.Н. Каминский, С.К. Дик, А.А. Марченко, Н.Н. Протьюко, Д.Э. Кашицкий, Н.С. Собчук, Я.О Кузнецов	37
АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ А.Н. Осипов, А.П. Клюев, О.Ч. Ролич, А.С. Мигалевич, В.Д. Владымцев, И.О. Хазановский, А.В. Пацеев, С.В. Пацеев	40
ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО И ЭКСКУРСИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ Н.Д. Титкова, С.В. Губкин, Э.С. Кашицкий	43
РЕСПИРАТОРНАЯ ПОДДЕРЖКА: АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ТЕРАПИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ Е.И. Давидовская, О.Б. Зельманский	46
ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОКСИРЕФЛЕКСОТЕРАПИИ И КЛАССИЧЕСКОГО ИГЛОУКАЛЫВАНИЯ В ЛЕЧЕНИИ ЛЮМБАЛГИИ Т.И. Грекова, А.П. Сиваков, С.М. Манкевич, О.Е. Осипова, Л.В. Подсадчик	51
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ ПИТЬЕВОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ САНАТОРИЯ «СВИСЛОЧЬ» В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ПАТОЛОГИЕЙ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ Д.В. Барановский	54
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНВЕЙЕР АНАЛИЗА ДАННЫХ ГЕНОМОВ КОРОНАВИРУСА М.В. Спринджук, В.И. Берник, Н.И. Калоша, А.С. Владыко, Б. Улзийбат, Б. Батгэрел, академик Л.П. Титов, Д.А. Климук, Е.М. Скрягина, А.Е. Скрягин, Т.Н. Глинская	60
КОНТРОЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ БИООБЪЕКТОВ А.Н. Осипов, В.А. Рокач, В.А. Малицкий, Т. Ма	66
ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТОТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПОСТКОВИДНОЙ ДЕПРЕССИИ Л.А. Малькевич, А.С. Ванда, Т.Л. Зенькович	69
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА А.Р. Савейко, С.В. Пацеев, М.В. Давыдов, К.Е. Мешкова, В.В. Пашкилевич	73
ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОСТАТА ДЛЯ ФОТОГРАММЕТРИИ ФАСА И ПРОФИЛЯ ЛИЦА В ОРТОДОНТИИ Е.В. Кузьменко, С.П. Рубникович, Е.А. Лядвин, А.К. Усович	78
ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ Т.М. Юрага, Т.С. Кухта	82
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ Д.Ю. Терещиленко, Н.М. Елец, А.О. Матошко, В.И. Колосей, М.В. Давыдов, Н.С. Давыдова	87
ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ГЕНЕРИРУЕМОЙ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ Ю.В. Запорожченко, Д.А. Котов, Е.К. Железнова, А.Н. Осипов	90

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ К.Е. Мешкова, С.В. Папеев, М.В. Давыдов, А.Р. Савейко, В.В. Пашкилевич	93
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО МЕДИЦИНСКОГО УСТРОЙСТВА В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун	98
АКТИВНЫЕ СПЕЦИФИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ БЕЛОРУССКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД Э.С. Кашицкий, Т.В. Каравай, Т.В. Крипиневиц	105
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ И РЕКРЕАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ УШАЧСКОЙ КУРОРТНОЙ ЗОНЫ В.Н. Гринкевич, В.И. Пашкевич, Т.В. Каравай, Д.Э. Кашицкий, В.В. Миренков, Э.С. Кашицкий	109
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВОТОКА АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА ЧЕЛОВЕКА И.И. Кудренко, В.А. Шутович, М.В. Давыдов	112
НАДЁЖНОСТЬ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ С.М. Боровиков, С.К. Дик, С.С. Дик	116
ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТОГЕНОВ ПРИ ЖЕНСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА О.Л. Богданович, Н.А. Огренич, Д.Э. Кашицкий, Е.В. Розарёнова.....	121
ГЕНЕРАЦИЯ АЭРОИОНОВ ПЛАЗМЕННЫМ ФАКЕЛОМ АРГОНА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ Ю.В. Запорожченко, А.В. Аксютин, Д.А. Котов, А.Н. Осипов	125
БАЛЬНЕОТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ НА БАЗЕ САНАТОРИЯ «СВИСЛОЧЬ» Д.В. Барановский	128
ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА ГЕЛЬ-ЭЛЕКТРОФОРЕГРАМ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ Д.С. Тарасов, М.П. Самцов, Е.В. Малюшкова, И.И. Хлудеев, И.В. Семак	134
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МЕДОСМОТРОВ В УЧРЕЖДЕНИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ М.А. Крупская, Е.К. Пригожая	139
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ЮЗАБИЛИТИ-ИНЖИНИРИНГ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ УСТРОЙСТВ В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун	143
СРАВНЕНИЕ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ИНДОТРИКАРБОЦИАНИНОВОГО КРАСИТЕЛЯ И ФОТОЛОНА М.П. Самцов, Д.С. Тарасов, А.П. Луговский, Е.С. Воропай, Р.Д. Зильберман, А.О. Савин.....	149
ОПТОРЕЛЕ МОДУЛЯ ПИТАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ТЕРМОШКАФА В.В. Пашкилевич, А.М. Стасишина	154
ИНДУЦИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ Г.А. Говор, Ю.В. Тимошков, А.О. Ларин, А.В. Матюшко	158
ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В.А. Дубовский, Е.А. Холод	162
ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА К.С. Богомаз, Н.А. Волорова, Д.А. Макарич, М.А. Юшкевич	169
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ Д.Н. Одинец	174
О СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМАХ В ПРЕПОДАВАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ В.Г. Лещенко, В.А. Мансуров, Г.Г. Лубневская	178
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕХМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ АРТЕРИЙ ПОСРЕДСТВОМ СРАВНЕНИЯ ИСХОДНОЙ ГЕОМЕТРИИ С ОБЛАКОМ ТОЧЕК АБСОЛЮТНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ М.В. Гольцев, В.А. Мансуров, И.А. Смирнова, Н.А. Трушель.....	180
АВТОМАТИЗАЦИЯ КРУПНОЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ НА ПРИМЕРЕ «БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ» А.С. Калина, М.А. Сасинович, А.А. Русак	183
ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И УФ-ИНДЕКСА	

И.И. Бручковский, Г.С. Литвинович, Т.Г. Табальчук.....	189
ДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ФЕНОЛАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ПЕЧЕНИ КРЫС	
Н.М. Орёл, А.М. Лисенкова, А.М. Братченя, Д.А. Жолудева.....	192
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СКОРОСТЬ УДАЛЕНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЕВЫХ СПЛАВАХ р-ТИПА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ АЛЬФА-ЧАСТИЦАМИ	
Д.Н. Жданович, Д.А. Огородников, И.Ф. Медведева, Фадеева Е.А., Толкачева Е.А.	194
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПАТОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕМОРА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ	
Т.С. Боброва, М.В. Давыдов, С.А. Корневский.....	199
ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ФОСФАТСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ WE43	
А.В. Поспелов, А.А. Касач, И.И. Курило.....	203
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА БОРОНАТНОЙ АФФИННОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЛИКИРОВАННОГО ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ	
О.О. Остапук, В.В. Жилинский, В.С. Федосенко, Г.Г. Горох.....	207
КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В МЕДИЦИНЕ	
Е.И. Лещевич, П.В. Камлач, А.В. Чураков, С.И. Мадвейко.....	210
ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И КВАНТОВОГО ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ	
И.Н. Семенчик, В.М. Бондарик, П.И. Горох, О.М. Внук, Г.Д. Ситник.....	213
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КВАНТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ДЕЛЬТОВИДНОЙ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА	
П.И. Горох, В.М. Бондарик, И.Н. Семенчик, В.В. Войтов.....	219
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ДИАПАЗОНА 5G (3,4-3,8 ГГц) НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА	
М.В. Брилевская, И.И. Кудренко, В.А. Шутович, М.В. Давыдов.....	225
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОДГОТОВКИ И АТТЕСТАЦИИ НАУЧНЫХ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	
Н.А. Никоненко, И.А. Кохановская.....	230
МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ТРЕМОРА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ	
Ё. Шавкатов, Т.С. Боброва, М.В. Давыдов, В.И. Ярмолик.....	234
ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТОГЕНОВ ПРИ ЖЕНСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА	
О.Л. Богданович, Н.А. Огренич, Д.Э. Кашицкий, Е.В. Розарёнова.....	237
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ КОДИРОВАННЫХ ДАННЫХ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	
А.И. Митюхин.....	241
«НЕЙРОННАЯ СЕТЬ» В РЕСПИРАТОРНОЙ МЕДИЦИНЕ	
Е.А. Лаптева, О.Н. Харевич, Е.И. Катибникова, А.Н. Лаптев, И.В. Коваленко, А.С. Позднякова, В.С. Коровкин, А.И. Мушовец, И.В. Безручко, О.Л. Горенюк, М.С. Эльжбур, О.П. Ермоленко, Н.А. Воронова, О.И. Буракевич, А.Н. Мартынюк, Т.Ф. Чабан, В.В. Хотько, Е.Н. Лобан, С.М. Тумашик, М.И. Журович, И.П. Дулуп, А.А. Каранкевич, М.Н. Зябко, Е.А. Бинецкая, Ю.Ю. Нарушевич, В.В. Дубинецкий, С.И. Алешкевич.....	246
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ	
Л.В. Кухаренко, М.В. Гольцев, О.Н. Белая.....	251
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ САТУРАЦИИ КИСЛОРОДА В КРОВИ С ПОМОЩЬЮ УМНЫХ ЧАСОВ	
Ш.Ф. Раджабов, С.К. Дик.....	254
ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ САНАТОРИЯ	
Л.Г. Карпишевич, В.А. Пономарев, М.А. Климович, А.Б. Назаренко, Т.М. Потягова.....	260
ЗНАЧЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ COVID-АССОЦИИРОВАННЫХ ПОРАЖЕНИЙ ЛЕГКИХ	
Д.С. Алексейчик, А.П. Сиваков, С.Е. Алексейчик.....	264
НАСУЩНЫЕ ПРОБЛЕМЫ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ	
А.Н. Каминский.....	267

ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ В САНАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	
О.А. Гороховская	271
ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОКСИТЕРАПИИ В САНАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ	
Н.В. Бельская.....	275
КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ПРЕФОРМИРОВАННЫХ ФАКТОРОВ В САНАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	
А.П. Мойсейченко, Т.Г. Калинкина	278
ГЕНЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОГИБАЮЩИХ В КОНТЕКСТЕ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ГОЛОСОВОЙ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА	
Д.С. Лихачёв, М.И. Вашкевич, Н.А. Петровский, И.С. Азаров	281
ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ БИОТРОПНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СУСТАВОВ	
А.И. Устинова, Л.А. Малькевич	284
ГРАВИТАЦИОННАЯ ТЕРАПИЯ В САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ И ОЗДОРОВЛЕНИИ	
В.Л. Шевель, Н.В. Решетникова, Л.А. Малькевич	288
ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕПРЕССИЕЙ	
А.С. Ванда, Л.А. Малькевич, М.М. Скугаревская	291
РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ ГОЛОВНОЙ БОЛИ НА ОСНОВЕ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ	
С.М. Манкевич, А.П. Сиваков, Т.И. Грекова, И.Н. Барадина.....	294
ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА И СЕЗОННЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ БЕЛАРУСИ В ФОРМИРОВАНИИ МЕТЕОАДАПТАЦИИ	
И.В. Буяков.....	298
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ С НИЗКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ ДЛЯ БАЛЬНЕОЛОГИИ	
А.Э. Пыж, Ю.Г. Януга, В.Н. Алейникова, Э.С. Кашицкий.....	304
МОНИТОРИНГ УФ ИНДЕКСА В БЕЛАРУСИ	
Т.Г. Табальчук, А.Г. Светашев	308
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕНИРОВОК В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ	
И.П. Марьенко, С.А. Лихачев, М.П. Можейко.....	311
ПРИМЕРЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ	
П.Ю.Бранцевич	314
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТА ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ	
О.В. Василёнок, А.Э. Пыж, Э.С. Кашицкий, Ю.А. Рудниченко.....	319
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ РИТМИЧЕСКОЙ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ МИГРЕНИ С СОПУТСТВУЮЩЕЙ ДЕПРЕССИЕЙ	
О.В. Глеб, Т.Н. Чернуха, С.А. Лихачев.....	321
РОЛЬ СПИРОМЕТРИИ У АМБУЛАТОРНЫХ ПАЦИЕНТОВ С МИАСТЕНИЕЙ ГРАВИС	
О.В. Галиевская, Т.Г. Гвищ, Е.Л. Осос, С.А. Лихачев, Ю.Н. Рушкевич.....	323
ПРИМЕНЕНИЕ РАССЕЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО СВЕТА ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ РАСТВОРЕНИЯ ЗАРОДЫШЕЙ КАВИТАЦИИ	
А.Ф. Гриб, А.В. Котухов, Н.А. Жарко, М.П. Федоринчик, Н.В. Дежкунов	326
СОСТОЯНИЕ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ АБСОРБИОМЕТРИИ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ НАРУШЕНИЕМ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ	
Т.С. Павловская, С.А. Лихачев, Э.К. Сидорович, А.В. Астапенко.....	331
ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ ПРОТИБОЛЕВОЙ АППАРАТ «ППА-01» В ЛЕЧЕНИИ МИОФАЦИАЛЬНОГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА	
С.А. Лихачев, С.А. Миронов.....	334

УДК 616.71

АППАРАТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НТЦ «ЛЭМТ»

Н.Д. АБРАМОВИЧ, А.П. ШКАДАРЕВИЧ

*Научно-производственное унитарное предприятие НТЦ «ЛЭМТ»
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Унитарное предприятие НТЦ «ЛЭМТ» - производитель медицинской техники. Выпускает изделия на основе полупроводниковых лазерных диодов с мощностями от 20 мВт до 6 Вт, например, аппарат лазерный хирургический диодный «Диолаз-940-6» (лазерный скальпель), устройство для визуализации подкожных вен Vmash, аппарат для лечения отита «Антиотит». Использование лазерных источников света и отечественного фотосенсибилизатора «Фотолон» с максимумом поглощения на длине волны 665 ± 5 нм представлено в аппаратах «УПЛ-ФДТ», «УПЛ-ФДТ-С». Аппараты ФДТ терапии применяются для фотохимического воздействия на объект (полость рта, кожа и т.д.). Подготовлен экспериментальный стенд на основе UVA-фотодиодов с длиной волны излучения 385 нм для проведения экспериментальных исследований по инактивации различных коронавирусов.

Ключевые слова: фотодинамическая терапия, физиотерапия, лечение, аппарат, визуализация вен, отит, стоматология, УПЛ-ФДТ, УПЛ-ФДТ-С, коронавирус.

TREATMENT DEVICES MANUFACTURED BY THE STC «LEMT» OF THE BELOMO»

N.D. ABRAMOVICH, A.P. SHKADAREVICH

*Scientific and Industrial Unitary Enterprise STC «LEMT»
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. Unitary enterprise STC "LEMT" is a manufacturer of medical equipment. Produces products based on semiconductor laser diodes with power from 20 mW to 6 W, such as diode laser surgical device "Diolaz-940-6" (laser scalpel), device for imaging subcutaneous veins Vmash, device for otitis media "Antiotite". The use of laser light sources and domestic photosensitizer "Fotolon" with maximum absorption at 665 ± 5 nm is presented in "UPL-FDT", "UPL-FDT-S" devices. Apparatuses of PDT therapy are used for photochemical effect on the object (oral cavity, skin, etc.). Experimental stand based on UVA-photodiodes with a wavelength of 385 nm for experimental studies on the inactivation of various coronaviruses was prepared.

Keywords: photodynamic therapy, physiotherapy, treatment, device, vein imaging, otitis media, dentistry, UPL-FDT, UPL-FDT-C, coronavirus.

Введение

С момента основания «ЛЭМТ» (лазеры в экологии, **медицине**, технологии) был и остается не только производственным, но интеллектуально-техническим центром. Предприятие является производителем медицинской техники, востребованной как внутреннем, так и на внешнем рынках.

Производимые аппараты

Предприятие выпускает широкий спектр изделий медицинского назначения на основе полупроводниковых лазерных диодов разной мощности (от 20 мВт до 6 Вт), например, аппарат лазерный хирургический диодный «Диолаз-940-6» (рис.1. а). Он предназначен для оперативных вмешательств в стоматологии, дерматологии, косметологии, онкологии, гинекологии, челюстно-лицевой хирургии и нейрохирургии. Аппарат обеспечивает минимальное рассеечение биотканей, надежный гемостаз, остановку кровотечения и ускоренное заживление ран с

минимальной болезненностью и воспалительной реакцией в послеоперационный период (лазерный скальпель). Выходная мощность от 0,5 Вт до 6 Вт, имеет меню оперативных вмешательств (запрограммированные режимы работы). Аппарат активно используется в медицинских центрах и больницах г. Минска, г. Пинска, г. Гомеля.



Рис. 1. Пример оформления рисунка: *a* – аппарат лазерный хирургический «Диолаз-940-6»;
b – устройство полупроводниковое лазерное «УПЛ-ФДТ»

В последние годы приобрело популярность применение лазеров совместно с фотодинамической терапией (далее - ФДТ) злокачественных новообразований ряда локализаций с использованием лазерных источников света и фотосенсибилизаторов [1,2]. Разработанное для этих целей устройство полупроводниковое лазерное «УПЛ-ФДТ» (рис.1. б). используется не только при проведении антибактериальной ФДТ фототерапии (в стоматологии, лечении гнойных и ожоговых ран, при сосудистых патологиях глазного дна), но и в онкологии, гинекологии и офтальмологии. Аппарат имеет ступенчатую регулировку выходной мощности от 0,1 до 2В с шагом 0,1 Вт, регулировку дозы излучения. После введения в организм пациента отечественного фотосенсибилизатора «Фотолон» (далее - ФС) под действием лазерного светового потока на длине волны 665 ± 5 нм происходит его (ФС) активация, и как результат фотохимической реакции - разрушение опухоли.

Новый переносной (портативный) аппарат «УПЛ-ФДТ-С» (рис.2) для стоматологии по габаритам сравним с фотополимеризатором, работает на литиевом аккумуляторе и весит не более 200 грамм. Аппарат снабжен комплектом сменных насадок, что оптимизирует его применение при самых различных операциях. Основные задачи, которые выполняет данный аппарат в лечебном процессе, заключаются в лазерной биостимуляции заживления ран и эрозивно-язвенных поражений в полости рта, противовоспалительном действии и антибактериальной ФДТ. Аппарат «УПЛ-ФДТ-С» обладает огромным потенциалом по расширению сферы применения, причем не только в стоматологии, но и в проктологии и гинекологии.



Рис. 2. Устройство полупроводниковое лазерное «УПЛ-ФДТ-С» для стоматологии

Одной из новейших разработок ЛЭМТ является физиотерапевтический аппарат «Антиотит» (рис.3). Он применяется для лечения легких и средних форм отита (воспалительного процесса, поражающего структуры уха). Аппарат достаточно прост и состоит из блока управления и наушников, которые используются для прогревания ушных каналов ИК-излучением.



Рис. 3. Аппарат физиотерапевтический «Антиотит»

Устройство для визуализации вен «Vmash» (рис.4) – это портативный автономный прибор весом около 100 г, напоминающий компьютерную «мышь». Аппарат, разработанный специально в помощь медицинскому персоналу, позволяет равномерно освещать отдельные участки кожи и подкожной клетчатки и может быть использован для лечения поверхностного варикозного расширения вен, помощи в поиске вены у проблемных пациентов при заборе крови для анализа и т.д.



Рис. 4. Устройство для визуализации вен «Vmash»

Подсветка вен достигается за счет разности освещений двух типов светодиодов: красного с длиной волны 660 нм и оранжевого, с длиной волны 605 нм с использованием драйвера для 32-х светодиодов.

Занимаясь разработками в области медицинской техники, ЛЭМТ не остался в стороне и от решения такой актуальной проблемы, как борьба с пандемией. На основе исследований [3], подготовлен экспериментальный стенд на основе UVA-фотодиодов с длиной волны излучения 385 нм (рис.5). Он предназначен для проведения экспериментальных исследований по инактивации различных коронавирусов, в том числе такого опасного, как SARS-CoV-2.



Рис. 5. Экспериментальный стенд на основе UVA-фотодиодов

Конечной целью исследований, для которых применяется экспериментальный стенд, является разработка технологий безопасной для человека обработки контактных поверхностей с целью уменьшения количества патогенных микроорганизмов и снижению риска передачи вируса от человека к человеку. Данные технологии базируются на методах уничтожения вирусов, бактерий и грибков с помощью ультрафиолетового излучения и видимого излучения, без использования вредных химических элементов или теплового воздействия.

Заключение

Таким образом, предприятие подготовило к проведению сертификационных испытаний образцы новых аппаратов и в ближайшее время, после проведения клинических испытаний эти аппараты будут доступны к покупке. Проведением научных исследований, разработкой и производством медицинской продукции ЛЭМТ вносит свой вклад в развитие отечественной медицины и выполнение программы по импортозамещению.

Список литературы

1. И.Г.Ляндрес, А.П.Шкадаревич, Т.Б.Людчик *Современные лазерные технологии в стоматологии*. Минск: Медьял; 2017. - 218 с.
2. И.Г.Ляндрес, А.П.Шкадаревич, Т.Б.Людчик, В.Л. Семенчук *Лазерные технологии в хирургии фотодинамической терапии*. Минск: Медьял; 2018. -320 с.
3. Завестовская И. Н. , Гушчин В. А. , Руссу Л. И. , Чешев Е.А., Коромыслов А. Л. , Тупицын И. М. , Фроня А. А. , Григорьева М. С. Инактивация коронавирусов под действием излучения светодиодов UVA-диапазона. *Квантовая электроника*. 2022, 52(1): 83–86 DOI.org/10.1070/QEL17969/

References

1. Landres I.G., Shkadarevich A.P., Ludchik T.B. [Sovremennyye lazernyye tehnologii v stomatologii] Minsk: Medial; 2017. - 218 p (In Russ.)
2. Landres I.G., Shkadarevich A.P., Ludchik T.B., Semenchuk V.L. [Lazernyye tehnologii v khiryrgii fotodinamicheskoi terapii] Minsk: Medial; 2018. - 320 p (In Russ.)
3. Zavestovskaya I. N. , Gushchin V. A. , Russu L I. , Cheshev E.A., Koromyslov A. L. , Tupitsyn I. M. , Fronya A. A. , Grigoryeva M. S. [Inaktivaciya coronavirusov pod deistviem izlycheniya svetodiodov UVA-diapazona] *Qvantovaya electronica*. 2022, 52(1): 83–86 DOI.org/10.1070/QEL17969 (In Russ.)

Вклад авторов

Абрамович Н.Д. систематизировал разработки, подготовил текст статьи.
Шкадаревич А.П. определил перечень аппаратов, провел обсуждение текста статьи.

Authors contribution

N.D. Abramovich systematized the developments, prepared the text of the article.
A.P. Shkadarovich identified a list of devices, trained the text of the article.

Сведения об авторах

Абрамович Н.Д., кандидат тех. наук, начальник отдела разработки медицинской техники унитарного предприятия НТЦ «ЛЭМТ»

Шкадаревич А.П., академик Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор, директор унитарного предприятия НТЦ «ЛЭМТ»

Адрес для корреспонденции

220014, Беларусь, Минск, Макаенка, 23/1
Унитарное предприятие НТЦ «ЛЭМТ»
тел. 8(017) 373-92-00
e-mail: med@lemt.by

Information about the authors

Abramovich N.D., Candidate of Technical Sciences, Head of Medical Device Development Unitary Enterprise STC «LEMT»

Shkadarovich A.P., Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director Unitary Enterprise STC «LEMT» of the BelOMO»

Address for correspondence

220013, Belarus, Minsk, 23/1 Makayonok Str,
Unitary Enterprise STC «LEMT»
tel. 8(017) 373-92-00
e-mail: med@lemt.by

УДК 551.508

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ

М.М. КУГЕЙКО

Белорусский государственный университет, пр-т Независимости 4, 220030, Минск, Беларусь

Аннотация. Разработан способ определения концентраций парниковых газов на основе измерения спектральных значений коэффициентов поглощения светового излучения. Оценена эффективность и точностные характеристики предлагаемого способа в условиях перекрытия спектральных линий газовой компонент исследуемой среды. Показана возможность создания автоматизированной системы непрерывного мониторинга концентраций водяного пара и углекислого газа в приземном слое атмосферы.

Ключевые слова: парниковые атмосферные газы, парниковый эффект, концентрация паров воды, CO₂, оптические характеристики, регрессионные соотношения.

METHOD FOR DETERMINING GREENHOUSE GAS CONCENTRATIONS IN THE ATMOSPHERE

M.M. KUGEIKO

Belarusian State University, Nezalezhnosti Ave. 4, 220030, Minsk, Belarus

Abstract. A method has been developed for determining the concentrations of greenhouse gases based on measuring the spectral values of the absorption coefficients of light radiation. The efficiency and accuracy characteristics of the proposed method are evaluated under conditions of overlapping spectral lines of the gaseous component of the medium under study. The possibility of creating an automated system for continuous monitoring of water vapor and carbon dioxide concentrations in the surface layer of the atmosphere is shown.

Keywords: atmospheric greenhouse gases, greenhouse effect, water vapor concentration, CO₂, optical characteristics, regression relations.

Введение

Индустриальная деятельность с каждым годом делает все более актуальной проблему охраны окружающей среды, поскольку среди многообразных воздействий человека на природу особое место занимает загрязнение воздушного и водного бассейна. Для достижения прогресса в исследовании окружающей среды необходимо соединение высокого уровня развития науки и техники и понимания важности этой проблемы обществом. Однако только в последние годы стали обращать внимание на ограниченность ресурсов Земли и «хрупкость» баланса экосистемы. Связано это в первую очередь со следующими проблемами, возникшими перед человечеством.

Вблизи земной поверхности в воздухе содержатся различные газы: N₂, O₂, H₂O, CO₂, CH₄, H₂, CO, O₃, N₂O, NO, HNO₃, NH₃, SO₂, H₂S, HCl и т. п. Многие из них можно считать вредными в той или иной мере для людей. При этом некоторые из них влияют на человека непосредственно, например, окись углерода (угарный газ), в то время как механизмы воздействия других оказываются более сложными. Так, хлорфторуглероды (ХФУ), известные под названием фреонов, считались ранее полностью безвредными из-за их химической инертности. Однако последние исследования показали возможность попадания стабильных молекул ХФУ в атмосферу, где под воздействием ультрафиолетовой (УФ) радиации они диссоциируют с образованием свободных атомов хлора, которые участвуют в каталитическом разрушении озона.

Другая долговременная проблема связана с ростом содержания в атмосфере двуокиси углерода (CO_2), образующейся в результате сжигания природных видов топлива. Согласно оценкам специалистов, содержание CO_2 в атмосфере в результате деятельности людей увеличилось за последнее столетие на 15%. Важность этой проблемы обусловлена радиационными свойствами газа CO_2 : он прозрачен для излучения видимого диапазона, но относительно непрозрачен для теплового инфракрасного (ИК) излучения, что приводит к так называемому парниковому эффекту. Сущность его в том, что солнечная радиация сравнительно беспрепятственно проходит через атмосферу, в то время как тепловое излучение земной поверхности «захватывается» молекулами CO_2 в атмосфере. Парниковый эффект могут вызывать и другие газы. Например, фреон-11 и фреон-12 при их содержании в атмосфере в количестве нескольких долей от 10^9 (млрд⁻¹) могли бы повысить температуру земной поверхности на 0,9 К. Это обусловлено сильными полосами поглощения данных веществ в спектральном интервале 8–12 мкм, где сосредоточена значительная часть энергии ИК-излучения Земли.

Существует множество методов газового анализа: механические, акустические, тепловые, магнитные, электрохимические, полупроводниковые, масс-спектрометрические, оптические. Все эти методы, как правило, требуют отбора проб. А это, и сложно, и приводит к дополнительным погрешностям определяемых величин. Используются, в основном, для однокомпонентных и бинарных газовых сред [1].

Из оптических методов на практике наибольшее применение получили абсорбционные, базирующиеся на измерении ослабления излучения контролируемой средой. Эти методы, в свою очередь, подразделяются на дисперсионные, требующие спектрального разложения посылаемого излучения и регистрации спектров поглощения, и не дисперсионные, в которых измеряется разность световых потоков, пропущенных через исследуемую среду и нейтральный ослабитель. Недостатком данных методов является сильная зависимость от изменений аппаратных констант приемно-излучающих, регистрирующих блоков измерительной системы, температуры, давления окружающей среды. Требуют использования узкополосных фильтров, высокомонокроматических источников излучения, защиты оптических элементов от загрязнений [1].

С появлением лазеров данные методы получили дополнительные преимущества, поскольку им присущи такие достоинства как высокая концентрационная чувствительность, оперативность, дистанционность, высокое пространственное разрешение. Особо следует выделить среди них метод дифференциального поглощения [2]. Широко используется в средах с возможностью выделения центра и крыла линий поглощения газовых компонент.

Для многокомпонентных сред при перекрытии их спектральных линий используются многоспектральные измерения (устанавливаются комбинации длин волн [2]), требующие решения обратной задачи. При этом задача нахождения концентрации газовых компонент из результатов измерений относится к классу некорректных математических, поскольку решение таких задач может быть неустойчивым по отношению к малым вариациям (погрешностям) измеряемых данных, приводит к большим погрешностям в определении компонентного состава исследуемой газовой смеси.

Задача контроля многокомпонентных газовых сред еще больше усложняется, когда их спектральные линии сильно перекрываются. В этом случае использование выбранных спектральных каналов измерения, соответствующих линиям поглощения исследуемых компонент, требует учета вклада их перекрытия. Ниже рассматривается возможность оперативного определения концентрации парниковых газов в атмосфере с перекрывающимися линиями их поглощения, повышения при этом точности измерений.

Способ определения концентраций парниковых газов в атмосфере

Новый подход к решению обратной задачи оптического зондирования на основе установления регрессионных соотношений между определяемыми параметрами и измеряемыми оптическими характеристиками предложен в [2]. В докладе рассматривается возможности использования данного подхода для определения концентраций водяного пара и

углекислого газа в атмосфере по спектральным измерениям в диапазоне 2650-2850 нм, в котором наиболее сильно перекрываются их линии поглощения. Из оптических методов решения данной задачи наиболее точным является дифференциальный метод, основанный на измерении поглощения на двух длинах волн λ_0 и λ_1 путем последовательного или одновременного пропускания через анализируемую среду зондирующего излучения $I(\lambda_0)$, совпадающего с центром линии поглощения $k(\lambda_0)$ определяемого компонента, и крылом линии поглощения $k(\lambda_1)$. К дестабилизирующим факторам, которые формируют погрешности измерений данного метода, необходимо отнести: нестабильность аппаратных констант приемных и излучающих устройств, вариации содержания сопутствующих компонент в контролируемой аэродисперсной среде и изменения атмосферного давления и температуры.

Регрессионный метод решения обратных задач предполагает, что искомые параметры среды (в частности концентрация газовых компонент) могут быть найдены при помощи некоторой статистической функции от измеряемых оптических характеристик. В настоящей работе в качестве функциональной связи между процентной концентрацией M паров воды и углекислого газа газовых и главными компонентами ζ_i , выделенными из спектральных значений их коэффициентов поглощения $\varepsilon(\lambda_i)$, использовались линейные множественные регрессии

$$M = a + \sum_{i=1}^N b_i \zeta_i, \quad (1)$$

где N – количество главных компонент (ГК), a и b_i – коэффициенты регрессии, вычисляемые на основе выборки с использованием метода наименьших квадратов. Приведённые в работе результаты получены для двух ГК.

Главные компоненты представляют собой линейную комбинацию из коэффициентов поглощения в интервале 2670-2850 нм с шагом 20 нм. Множители c_{ij} при коэффициентах поглощения c_{ij} приведены в таблице 1, где

$$\zeta_i = \sum_{j=1}^{\Delta\lambda/20} c_{ij} \varepsilon(\lambda_j), \quad (2)$$

$\Delta\lambda/20 = 10$. Коэффициенты a и b_i приведены в таблице 2.

Таблица 1. Множители при коэффициентах поглощения для главных компонент ζ_i .

	Длина волны	Множители для 1-ой главной компоненты	Множители для 2-ой главной компоненты		Длина волны	Множители для 1-ой главной компоненты	Множители для 2-ой главной компоненты
j	λ_j , нм	c_{1j}	c_{2j}	j	λ_j , нм	c_{1j}	c_{2j}
1	2670	0,3087	0,3369	6	2770	0,3193	-0,3072
2	2690	0,3659	-0,0546	7	2790	0,3497	0,1902
3	2710	0,3286	-0,2776	8	2810	0,2524	0,4517
4	2730	0,2667	-0,4274	9	2830	0,3535	0,1685
5	2750	0,3263	0,2853	10	2850	0,2689	-0,4234

Таблица 2. Коэффициенты линейной регрессии (1) для H_2O и CO_2

/	Для H_2O	Для CO_2
a	0,0017	0,0169
b_1	0,1444	0,0254
b_2	-0,0953	0,0476

Для решения задачи было проведено: моделирование спектра поглощения паров воды и углекислого газа (для диапазона вариаций их концентрации соответственно $0.2\% \div 1\%$ и $0.5\% \div 2\%$) используя базу данных HITRAN; расчёт статистических выборок - модельной (обучающей, 2500 состояний) и тестовой (500 состояний) - для построения регрессионных соотношений, связывающих процентное содержание газа в смеси и коэффициент поглощения; выделение главных компонент.

Влияние погрешностей оптических измерений на результат восстановления искомым характеристикам оценивалось на тестовой выборке. При наложении на коэффициенты поглощения погрешности 5% расчетные погрешности определения концентрации паров воды и углекислого газа были $\sim 6\%$.

Функциональная схема системы, реализующая предлагаемый способ, представлена на рис.1. Система содержит источник светового излучения в задаваемом спектральном диапазоне ($\lambda_j - \lambda_i$) видимого или ИК диапазона 1, фотоприемное устройство 2, спектрометр 3 и информационно – измерительный блок 4.

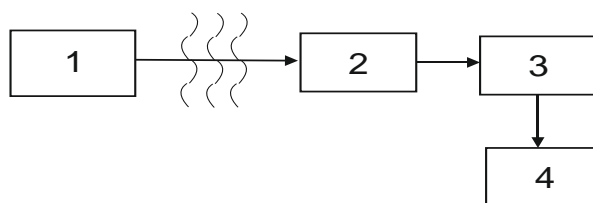


Рис.1. Функциональная схема измерительной системы

Принцип действия системы основан на измерении интенсивности излучения, проходящего через участок исследуемой среды длиной l , на длинах волн λ_n соответствующих значениям $n=1,2,3,\dots, (\lambda_j - \lambda_i) / \Delta\lambda$, где $\Delta\lambda$ – ширина спектрального разрешения или задаваемая ширина спектра, определяющая количество длин волн n , на которых проводится измерения поглощения (в идеальном случае соответствует спектральному разрешению используемого спектрометра 3), $n=1$ – соответствует λ_i , $n=(\lambda_j - \lambda_i) / \Delta\lambda$ соответствует λ_j . Задаваемый спектральный диапазон ($\lambda_j - \lambda_i$) источника излучения 1 должен включать линии поглощения компонентов анализируемой смеси газов. Информационно-измерительный блок 4, выполненный на базе микропроцессора, управляет процессом измерения и обрабатывает измерительную информацию относительно определяемых параметров контролируемой газовой смеси.

Заключение

Таким образом, определение концентраций компонентного состава газовых смесей включает нахождение главных компонент для величин спектрального поглощения и определения концентрации на основе регрессионного соотношения (1), соответствующего температуре и давлению в смеси в момент проведения измерений или же задаваемому диапазону их значений. При этом для интерпретации измерительной информации не требуется выполнения каких-либо условий или использования дополнительной информации о состоянии исследуемой среды, использования калибровочных сравнительных моделей, устанавливаемых заранее эмпирически (экспериментально), применения методов решения некорректных обратных задач. Появляется устойчивость к погрешностям определения величин поглощения (установление связей между концентрацией и измеряемыми параметрами осуществляется с учетом погрешностей измерительной аппаратуры).

Список литературы

1. Фираго В.А., Манах И.С., Вуйцик В. Контроль газового состава сред методами лазерной и светодиодной абсорбционной спектроскопии. Мн.: Акад. Упр. при Президенте Республики Беларусь, 2006. 303 с.
2. Кугейко М.М., Лысенко С.А. Лазерная спектрофелометрия аэродисперсных сред. Минск: БГУ, 2012. 208 с.

УДК 616-074/-078: 004

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРАКТИКУ РАБОТЫ МЕДИЦИНСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

В.С. КАМЫШНИКОВ

*Белорусская медицинская академия последипломного образования
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В статье приводится обоснование актуальности внедрения в практику деятельности медицинских лабораторий информационных систем. Дана интерпретация понятию «Лабораторная информационная система» (ЛИС). Охарактеризована целесообразность внедрения лабораторной информационной системы в практику лабораторно-диагностических исследований населения с акцентуацией внимания на дополнительные возможности, предоставляемые ее применением. Отражена доля участия ЛИС в осуществлении преаналитического, аналитического и постаналитического этапов лабораторного исследования. Особое внимание уделено экономическому эффекту от использования лабораторной информационной системы, а также возможностям обеспечения ЛИС требований безопасности и конфиденциальности при выполнении клинико-лабораторного исследования пациентов.

Ключевые слова: лабораторная информационная система, ЛИС, медицинская лаборатория, управление качеством выполнения лабораторных исследований.

THE RELEVANCE OF INTRODUCTION LABORATORY INFORMATION SYSTEMS TO THE WORK PRACTICE OF MEDICAL LABORATORIES

V. S. KAMYSHNIKOV

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article provides a rationale for the relevance of introducing information systems into the practice of medical laboratories. The interpretation of the concept “laboratory information system” (LIS) is given. The expediency of integration a laboratory information system to the practice of laboratory-diagnostic research of the population is characterized with an accentuation of attention on the additional opportunities provided by its application. Part of the participation of LIS in the implementation of the pre-analytical, analytical and post-analytical stages of laboratory research is reflected. Particular attention is paid to the economic effect of using a laboratory information system, as well as the possibilities of providing LIS security and confidentiality requirements when performing clinical and laboratory examination of patients.

Keywords: laboratory information system, LIS, medical laboratory, quality management of laboratory research.

Введение

Достижение наиболее высокого качества клинических лабораторных исследований является весьма актуальным не только для области лабораторной медицины, но и системы здравоохранения в целом, так как около 80% информации, столь необходимой для обеспечения лечебно-диагностического процесса, обеспечивается именно деятельностью клинико-диагностических лабораторий.

Основными, магистральными направлениями дальнейшего развития клинико-лабораторной службы являются стандартизация, автоматизация и информатизация, используемых в медицинских лабораториях технологических процессов.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь № 156 от 07 мая 2020 г., к числу приоритетных направлений научно-технической деятельности отнесены цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, математическое моделирование сложных функциональных, в том числе биологических систем,

информационно-управляющие системы, цифровые модели, радиоэлектронные системы и технологии.

В резолюции VIII съезда врачей клиничко-лабораторной службы (2016 г.) акцентировано внимание на разработку и внедрение в практику типовых технических характеристик для лабораторной информационной системы, с обязательным указанием основных требований к правилам организации такой системы, ее функциональности и этапов внедрения.

К тому же, с 2016 г. вступил в силу стандарт ISO 15189:2015 «Медицинские лаборатории. Требования к качеству и компетентности», требующий современного подхода не только к методам и средствам клинических лабораторных исследований, но и к обеспечению управления информацией, получаемой и накапливаемой в лаборатории в процессе ее деятельности.

Состоявшееся в последнее время совершенствование технологий клиничко-лабораторного исследования показало, что уникальным инструментом управления информацией служит лабораторно-информационная система, представляющая собой, по сути, автоматизированную систему менеджмента качества.

Лабораторная информационная система (ЛИС) – это комплекс программно-технических средств, предназначенных для автоматизации всех этапов лабораторных процессов (преаналитического, аналитического и постаналитического), а также обеспечивающих потребность персонала лаборатории в систематизации информации для повышения эффективности качества работы лаборатории. ЛИС объединяет все приборы и автоматизированные рабочие места лаборатории, обеспечивает связь с автоматическими анализаторами в режиме реального времени без участия человека, что позволяет уменьшить влияние человеческого фактора и минимизировать риски, которые могут сказаться на качестве лабораторных исследований.

Теоретический анализ

Специально созданная для медицинской клиничко-диагностической лаборатории ЛИС представляет собой совокупность программно-технических средств, обеспечивающая сбор, обработку и накопление информации, автоматизацию технологических процессов, управления и коммуникации.

Внедрение ЛИС позволяет обеспечить:

- Более высокий уровень сервиса лабораторных услуг, оказываемых в медицинском учреждении;
- полную автоматизацию управления информационными, материальными и финансовыми потоками в отделе лабораторной диагностики;
- систематизацию рабочих процессов и централизацию получаемых данных;
- увеличение производительности клиничко-лабораторных исследований за счет сокращения времени проведения анализов и избавления от выполняемой вручную «бумажной» работы;
- исключение влияния человеческого фактора на достоверность выполняемых анализов;
- снижение финансовых затрат на выполняемые исследования;
- надежную защиту и воспроизводимость информации на всех этапах лабораторного процесса;
- интеграцию с медицинской информационной системой учреждения (МИС).

Всем этим объясняется, почему ЛИС в настоящее время рассматривается как ключевое звено системы управления качеством в клиничко-диагностической лаборатории. Она позволяет:

- разграничивать зоны ответственности для каждого специалиста лаборатории в соответствии с решаемыми им задачами и полномочиями;
- отслеживать состояние образца (изменение статуса) с момента его регистрации в системе до завершения исследований и получения протокола исследований;
- контролировать состояние оборудования, используемого при выполнении исследований;
- определять алгоритм реализации метода выполнения измерения;

- документировать и формировать сообщения об отклонениях при выполнении методик измерения и в работе лабораторий;
- осуществлять комплексный документированный аудит всех событий, происходящих в лаборатории.

Наличие в лаборатории информационной системы менеджмента качества неотъемлемо связано с процедурой аккредитации лаборатории, а использование лабораторных информационных систем значительно упрощает прохождение этой процедуры.

Внедрение ЛИС предоставляет дополнительные возможности не только для самой клиничко-диагностической (медицинской) лаборатории, но и для всего медицинского учреждения в целом, поскольку:

- создает единое информационное поле для всех участников диагностического процесса в медицинском учреждении: от врача до пациентом;
- обеспечивает взаимодействие лаборатории со смежными подразделениями клиники в режиме «онлайн»;
- создает возможности для управления персоналом, материально-технической базой и ведения учета платных услуг.

Таким образом, деятельность современной медицинской лаборатории тесно сопряжена с процессом информатизации используемых в ней технологий исследования.

Так, если биологический материал, взятый у обследуемого, можно рассматривать как скрытый носитель информации о состоянии здоровья пациента, то аналитическую процедуру исследования - как процесс «извлечения» из биологического материала этой информации. Полученные результаты, предоставляемые пациенту либо лечащему врачу, составляют информацию о состоянии обменных процессов в организме обследуемого.

Программу выполнения лабораторных исследований предопределяет система маркировки образцов биологического материала с использованием наклеек со штрих-кодом. Умело примененная в информационной системе, она позволяет принять материал «одним кликом» (что экономит время), автоматически идентифицировать его, избегая при этом ошибок. ЛИС полностью (!) автоматизирует процедуры программирования анализаторов и получения результатов. Единственным, самостоятельно выполняемым врачом клинической лабораторной диагностики на преаналитическом этапе действием является фактическое «наполнение» анализаторов образцами биологического материала. Современные технологии применения ЛИС позволяют распределять образцы биологического материала па рабочие места аппарата, что делает возможным оптимизировать период времени исследования, учитывать нагрузку автоанализаторов, расход реагентов и многое другое.

Важным элементом процесса, остающемся «в руках диагноста», – это валидация и авторизация результатов исследования: именно на этой процедуре он должен сконцентрировать внимание – прежде всего для исключения «механических» или иных, «административных» действий. Для этого ЛИС позволяет использовать различные способы поддержки: просмотр предыдущих и других результатов пациента, автоматическую сигнализацию о превышении допустимого диапазона измерений, сигнализацию о превышении критических значений, оценить результаты выполнения контрольных проб. Однако окончательное решение всегда принимает врач клинической лабораторной диагностики (врач-диагност).

Архивирование материала, подготовка, распределение и выдача результатов также могут быть полностью информатизированы и автоматизированы. При этом достаточно указать (идентифицировать) область хранения (идентификатор стойки, полки, контейнера, шкафа, холодильника и т.п.), чтобы лабораторная информационная система точно запомнила или указала место расположения образца.

Автоматически осуществляющаяся выдача результатов также выполняется с использованием информационных систем: в виде отправки результата получателю по электронной почте (e-mail). В настоящее время быстро развивается доступ результатов при помощи интернет-порталов – как в случае «организованных» получателей (больница, поликлиника, кабинет врача), так и индивидуальных пациентов.

Лабораторной информационной системе доступна также возможность автоматически документировать и воспроизводить ход работ, связанный с анализированием каждого образца биологического материала (взятие, регистрация, исполнение, авторизация, выдача результатов, причины, типы ошибок), а также отслеживанием истории всех изменений и записей в системе.

Внедрение ЛИС в клинико-лабораторную практику предоставляет также ряд новых, ранее недоступных возможностей. Одной из них является удаленное наблюдение врача-диагноста. Оно состоит в контроле над процессом и в оценке качества и диагностического значения результатов исследований, авторизации результата без необходимости физического присутствия диагноста в лаборатории. Использование электронной подписи необходимо, чтобы обеспечить неоспоримость решения диагноста, принятого на расстоянии.

В настоящее время трудно себе представить функционирование лабораторной информационной системы, лишенной возможности автоматического обмена данными с другими информационными системами. Представляется перспективным создание единой электронной базы между учреждениями здравоохранения, чему во многом будет способствовать унификация формирования электронного бланка-направления, системы штрих-кодирования биологических проб и автоматизация получения лабораторных данных из системы электронного направления автоанализаторов.

Методика

К настоящему времени информационные системы весьма успешно зарекомендовали себя в условиях централизованного выполнения клинико-лабораторных исследований, когда забор биологического материала для лабораторных исследований осуществляется в «закрепленных» учреждениях здравоохранения. Электронная лабораторная информационная система формирует электронное направление, в котором отражаются все данные о пациенте, предварительный диагноз и отмечаются необходимые к выполнению тесты. Данному направлению присваивается штрих-код.

Пациент с таким направлением обращается в процедурный кабинет для забора крови. С целью обеспечения стандартизации процедуры взятия венозной крови используется систем-вакутайнеров с разделительным гелем.

Далее полоска носителя со штрих-кодом, формируемым при сканировании направления, клеится на вакутайнер.

В компьютере централизованной лаборатории в ходе сканирования поступивших образцов отображается электронное направление с подробной информацией о выполнении лабораторного исследования. Затем полученные после исследования биологического материала результаты автоматически переносятся из анализатора на электронный бланк.

Далее следует оперативное получение результатов клинико-лабораторного исследования лечащим врачом, - притом на его рабочем месте.

При этом ЛИС благодаря установленным алгоритмам помогают врачу-диагносту успешно валидировать результаты лабораторных исследований.

Результаты и обсуждение

Использование лабораторной информационной системы в медицинских лабораториях показало существенные преимущества выполнения клинико-лабораторных исследований с ее применением по сравнению с традиционно осуществляемыми технологиями лабораторных исследований.

К таковым относятся:

- Минимизация количества допускаемых ошибок: благодаря обеспечению уникальной идентификации каждого образца за счет штрих-кодирования, ЛИС исключает путаницу и ошибки, возможные при ручной маркировке биоматериала, предоставляя возможность пересылки заданий на исследование непосредственно в анализатор, а также и автоматическое поступление результатов от анализаторов в ЛИС.

- Повышение достоверности получаемых результатов – благодаря стандартизации преаналитического этапа.

- Уменьшение промежутка времени от момента начала выполнения исследования до получения его конечного результата. В свою очередь, оперативное поступление результатов к лечащим врачам позволяет быстрее начинать адекватное лечение.

- Поддержка стандартов передачи и обмена данными обеспечивает легкость подключения к ЛИС любых новых анализаторов, а также объединение с другими информационными системами. Упорядоченное хранение данных в электронной форме упрощает анализ получаемой медицинской информации. Обеспечение же возможности протоколирования позволяет в случае возникновения спорных вопросов отследить «судьбу» любого биологического материала в лаборатории, что способствует их успешному разрешению. К тому же, наличие единой базы данных позволяет в любой момент выдать копию результатов исследования без проведения повторного анализа и лишнего расхода реагентов.

Заключение

Использование ЛИС обеспечивает достижение большого **экономического эффекта**. Он состоит: состоит в уменьшении объема рутинной работы персонала, повышении производительности лаборатории, исключении необходимости переносить сыворотку во вторичные пробирки. При формировании электронного направления исключается возможность дописывания других лабораторных тестов (самим пациентом), что позволяет снизить расход реагентов и необоснованные назначения.

Уменьшается период времени от начала выполнения исследования до получения его результатов заказчику, что повышает конкурентоспособность медицинского учреждения на рынке лабораторных услуг, а интеграция используемой в лаборатории ЛИС с другими информационными системами позволяет снизить расходы на курьерские услуги.

Нельзя не отметить и связанное с использованием ЛИС уменьшение количества конфликтных ситуаций, вызванных потерей информации; обеспечение требований безопасности и конфиденциальности: ЛИС позволяет обеспечить доступ к данным лаборатории строго определенному кругу лиц, что обусловлено системой паролем операционной системы.

К тому же, ЛИС предоставляет возможность анонимного обследования пациента без паспортных данных, а использование систем кодирования информации исключает несанкционированное прочтение информации.

Реализуемый в настоящее время курс на все более широкое использование в медицинских организациях лабораторной информационных систем вносит существенный вклад в повышение качества оказания лечебно-диагностической помощи населению страны.

Список литературы

1. Русак А.А., Алехнович Л.И., Камышников В.С., Шилейко И.Д. Управление качеством лабораторно-диагностических исследований. Международный научно-практический журнал «Лабораторная диагностика. Восточная Европа», 2022 г. том 11, №2, стр. 111-131.
2. Информатизация лаборатории – ключ к качественному и экономическому успеху Международный научно-практический журнал «Лабораторная диагностика. Восточная Европа», 2016 г. №1, стр. 164-169.
3. Единая лабораторная информационная система обеспечения деятельности централизованных клиничко-диагностических лабораторий: опыт внедрения, эффективность и перспективы дальнейшего использования. Лапицкий В.А., Васильев С.А., Борисенко Т.Д., Мединцева Е.В. Международный научно-практический журнал «Лабораторная диагностика. Восточная Европа», 2018 г. том 7, №4, стр. 563-568.
4. Принципы организации и опыт использования в деятельности лаборатории «Синлаб» (Беларусь) лабораторной информационной системы «МОЛИС». Васюкович С.А., Бувевич Е.О., Нефагина Н.В. Международный научно-практический журнал «Лабораторная диагностика. Восточная Европа», 2016 г. №2, стр. 201-207.

УДК 616.831-009.7-092-085.814.1

РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ ГОЛОВНОЙ БОЛИ НА ОСНОВЕ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

С.М. МАНКЕВИЧ, А.П. СИВАКОВ, Т.И. ГРЕКОВА, И.Н. БАРАДИНА

*Белорусская медицинская академия последипломного образования
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Цель работы – обосновать дифференцированный подход в базовом методе рефлексотерапии (РТ) головной боли в зависимости от патофизиологического механизма ее формирования. Объекты и методы. При сосудистой ГБ с регионарной церебральной ангиодистонией используют иглоукалывание канальных точек сосудорегулирующего, седативного действия, вегетативно-активных точек, аурикулярных: 55, 19, 59, 100. Показана поверхностная РТ воротниковой зоны, вакуумный массаж, «Гуаша» массаж скребком, карбоксирефлексотерапия на точки и зоны скальпа, электроакупунктура импульсным биполярным током. При ГБ, обусловленной смешанными сосудистыми механизмами (мигрень) используются тормозной и возбуждающий методы воздействия в соответствии с фазами ангиоспазма и вазодилатации. При ГБ, обусловленной преимущественно мышечным напряжением (неврозы), используют общие точки седативного действия в сочетании с терморефлексотерапией, методом поверхностного иглоукалывания, скальпоэлектроакупунктуры. При миофасциальном синдроме при бруксизме лечение ГБ мышечного напряжения обусловлено сегментарно-релаксирующим эффектом РТ. Невралгическая ГБ, успешно лечится методами РТ по тормозной методике. При психалгии рефлексотерапия ГБ направлена на погашение патологической доминанты, обусловленной дисфункцией центральной антиноцицептивной системы. Результаты. Эффективность РТ головной боли с использованием дифференцированной РТ составляет 65–68%. Заключение: выявление ведущей патофизиологической составляющей в клинической картине ГБ достоверно повышает терапевтическую эффективность дифференцированной рефлексотерапии.

Ключевые слова: головная боль; дифференцированная рефлексотерапия; заболевания челюстно-лицевой области; патофизиологическая классификация головной боли.

REFLEXOTHERAPY OF HEADACHE ON THE BASIS OF PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ITS FORMATION

S.M. MANKEVICH, A.P. SIVAKOV, T.I. GREKOVA, I.N. BARADINA

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The aim of the work is to substantiate a differentiated approach in the basic method of reflexotherapy (RT) of headache depending on the pathophysiological mechanism of its formation. Objects and methods. In vascular headache with regional cerebral angiodystonia, acupuncture of channel points of vasoregulatory, sedative action, vegetatively active points, auricular points is used: 55, 19, 59, 100. Surface RT of the collar zone, vacuum massage, Gouache massage with a scraper, carboxyreflexotherapy on points and areas of the scalp, electroacupuncture with pulsed bipolar current are prescribed. In headache caused by mixed vascular mechanisms (migraine), inhibitory and excitatory methods of exposure are used in accordance with the phases of angiospasm and vasodilation. In headache caused mainly by muscle tension (neurosis), common points of sedative action are used in combination with thermoreflexotherapy, surface acupuncture, scalpoelectroacupuncture. In myofascial syndrome with bruxism the treatment of headache muscle tension is due to the segmental-relaxing effect of RT. Neuralgic headache successfully are treated with RT methods according to the inhibitory technique. In psychalgia, reflexotherapy of headache is aimed at extinguishing the pathological dominant caused by dysfunction of the central antinociceptive system. Results. The effectiveness of RT headache with the use of differentiated RT made 65–68%. Conclusion. Identification of the leading pathophysiological component in the clinical picture of headache significantly increases the therapeutic effectiveness of differentiated reflexotherapy.

Keywords: headache; differentiated reflexotherapy; diseases of the maxillofacial region; pathophysiological classification of headache.

Введение

Эпидемиологические исследования свидетельствуют, что головными болями страдают до 80% трудоспособного населения. Головная боль (ГБ) может быть ведущим, симптомом при 50 различных заболеваниях, в том числе, при травматических, воспалительных процессах челюстно-лицевой области, ортопедо-стоматологических манипуляциях, бруксизме и др. Механизм формирования ГБ обусловлен раздражением болевых рецепторов в коже, подкожной клетчатке, сухожильном шлеме, сосудах мягких покровов головы, надкостнице черепа, оболочках мозга, внутричерепных артериях, венах и венозных синусах. Растяжение или сдавление являются основными факторами, вызывающими раздражение рецепторов перечисленных структур.

Патофизиологическая классификация головной боли включает: сосудистую ГБ с проявлением спазма или дилатации артерий, недостаточности тонуса вен. ГБ мышечного напряжения - на основе активации передачи импульса в нервно-мышечном синапсе, сегментарного механизма [3]. Ликвородинамическую ГБ - с повышением или понижением внутричерепного давления. Невралгическую ГБ - на основе генерализации очагов патологической активности в антиноцицептивной системе. Психалгическую ГБ - на основе дисфункции центральной антиноцицептивной системы при нарушении обмена моноаминов и эндогенных опиатов в ЦНС. Смешанную ГБ - при комбинации вышеперечисленных механизмов.

Теоретическая часть

Цель исследования: обосновать дифференцированный подход в базовом методе рефлексотерапии головной боли в зависимости от патофизиологического механизма ее формирования.

Особенность анальгезирующего действия рефлексотерапии (РТ) заключается в повышении порога возбудимости болевых рецепторов, угнетении проведения болевых импульсов по афферентным путям, а также в активации центральной антиноцицептивной системы. Это обеспечивается нейрогуморальными сдвигами, нормализацией баланса медиаторов и модуляторов боли: серотонина, норадреналина и олигопептидов, в том числе эндогенных опиатов, эндорфинов и энкефалинов.

Материалы и методы

При сосудистой ГБ у пациентов с регионарной церебральной ангиодистонией с гипертонусом артерий используют точки, влияющие на регуляцию сосудистого тонуса, седативного действия: E36, GI10, GI11, MC6, C3, C5, F8, F3, P7, вегетативно-активные точки воротниковой зоны, аурикулярные: 55,19,59,100. Применяется II вариант тормозного метода, с дополнительными манипуляциями иглой, в виде вращения, потряхивания, большой амплитудой раскачивания при извлечении. Показана поверхностная РТ воротниковой зоны, релаксирующий массаж, карбоксирефлексотерапия на точки и зоны скальпа.

Ангиодистония с преобладанием низкого тонуса артерий может иметь фоном гипосимпатикотонию или гиперпарасимпатикотонию. В первом случае лечение направлено на активацию симпатической системы: возбуждающим методом действуют на точки R12, G14, F3, TR3, TR5 и тормозным методом – на точку TR20. Эффективна стимуляционная импульсная электроакупунктура биполярным током с частотой в диапазоне 1-15 Гц в зону проекции верхнешейных симпатических ганглиев. Если регионарная церебральная гипотония сопровождается выраженной общей астенизацией, то возбуждающее действие осуществляют на MC7, MC8, VG14, VI8, E36, R6, а при доминировании невротических жалоб показано мягкое тормозное воздействие на точки E36, C3, C7, IG3. Если артериальная гипотония обусловлена

гиперпарасимпатикотонией, тормозят точки V10, V13, VG12, VB34. При аурикулотерапии с той же целью используют точки коры, гипоталамуса, надпочечников, симпатическую точку. При электроакупунктуре воздействуют импульсным биполярным током, используя частоту 100Гц для подавления гиперпарасимпатикотонии.[1]

При гипотонии вен тонизируют точки меридианов MC, TR, VB, воздействие на которые избирательно регулирует венозный отток: MC5, MC6, TR5, TR18, V10, VB12, V2, P7, а при аурикулоакупунктуре - точки почек, надпочечников, затылка, TR и симпатическую. Показан вакуумный массаж воротниковой зоны, «Гуаша» массаж скребком.

Головная боль, обусловленная смешанными сосудистыми механизмами: *мигрень*. В приступном периоде на стадии спазма интракраниальных артерий начинают с тормозного воздействия на общеукрепляющие точки меридианов желудка (E36, E40), толстой кишки (GI4, GI 18), перикарда (MC6), селезенки (RP6, RP9), точки седативного действия (C5, C7, V60, V62). Эффект повышается при локальном тормозном укалывании точек головы – в зависимости от локализации боли: в лобно-височной области — VB3,4,5,6, VB14, E8, TR5, TR23, E36, E41; в височно-теменной области — VB2, VB17, TR22, VB40, V2, V64, VG22, E8; в затылочной области— VG14, VG20, VB20, VII, IG14. В фазе ангиодилатации, когда большая масса крови устремляется в поверхностную височную артерию, вызывая ее расширение, растягивание, перифокальный отек и пульсацию метод терапевтического раздражения иглой меняется на тонизирующий, особенно в локальных точках головы. При классической (офтальмической) мигрени – VB20, VG16; ассоциированной - VG22, VB16, VB17, VG21, V6; вестибулярной — TR17, TR21, IG19, V11, VB20; мозжечковой — VG17, VB20; кардиальной — C5, C7, MC6, V15, V62; «пучковой» — GI11, E36, TR23, VB14, E2, E8, PC1; «шейной» – VB20; VB12, VG14, V11, VG20; при лицевой – GI19, E6, E2, VB1, PC1, TR22.

Электропунктура или электроакупунктура избирательно потенцирует анальгезию, применяется импульсный биполярный ток с формой импульса «спайк волна» по тормозной или тонизирующей методике в соответствии с типом ангиодистонии.

В межприступном периоде эффективна карбоксирефлексотерапия, способствуя профилактике приступов мигрени, их урежению за счет влияния на ангиодистонический синдромокомплекс.

При ГБ, обусловленной преимущественно мышечным напряжением рефлексотерапия определяется природой основного заболевания, которое разным путем приводит к напряжению мышц головы. Неврозы требуют включения в программу лечения общих точек седативного действия: E36, VB20, C7, C3, V43, GI10. Пользуются II вариантами укрепляющего, гармонизирующего и тормозного методов. В случае преобладания астении, быстрой психической истощаемости, показано тонизирующее воздействие на VG14, VB4, VB41, GI4 в сочетании с вариантами терморефлексотерапии «ЦЗЮ», поверхностного иглоукалывания, скальпоэлектроакупунктуры.

При шейном остеохондрозе, миофасциальном синдроме при бруксизме лечение головной боли мышечного напряжения обусловлено сементарно-релаксирующим эффектом рефлексотерапии [2]. Воздействуют на анальгезирующие системные точки: V60, V62, E36, GI4, CI10, сегментарные точки воротниковой зоны, триггерные точки. Применяют I и II варианты тормозного метода в сочетании с аурикулотерапией шейного отдела позвоночника, затылка, симпатической, шень-мэнь. Лечение дополняют пролонгированной микроиглотерапией на точки воротниковой зоны, паравертебральным вакуумным массажем.

Невралгическая головная боль, как вариант поражения вегетативно-чувствительных нервов (тройничного, затылочных) успешно лечится РТ по тормозной методике. РТ применяют дифференцированно, т. е. в момент приступа боли и вне приступа. Приоритет отдается точкам общего действия седативной, анальгезирующей направленности вегетативно-активным точкам шейно-воротниковой зоны и местным в сочетании с точками ушной раковины в зонах проекции тройничного нерва, шейного отдела позвоночника. Во избежание воздействия в локусы курковых точек используется правило «малого и большого» укола.

При психалгии рефлексотерапия ГБ направлена на погашение патологической доминанты, которая обусловлена дисфункцией центральной антиноцицептивной системы при нарушении обмена моноаминов и эндогенных опиатов в ЦНС. Предпочтителен метод классического иглоукалывания в дистальные точки на кистях и стопах. Воздействие слабое (II вариант

возбуждающего метода), экспозиция 15 мин. Целесообразны сочетания симметричных точек в области проекции боли (1–2 пары), аурикулярные точки - в зоне противокоселка и трехсторонней ямки, скальпоэлектроакупунктура зоны MS5 (корковая проекция лимбикоретикулярного комплекса) импульсным биполярным током «спайк-волна». Оптимизацию лечения обеспечивает методика одновременного сочетания сеанса суггестивной психотерапии и РТ.

Результаты и их обсуждение

По нашим наблюдениям эффективность РТ головной боли с использованием дифференцированных методик патогенетической направленности составляет 65- 68%, что коррелирует с данными большинства авторов, указывающих на улучшение в 55—65% случаев, причем эффективность достоверно выше, чем в группах без применения РТ

Заключение

Дифференцированное использование методов рефлексотерапии головной боли, подбор и сочетание точек акупунктуры, сила терапевтического раздражения должны базироваться на знании механизмов формирования цефалгического синдромокомплекса. Выявление ведущей патофизиологической составляющей в клинической картине головной боли достоверно повышает терапевтическую эффективность РТ.

Список литературы

1. Рефлексотерапия головной боли: учебно-метод. пособие / С.М. Манкевич и др.-Минск: БелМАПО, 2021.-16с.
2. Основные подходы к лечению хронической патологии жевательных мышц: учебно-метод. пособие / И.Н.Барадина и др.-Минск: БелМАПО, 2012.-27с.
3. Шток В.Н. Головная боль. М.: Медицина, 1987, 303 с.

УДК 551.508

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СПЕКТРОСКОПИИ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ БИОТКАНИ

С.А. ЛЫСЕНКО, М.М. КУГЕЙКО, В.А. ФИРАГО

Белорусский государственный университет, пр-т Независимости 4, 220030, Минск, Беларусь

Аннотация. Проведен сравнительный анализ методов спектроскопии диффузного отражения биоткани. Показано, совместная обработка спектральных и пространственных характеристик обратного рассеяния ткани позволяет 2–3 раза уменьшить погрешность восстановления оптических параметров ткани по сравнению результатами их восстановления только из спектральных или только из пространственных характеристик обратного рассеяния.

Ключевые слова: спектроскопия диффузного отражения, биоткани, спектральные и пространственные характеристики, оптические параметры

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE METHODS OF DIFFUSE REFLECTION SPECTROSCOPY OF A BIOTAIL

S.A. LYSENKO, M.M. KUGEYKO, V.A. FIRAGO

Belarusian State University, Nezalezhnosti Ave. 4, 220030, Minsk, Belarus

Annotation. A comparative analysis of the methods of diffuse reflection spectroscopy has been carried out. It is shown that joint processing of the spectral and spatial characteristics of backscattering of a tissue makes it possible to reduce the error in reconstructing the optical parameters of a tissue by a factor of 2–3 compared to the results of their reconstruction only from spectral or only from spatial backscattering characteristics.

Keywords: diffuse reflectance spectroscopy, biological tissues, spectral and spatial characteristics, optical parameters.

Введение

Биомедицинская оптика является одной из наиболее быстро развивающихся областей науки и техники. Неразрушающая природа света, используемого для исследования и детектирования аномалий в тканях человека, делает ее весьма привлекательной для разработки новых неинвазивных диагностических методов. Среди них наиболее простыми в реализации и безопасными для здоровья пациента являются методы спектроскопии диффузного отражения (ДО) [1–7]. Исходной информацией в них являются спектральные коэффициенты диффузного отражения (КДО) ткани, измеряемые с использованием спектрофотометра с интегрирующей сферой, или спектрально-пространственные характеристики поля, обратно рассеянного тканью излучения (спектроскопия с пространственным разрешением), измеряемые на основе оптоволоконной техники с пространственным разнесением каналов посылки и регистрации оптического излучения. Детектируемые сигналы, являясь суперпозицией рассеяния и поглощения ткани, несут информацию о ее структурно-морфологических параметрах (СМП) – концентрациях оптически-активных хромофоров (оксигемоглобин, дезоксигемоглобин, меланин, билирубин и др.), концентрациях и размере эффективных рассеивателей ткани.

В методах спектроскопии ДО с пространственным разрешением [7,8] задача количественной оценки СМП ткани решается в два этапа. На первом этапе определяют значения оптических параметров (ОП) ткани (коэффициента поглощения k и транспортного коэффициента рассеяния $\beta' = (1 - g)\beta$, где β – коэффициент рассеяния, g – фактор анизотропии рассеяния) на длинах волн оптического зондирования путем сравнения

экспериментальных и рассчитанных теоретически (в рамках модели переноса света в ткани) пространственных профилей обратного рассеяния (ОР) ткани (т. е. обратно рассеянных тканью световых потоков, регистрируемых на нескольких расстояниях от области ее облучения). На втором этапе решается обратная задача по восстановлению СМП ткани из найденных спектральных значений ее ОП. Таким образом, спектральные и пространственные характеристики ОР ткани рассматриваются независимо друг от друга. Между тем, известно, что спектральные зависимости ОП ткани можно описать при помощи сравнительно небольшого количества свободных параметров, поэтому оптические, а значит и структурно-морфологические параметры ткани, можно определять с более высокой точностью (и это будет показано в дальнейшем) на основе одновременной обработки пространственных и спектральных характеристик ее ОР. Следует также отметить, что известные методы анализа пространственных профилей ОР биотканей либо не обеспечивают необходимой для практики точности, либо требуют больших вычислительных затрат и поэтому исключают возможность оперативной количественной интерпретации экспериментальных данных.

Анализ методов определения оптических параметров ткани из сигналов обратного рассеяния

В работах [8–11] предложены регрессионные методы решения обратных задач оптического зондирования светорассеивающих сред, заключающиеся в определении параметров исследуемой среды на основе аналитических выражений, аппроксимирующих связи искоемых параметров среды с измеряемыми в эксперименте оптическими сигналами. Эти выражения получают путем регрессионного анализа результатов статистического моделирования оптических сигналов при широкой вариации параметров среды. Важным достоинством такого подхода к интерпретации данных оптического зондирования является возможность восстановления параметров среды в режиме реального времени без привлечения для этого априорной информации (если реальные значения параметров среды не выходят за пределы выборки, используемой для получения статистического оператора решения обратной задачи). Кроме того, он позволяет получить представление о потенциальной точности восстановления искоемых параметров с учетом особенностей реальной аппаратуры и имеющейся априорной информации, исследовать влияние количества и точности оптических измерений на устойчивость решения обратной задачи; дает возможность определять параметры среды в тех случаях, когда объем экспериментальных данных не достаточен для использования строгих математических методов решения некорректных обратных задач.

В большинстве известных методов спектроскопии ДО для доставки излучения на исследуемый объект и сбора обратно рассеянного им светового потока используются оптические волокна. В принципе измерения могут выполняться на базе коммерчески доступных спектрометрических устройств – широкополосного источника излучения, соединенной с оптическим волокном для доставки излучения на объект, и многоканального спектрометра, соединенного с оптическими волокнами для приема рассеянного объектом излучения с различных расстояний от области облучения. Однако возможны и другие варианты реализации измерительного устройства. Общая схема устройства для спектральных измерений сигналов обратного рассеяния с пространственным разрешением приведена на рис. 1 [9].

Источник света I может быть выполнен на основе широкополосного излучателя, например, белого светодиода или лампы, или на основе набора узкополосных излучателей, например лазерных или светодиодных источников. В качестве устройств спектральной селекции 2 и $2'$ могут использоваться спектрометр, монохроматор, перестраиваемый оптический фильтр или набор интерференционных светофильтров, которые могут располагаться в канале посылки зондирующего излучения или в канале регистрации рассеянного объектом излучения. Фотоприемное устройство 5 может быть выполнено на основе фотодиодов или ПЗС-матрицы. Свет от источника излучения I , пропущенный через устройство спектральной селекции 2 , поступает в оптоволоконный зонд 3 , который подводит его к исследуемому объекту 4 . Рассеянное объектом излучение попадает в светопринимающие волокна 8 , подводящие его к устройству спектральной селекции $2'$, связанному с

фотоприемным устройством 5. Сигналы с фотоприемного устройства передаются на блок обработки измерительной информации 6, выполняющий их количественный анализ с целью определения параметров объекта.

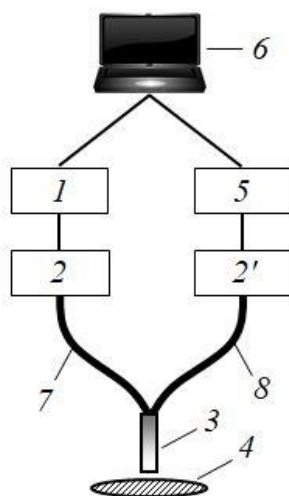


Рис.1. Блок-схема устройства для спектральных измерений сигналов обратного рассеяния. 1 – источник света, 2 и 2' – устройства спектральной селекции, 3 – оптоволоконный зонд, 4 – исследуемый объект, 7 – светоподводящие волокна, светопринимающие волокна, 5 – фотоприемное устройство, 6 – блок управления источником света и обработки измерительной информации

Как уже отмечалось выше, известные методы спектроскопии ДО основаны на раздельной интерпретации спектральных и пространственных характеристик ОР ткани. В большинстве случаев измерения рассеянного тканью излучения выполняют на одном фиксированном расстоянии от области облучения, а СМП ткани определяют на основе анализа спектрального сигнала $P(\lambda)$, скорректированного на аппаратную функцию на основе аналогичных измерений для калибровочного образца с известными оптическими параметрами [2, 3]. В тех случаях, когда измерения обратно рассеянного тканью излучения выполняются с пространственным разрешением, обратная задача решается в два этапа. Первоначально для каждого спектрального участка по соответствующему ему радиальному профилю ОР определяют ОП ткани [4, 12, 13]. Далее из найденных спектральных значений ОП ткани восстанавливают ее СМП. Предлагаемый в [8,9] метод основан на одновременной обработке спектральных и пространственных характеристиках ОР ткани. О том, какой выигрыш в точности определения ОП ткани это позволяет получить по сравнению с использованием для этого только спектральных или только пространственных характеристик ОР, можно судить по соответствующим погрешностям восстановления k и β' , приведенным в таблице 1.

Данные погрешности получены нами на основе замкнутых численных экспериментов с использованием установленных регрессионных соотношений [9]. В первом случае параметры $k(\lambda_n)$ и $\beta'(\lambda_n)$ на $\lambda_n = 514$ и 633 нм восстанавливались из спектральных сигналов $P(\lambda)$ (26 значений λ из диапазона 450–700 нм), соответствующих единичной аппаратной функции. При этом для восстановления параметра β' использовался спектральный сигнал $P(\lambda)$ для ближайшего к области облучения ткани принимающего волокна ($L = 0,23$ мм), а для параметра k – сигнал, соответствующий наиболее удаленному каналу регистрации рассеянного излучения ($L = 1,15$ мм). Это связано с тем, что чувствительность сигналов $P(\lambda)$ к малым изменениям коэффициента поглощения среды повышается с увеличением эффективного пути, проходимого светом от источника к приемнику. Для определения же коэффициента рассеяния среды, напротив, более предпочтительно минимизировать базу между источником и приемником излучения, для того, чтобы регистрируемые сигналы в наименьшей степени были подвержены влиянию поглощательной способности среды. Во втором случае для восстановления $k(\lambda_n)$ и $\beta'(\lambda_n)$ использовались пространственные сигналы $P(L) = P(L, \lambda = \lambda_n)$, соответствующие длине

волны λ_n и $L = 0,23; 0,46; 0,69; 0,92; 1,15$ мм. И, наконец, в третьем случае для восстановления ОП использовались спектрально-пространственные сигналы $P(L, \lambda)$ для пяти расстояний от области облучения и 26 значений λ из диапазона 450–700 нм.

Таблица 1. Средние погрешности восстановления ОП из спектральных $P(\lambda)$, пространственных $P(L)$ и спектрально-пространственных $P(L, \lambda)$ отсчетов сигнала обратного рассеяния

λ , нм	$P(\lambda)$		$P(L)$		$P(L, \lambda)$	
	δk , %	$\delta\beta'$, %	δk , %	$\delta\beta'$, %	δk , %	$\delta\beta'$, %
514	9,5	9,3	8,4	7,7	3,1	3,5
633	15,5	8,3	15,6	5,8	7,1	3,5

Из результатов, представленных в таблице 1, видно, что совместная обработка спектральных и пространственных характеристик ОР ткани позволяет 2–3 раза уменьшить погрешность восстановления ОП ткани по сравнению результатами их восстановления только из спектральных или только из пространственных характеристик ОР.

Список литературы

1. D. Yudovsky, L. Pilon. Retrieving skin properties from in vivo spectral reflectance measurements. J. Biophotonics. 2011. Vol. 4, № 5. – P. 305–314.
2. G. Zonios [et. al.]. Diffuse reflectance spectroscopy of human adenomatous colon polyps in vivo. Appl. Opt. – 1999. – Vol. 38, № 31. – P. 6628–6637.
3. M. Johns, C.A. Giller, H. Liu. Determination of hemoglobin oxygen saturation from turbid media using reflectance spectroscopy with small source-detector separation. Appl. Spectroscopy. – 2001. – Vol. 55, № 12. – P. 1686–1694.
4. Y. Zhou [et. al.]. Fiber-optic probe for noninvasive real-time determination of tissue optical properties at multiple wavelengths. Appl. Opt. 2001. Vol. 40, № 7. P. 1155–1164.
5. N. Ghosh [et. al.]. Measurement of optical transport properties of normal and malignant human breast tissue. Appl. Opt. 2001. Vol. 40, № 1. P. 176–184.
6. P. R. Bargo [et. al.]. In vivo determination of optical properties of normal and tumor tissue with white light reflectance and an empirical light transport model during endoscopy. J. Biomed. Opt. – 2005. – Vol. 10, № 3. – P. 034018-1–15.
7. G. M. Palmer, N. Ramanujam. Monte Carlo-based inverse model for calculating tissue optical properties. Part I: Theory and validation on synthetic phantoms. Appl. Opt. – 2006. – Vol. 45, № 5. – P. 1062–1071.
8. М. М. Кугейко, С. А. Лысенко. Лазерная спектрофелометрия аэродисперсных сред. Минск: БГУ, 2012. 208 с.
9. С. А. Лысенко. Методы оптической диагностики биологических объектов. Минск: БГУ, 2014. 231 с.
10. С. А. Лысенко, М. М. Кугейко, В. А. Фираго, А. Н. Собчук. Неинвазивный экспресс-анализ содержания гемоглобинов в крови с использованием оптоволоконного спектрофотометра. Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т. 81, № 1. С. 128–136.
11. С. А. Лысенко, М. М. Кугейко, В. А. Фираго, А. Н. Собчук. Аналитическая модель спектра диффузного отражения кожной ткани. Квантовая электроника. 2014. Т. 44, № 1. С. 69–75.
12. Y. Zhou [et. al.]. An integrated fiber-optic probe combined with support vector regression for fast estimation of optical properties of turbid media. Anal. Chim. Acta. 2015. Vol. 880. P. 122–129.
13. B. Aernouts [et. al.]. Estimation of bulk optical properties of turbid media from hyperspectral scatter imaging measurements: metamodelling approach. Opt. Express. 2015. – Vol. 23, №. 20. – P. 26049–26063.

УДК 616.24-008.444-08:615.47

ИНТРАОРАЛЬНОЕ НИЖНЕЧЕЛЮСТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ХРАПА И ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА

С.П. РУБНИКОВИЧ, И.Н. БАРАДИНА, Ю.А. КОСТЕЦКИЙ

Белорусская медицинская академия последипломного образования (Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. В статье обобщены современные представления о синдроме обструктивного апноэ сна и ряде других ассоциированных с ним патологических состояний, медико-социальное значение данного заболевания, особенностях клинической картины, а также о принципиальных подходах к их диагностике и лечению с учетом возможностей амбулаторно-поликлинических подразделений ортопедического стоматологического профиля. Показано, каким образом знание факторов риска, правильно собранный анамнез и использование современных методов клинического обследования могут помочь в выявлении пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна. Подробно изложены имеющиеся на сегодняшний день во врачебном арсенале способы лечения и профилактики обструктивного апноэ и ряда других нарушений дыхания, возникающих во время сна.

Ключевые слова: синдром обструктивного апноэ сна, храп, стоматологические внутриротовые устройства.

INTRAORAL MANDIBULAR DEVICE FOR SNORING PREVENTION AND TREATMENT OF OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME

RUBNIKOVICH S., BARADINA I., KOSTETSKI Y.

Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Belarus

Abstract. The article summarizes modern ideas about the syndrome of obstructive sleep apnea and a number of other pathological conditions associated with it, the medical and social significance of this disease, the features of the clinical picture, as well as the fundamental approaches to their diagnosis and treatment, taking into account the capabilities of outpatient departments of orthopedic dental profile. It is shown how knowledge of risk factors, a correctly collected anamnesis and the use of modern methods of clinical examination can help in identifying patients with obstructive sleep apnea syndrome. The methods of treatment and prevention of obstructive sleep apnea and a number of other respiratory disorders that occur during sleep are described in detail.

Keywords: перечень ключевых слов на английском языке.

Введение

Синдром обструктивного апноэ сна (СОАС) является актуальной проблемой современного человека, связанной с нарушением дыхания и сна, сопутствующими расстройствами деловой активности и снижением качества жизни. Наличие у пациентов СОАК может стать причиной дорожно-транспортных происшествий, развитием сердечно-сосудистых заболеваний и определённой долей вероятности летального исхода, в результате остановки дыхания во сне. Одним из предрасполагающих факторов развития СОАК является дистальное положение нижней челюсти и связанное с этим западение языка во время сна, глубокий прикус, сужение альвеолярных дуг верхней челюсти, недоразвитие нижней челюсти, черепно-челюстные аномалии, макроглоссия, избыточный вес.

Одним из перспективных методов лечения СОАС среди известных аппаратов для СИПАП-терапии является проект интраорального стоматологического устройства для нормализации работы дыхательной системы, за счёт выдвижения и удерживания нижней челюсти. Данная конструкция не допускает смыкания мягких тканей ротоглотки и обеспечивает восстановление проходимости

верхних дыхательных путей, что предотвращает риск возникновения храпа и остановки дыхания во время сна.

Методика проведения эксперимента

Устройство (рисунок 1) состоит из двух челюстных пластиковых шин (поз. 1 и 2) и регулировочного механизма. Регулировочный механизм состоит из винта (поз. 1), установленного в центральное отверстие корпуса (поз. 5), штифтов (поз. 6), серьги (поз. 7) и установочного винта (поз. 3). Серьга устанавливается по направляющим пазам корпуса. Штифты, установленные в корпусе, ограничивают винт от перемещения в осевом направлении. Шины устанавливаются в поперечные отверстия корпуса и серьги. Вращение винта позволяет осуществить осевое перемещение серьги, тем самым данное перемещение позволяет регулировать относительное расстояние между шинами. На торцевой части корпуса расположена гравировальная надпись, которая указывает направление перемещения нижней шины. Установочный винт, расположенный в резьбовом отверстии торцевой части корпуса, позволяет ограничить перемещение корпуса относительно верхней шины.

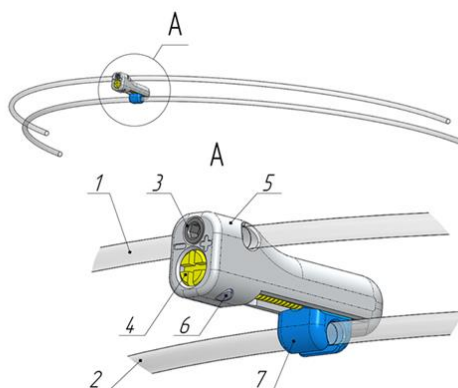


Рис. 1. А – регулирующий механизм, 1,2-пластиковые шины, 3-установочный винт, 4-регулирующий винт, 6-штифт, 7-серьга

Совокупность шин, установленных в каппы на верхней и нижней челюсти и регулировочный механизм образуют интраоральное стоматологическое устройство для предотвращения храпа и апноэ сна (рисунок 2). Верхняя шина устройства (поз. 1) присоединяется к верхней челюстной каппе (поз. 2), а нижняя шина устройства (поз. 3) присоединяется к нижней челюстной каппе (поз. 4). Челюстные каппы изготавливаются в учреждениях здравоохранения индивидуально по анатомическим моделям челюстей пациента.



Рис. 2. Конструкция челюстного устройства, 1 – челюстная каппа; 2 – шина; 3 – регулировочный механизм

Врач стоматолог-ортопед индивидуально крепит шины устройства к челюстным капам при помощи композитного стоматологического материала химической полимеризации или пластмассы холодной полимеризации. Соединения должны обеспечивать достаточную прочность для корректной работы устройства. Способ крепления определяется непосредственно врачом стоматологом-ортопедом исходя из особенностей окклюзии и анатомических аспектов пациента. По усмотрению врача стоматолога-ортопеда допускается любой иной способ и технология крепления, обеспечивающая корректную работу устройства.

Результаты и их обсуждение

Исследования, проводимые с использованием видеоэндоскопии и магнитно-резонансной томографии, свидетельствуют, что данное устройство увеличивает анатомический объём верхних дыхательных путей (рисунок 3, рисунок 4).



Рис. 3. Объём сегмента верхних дыхательных путей без каппы в полости рта (объём области 2,6 см³).

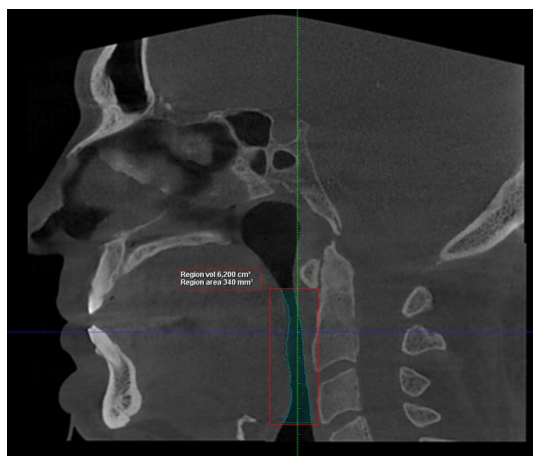


Рис. 4. Объём сегмента верхних дыхательных путей при наличии в полости рта каппы (объём области 6,2 см³).

Интраоральное устройство, применяется во время сна пациента и дает возможность человеку свободно дышать во сне. Выдвигая и удерживая нижнюю челюсть, данная конструкция не допускает смыкания мягких тканей ротоглотки, что предотвращает возникновение храпа и остановки дыхания во сне.

Интраоральное устройство повторяет форму зубных рядов верхней и нижней челюсти, вставляется в ротовую полость, накладывает на окклюзионную поверхность зубов верхней и нижней челюсти. Принцип действия заключается в следующем: когда капа от храпа находится во рту, благодаря регулируемому винту она выдвигает вперед нижнюю челюсть, в результате

чего глоточный просвет не перекрывается, и в носоглотке не появляются никакие препятствия для свободной циркуляции воздуха. Капа верхней и нижней челюсти связаны с регулирующим удлинительным винтом, который позволяет контролировать и комфортно фиксировать нижнюю челюсть.

Заключение

Особенностями лечения СОАС с применением данного интраорального устройства является устранение как физиологических, так и симптоматических аспектов заболевания и развития его осложнений. Об успешных результатах в области физиологических аспектов лечения свидетельствуют устранение обструктивных явлений в области ротоглотки и верхних дыхательных путей, отсутствие кислородной недостаточности с улучшением процессов сна, об симптоматических аспектах – свидетельствуют, устранение храпа, сонливости, утомляемости, улучшение качества жизни испытуемых. Исследования, проводимые с применением специальных внутриротных устройств, демонстрируют снижение индекса апноэ/гипопноэ от 30% до 75%, улучшение параметров насыщения крови кислородом у испытуемых, увеличение продолжительности сна, снижение интенсивности храпа, улучшение функционального положения нижней челюсти с учётом нейромышечной стабильности мышечно-суставного комплекса челюстно-лицевой области.

Список литературы

1. Пальман А.Д. Обструктивное апноэ сна. Ассоциированные синдромы и клинические состояния / А.Д. Пальман // Москва. ГЭОТАР-Медиа, -2020 г. -112 с.
2. Бузунов Р.В. Храп и синдром обструктивного апноэ сна: учеб. пособие / Р.В. Бузунов, И.В. Легейда // Москва. 2010 г. -82 с.
3. Ионин В. А. Синдром обструктивного апноэ сна и сердечно-сосудистые заболевания: от диагностики к персонализированной терапии (часть 1) [Электронный ресурс] / В. А. Ионин, В.А. Павлова, Е.И. Баранова// Клинические случаи. -Т2. -№2. -2022 г. – Режим доступа: <https://persmed.elpub.ru/jour/article/download/16/42>. – Дата доступа: 21.10.2022.
4. Роль стоматолога в решении вопросов храпа и апноэ. Эффективность терапии авторским внутриротным аппаратом (часть 1, 2) [Электронный ресурс] Дентал магазин. -2012 г. – Режим доступа: <https://dentalmagazine.ru/posts/rol-stomatologa-v-reshenii-voprosov-xrapa-i-apnoe-effektivnost-terapii-avtorskim-vnutrirotovym-apparatom.html>

Вклад авторов

В данной статье использована информация об интраоральном устройстве и его клиническом применении по результатам исследований, проводимых на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии с курсом детской стоматологии в рамках НИР «Разработать метод лечения пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна и храпом с использованием индивидуального внутриротного устройства», № государственной регистрации: 20190265. Дата регистрации: 25.03.2019. Ответственные исполнители: профессор, д.м.н. Рубникович С.П., доцент, к.м.н. Барадина И.Н., доцент, к.м.н. Костецкий Ю.А.

Authors contribution

This article uses information about the intraoral device and its clinical application based on the results of studies conducted at the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics with the course of pediatric dentistry as part of the research work “Develop a method for treating patients with obstructive sleep apnea syndrome and snoring using an individual intraoral device”, No. state registration: 20190265. Date of registration: 03/25/2019. Responsible executors: professor Rubnikovich S.P., docent Baradina I.N., docent Kostetsky Y.A.

УДК 616.71

ЛЕЧЕНИЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ОСТЕОХАНДРОЗА ПОЗВОНОЧНИКА ПОДВОДНЫМ ВЫТЯЖЕНИЕМ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ГИДРОМАССАЖЕМ

Г.Д. СИТНИК¹, Э.С.КАШИЦКИЙ², А.Н. КАМИНСКИЙ³, С.К. ДИК⁴, А.А. МАРЧЕНКО⁵,
Н.Н. ПРОТЬКО¹, Д.Э. КАШИЦКИЙ⁶, Н.С. СОБЧУК⁴, Я.О. КУЗНЕЦОВ⁷

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования

²Институт физиологии НАН Беларуси

³СКУП «Белпрофсоюзкурорт»

⁴Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

⁵Санаторий «Железнодорожник» УП «Витебское отделение БелЖД» (д. Малые Летцы)

⁶Учреждение здравоохранения «5-я городская клиническая больница»

⁷Учреждение здравоохранения «5-я городская клиническая поликлиника» (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Приведены технические данные и принцип действия устройства подводного вытяжения позвоночника с гидромассажем. Указаны особенности вмешательств у больных с дорсопатиями и результаты лечения 375 больных.

Ключевые слова: вертикальное подводное вытяжение, реабилитация, неврологические проявления, остеохондроз позвоночника

TREATMENT OF NEUROLOGICAL MANIFESTATIONS OF OSTEOCHANDROSIS OF THE SPINE WITH UNDERWATER EXTENSION WITH AUTOMATIC HYDROMASSAGE

G.D. SITNIK¹, E.S. KASHYCKI², A.N. KAMINSKI³, S.K. DZIK⁴, A.A. MARCHENKO⁵,
N.N. PROTKO¹, D.E. KASHYCKI⁶, N.S. SOBCHUK⁴, Y.O. KUZNECOV⁷

¹Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education

²Institute of Physiology National Academy of Sciences of Belarus

³Sanatorium and Resort Unitary Enterprise «Belprofsoyuzkurort»

⁴Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

⁵Sanatorium «Zheleznodorozhnik» UE «Vitebsk branch of Belarusian Railway» (village Malye Lettsy)

⁶Healthcare Institution «5th City Clinical Hospital»

⁷Healthcare Institution «5th City Clinical Polyclinic» (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The technical data and the principle of operation of the device for underwater spinal traction with hydromassage are given. The features of interventions in patients with dorsopathies and the results of treatment of 375 patients are indicated.

Keywords: vertical underwater traction, rehabilitation, neurological manifestations, spinal osteochondrosis.

Введение

Боль в спине является одной из наиболее частых причин обращения пациентов за медицинской помощью. До 80% населения в экономически развитых странах периодически испытывают боли в спине, при этом у около трети из них – 28,4%, болевой синдром приобретает затяжной хронический характер. Основной контингент пациентов – это лица в наиболее трудоспособном возрасте (40 – 60 лет), как правило, с достаточным профессиональным стажем и опытом.

Наиболее частым следствием остеохондроза являются дорсопатии – болевые синдромы в спине, которые возникают как результаты функциональных, деструктивных, дистрофических изменений в тканях опорно - двигательного аппарата (мышцы, фасции, сухожилия, связки,

суставы, диски) с нередким вовлечением смежных структур: корешков, нервов, сосудов. С учетом мультифакторности возникновения и течения дорсопатий, остается актуальным поиск новых методик комплексного воздействия с целью повышения клинической эффективности лечения.

Подводное вытяжение позвоночника – это отличный вид не только лечения, но и профилактики ряда заболеваний позвоночника и представляет собой сочетанное воздействие на пациента теплой воды и тракции.

Вытяжение приводит к декомпрессии нервных структур, улучшает условия кровообращения, уменьшает отек, ликвидирует реактивные явления в тканях, уменьшает мышечные контрактуры, патологическое напряжение мышц, способствует ликвидации имеющихся подвывихов межпозвонковых дисков.

Методика проведения процедуры

Нами было использовано устройство для подводного вытяжения позвоночника с гидромассажем «УПВП» (устройство подводного вытяжения позвоночника), выпускаемого ООО «Завод «СТР» (г. Витебск, Старобабиновичский тракт, 3В). В установке используется пневматический привод, применены самые современные материалы и устройства, что позволило уменьшить массу изделия, потребление электроэнергии, шум).

Устройство содержит ложемент, расположенный в продольных направляющих рабочего стола, шарнирно опирающийся на бордюрную опору бассейна, гидроцилиндр подъема рабочего стола, консольную стойку ложемента, на которой закреплены натяжные барабаны ремней грудного лифа и головодержатель с подвеской, тазобедренный пояс с нагрузочной системой (ремнями натяжения, которые тросом подсоединяют к динамометру). Между стенкой бассейна и вертикально расположенным в погруженном состоянии ложементом размещена многосопловая гребенка системы для подводного массажа, которая имеет две степени свободы и может автоматически перемещать струи по массируемой области позвоночника.

Процедура проводится следующим образом. Пациента перекадывают с горизонтальной медицинской каталки на ложемент, приведенный в горизонтальное положение (рисунок 1).



Рис.1. Процедура подводного вытяжения позвоночника с гидромассажем при лечении

После указанных процедур ложемент вместе с пациентом погружается в бассейн с температурой воды (36 - 37) градусов по Цельсию путем перемещения вертикально вниз в направляющих стола до положения подбородка пациента над поверхностью бассейна.

После погружения пациента до необходимого уровня в бассейн, к тазобедренному поясу через нагрузочную систему плавно прикладывается рекомендованная нагрузка растягивающим усилием. После приложения нагрузки включается система автоматического

подводного гидромассажа и через многосопловую гребенку осуществляется подводный массаж мышц позвоночного столба путем перемещения струй в горизонтальном и вертикальном направлении, на массируемой поясничной части тела пациента.

Вытяжение позвоночника в шейно-грудном отделе осуществляется путем приложения рекомендованной нагрузки через подвеску головодержателя. Процедура вытяжения (сила, время, режим тракции, гидромассажа) отображается на жидкокристаллическом мониторе пульта управления в режиме реального времени. Заданные параметры можно менять и во время сеанса лечения.

После завершения процессов подводного гидромассажа и вытяжения ложемент переводится в горизонтальное положение. Освободив больного от грудного лифа, тазобедренного пояса и головодержателя, его перекалывают в горизонтальном положении на транспортную тележку, помогают вытереться, одеть бандажный пояс и в течение 30 минут отдохнуть, не ворочаясь. После отдыха больной одевается и до вечернего сна не снимает бандажный пояс. Применение бандажного пояса в течение определенного времени после выполнения вытяжения позвоночника позволяет зафиксировать достигнутый эффект освобождения корешков нервных окончаний, что также повышает эффективность процедур.

Результаты и их обсуждение

Способ и устройство реализованы в условиях ряда лечебных и санаторно-курортных учреждений, где была смонтирована установка и апробирован способ. Объем клинических наблюдений – 325 больных трудоспособного возраста, из них с патологией пояснично-крестцовой локализации – 261 пациент, шейно-грудной – 64. Больные с рефлекторно-тоническими синдромами составляли 62,4%, с корешковыми 37,6%. Проведению лечения предшествовало обязательное рентгеновское исследование позвоночника, а в ряде случаев (24 наблюдения) – компьютерная или магнито-резонансная томография.

Эффективность применения заявляемого изобретения подтверждается результатами выборочного катamnестического исследования – 87,4% пациентов в течение года после курса лечения не имели временной нетрудоспособности, а у остальных обострения патологического процесса отмечались реже и были менее выраженными.

Заключение

Внедрение предложенной лечебной технологии позволит уменьшить риск новых осложнений, увеличить длительность ремиссий между обострениями, снизить сроки временной нетрудоспособности у пациентов с дорсопатиями.

Список литературы

1. Бадалов Н.Г., Бородулина И.В. Подводное вытяжение при дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника: достижения и противоречия // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2017. 18(2).73-79.
2. Бицоев В.Д., Хадарцев А.А. Подводное вытяжение в сочетании с фототерапией при патологии позвоночника // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. 8.73-74.
3. Кочунева О.Я. Подводное вертикальное вытяжение позвоночника в комплексном восстановительном лечении больных дорсопатией пояснично-крестцового уровня. Дис. канд. мед. наук. Москва. 2004. 117 с.
4. Мириотова Н.Ф., Рехтина А.Н., Веснер В.Э. Подводные тракции в комплексной терапии нейроортопедических нарушений у больных с остеохондрозом позвоночника // Вопросы курортологии. 2004. 3.24-28.
5. Рехтина А.Н. Клинико-патогенетическое обоснование применения подводного вытяжения у больных с неврологическими проявлениями поясничного остеохондроза. Дисс. канд. мед. наук. Новосибирск. 2005. 55с.

УДК 612.087.1

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

А.Н. ОСИПОВ¹, А.П. КЛЮЕВ¹, О.С. РОЛИЧ¹, А.С. МИГАЛЕВИЧ¹,
В.Д. ВЛАДЫМЦЕВ¹, И.О. ХАЗАНОВСКИЙ¹, А.В. ПАЦЕЕВ², С.В. ПАЦЕЕВ³

¹ *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

² *ГУ Республиканский центр медицинской реабилитации и бальнеолечения
(г. Минск, Республика Беларусь)*

³ *Учреждения здравоохранения "1-я городская клиническая больница"
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В данной статье предложен прототип трехуровневой системы удалённого мониторинга жизненных параметров пациента с целью идентификации в реальном масштабе времени предкризовых и критических состояний. Мониторинг состояния здоровья реализован на основе анализа данных кардиограммы, пульсоксиметрии, температуры и падения человека. Приведена архитектура системы и описаны функции программного обеспечения.

Ключевые слова: мониторинг, состояние здоровья человека, биомедицинские сигналы, алгоритм контроля функционального состояния.

ARCHITECTURE OF THE SYSTEM OF REMOTE MONITORING OF HUMAN CONDITION BASED ON THE INTERNET OF THINGS TECHNOLOG

A.N OSIPOV¹, A.P. KLUEV¹, O.S. ROLICH¹, A.S. MIGALEVICH¹,
V.D. ULADYMTSAU¹, I.O. KHAZANOVSKY¹, A.V. PATSEYEV², S.V. PATSEYEU³

*1Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Republic of Belarus)*

*2State Institution "Republican Center for Medical Rehabilitation and Balne Treatment"
(Minsk, Republic of Belarus)*

*3Healthcare Institution "1st City Clinical Hospital"
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. . In this article, a prototype of a three-level system for remote monitoring of the patient's vital parameters is proposed in order to identify pre-crisis and critical conditions in real time. Health monitoring is implemented based on the analysis of cardiogram data, pulse oximetry, temperature and human fall. The architecture of the system is given and the functions of the software are described.

Keywords: monitoring, human health status, biomedical signals, functional state control algorithm.

Введение

Использование систем дистанционного мониторинга пациентов (СДМП) считается одной из самых перспективных услуг в мобильном здравоохранении. Беспроводная нателная сеть (wireless body area network-WBAN) на основе технологии интернет вещей (IoT), представляет собой сеть беспроводных датчиков между беспроводными устройствами, которые осуществляют удаленный мониторинг параметров жизнедеятельности пользователей. Стратегической задачей мониторинга жизненно важных (витальных) параметров является идентификация предкризовых состояний и критических состояний (гипертонический криз, инфаркт миокарда, инсульт, сахарная кома, внезапная сердечная смерть и т.д.) и выработка тревожной сигнализации как для пациента, так и для медицинского персонала с целью принятия неотложных мер. Сотрудниками БГУИР совместно с сотрудниками медицинских

организаций ведутся работы по созданию подобной системы. В данной статье рассматривается базовая архитектура СДМП в среде IoT, которая может отслеживать базовое состояние здоровья пациента.

Архитектура СДМП

Разрабатываемая СДМП имеет трехуровневую архитектуру (рис.1).

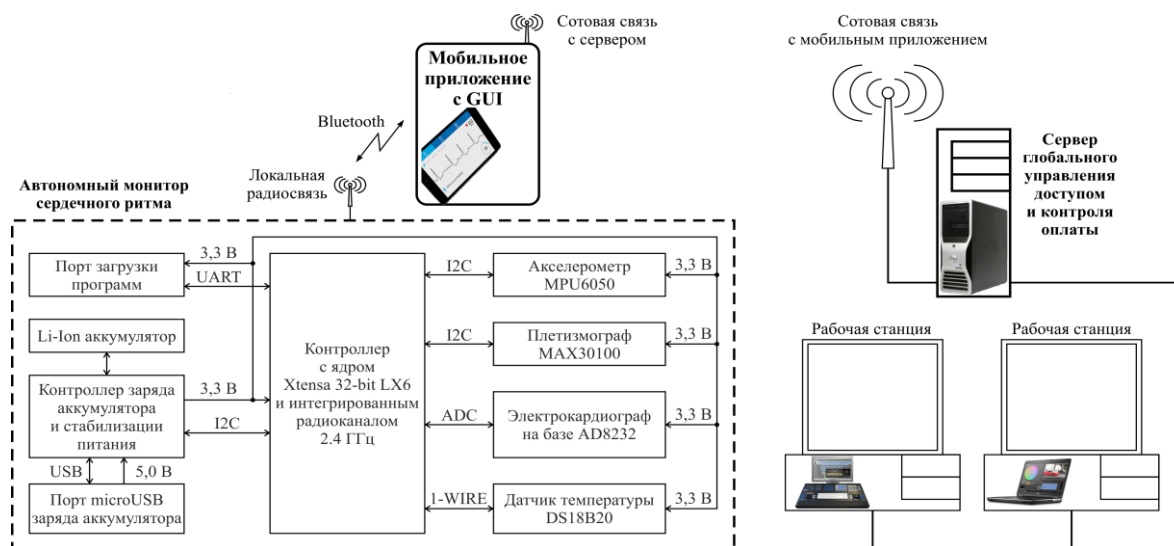


Рис. 1. Архитектура СДМП

Первый уровень включает в себя биосенсоры и носимый мобильный блок, состоящий из датчиков биомедицинских сигналов, первичных преобразователей сигналов от датчиков, управляющего контроллера и модуля беспроводной передачи данных. Эти устройства образуют сенсорную сеть сбора и первичной обработки биомедицинских сигналов (БМС) [1]. Система содержит модули кардиографа AD8232, оксиметра MAX30100, датчик температуры DS18B20 и датчик падения человека, реализованный на базе акселерометра MPU6050. Обнаружение падения осуществляется посредством распознавания последовательно возникающих фаз падения и удара. Для регистрации, обработки и передачи данных использован ESP32 с радиоканалом.

Второй уровень состоит из шлюзовых устройств, таких как смартфоны и ноутбуки, а также программного обеспечения с интерфейсом пользователя. Функция шлюза заключается в обеспечении связи сенсорной сети и глобальной сети (третьего уровня), а также во временном хранении получаемых данных, выявлении критических состояний и предоставлении необходимой информации пользователю [2].

Третий уровень представляет собой сеть, которая включает медицинский сервер хранения и обработки данных, соединенный с различными пользователями (больница, скорая помощь, врачи, близкие родственники, аптеки и т.д.). Центр обеспечивает хранение, углубленную обработку медицинской информации и предоставление ее пользователям для принятия соответствующих решений.

Для обнаружения аномального поведения используется два подхода. Первый основан на сравнении текущих параметров с пороговыми (реализован на первом и втором уровне системы), а второй — на машинном обучении прогностических моделей для выявления аномального поведения на основе прошлых исторических данных (третий уровень системы).

Разработано программное обеспечение СДМП, реализующее различные режимы работы и взаимодействие элементов. Хранение данных осуществляется в базе PostgreSQL. Для работы с базой данных спроектировано приложение на Node.JS, которое позволяет получать данные из мобильных устройств и отображать их пользователям (врачу, пациенту). Интерфейс

прикладного программирования скрыт от стороннего доступа и спроектирован так, чтобы можно было непрерывно получать большие пакеты данных из нескольких источников. Клиентское приложение для отображения данных пользователям разработано с использованием передовой технологий web разработки – React.JS., что предоставляет большие возможности для просмотра графиков данных в двух форматах: статичный график с момента начала замеров, до настоящего времени и динамический график для просмотра состояния в настоящий момент времени. Разработано соответствующее мобильное приложение для смартфона, позволяющее подключаться по технологии Bluetooth к носимому блоку и получать различные пакеты данных в формате JSON размером до 200кб.

Следует отметить, что разработанные архитектура и программное обеспечение система дистанционного мониторинга физиологического состояния человека обеспечивают возможность развития системы (увеличение количества датчиков, пользователей системы, реализации дополнительных методик диагностирования и т.д.) для диагностики различных заболеваний.

Заключение

Таким образом, в данной статье предложен прототип трехуровневой системы удалённого мониторинга жизненных параметров пациента с целью идентификация предкризовых и критических состояний в реальном масштабе времени. Мониторинг состояния здоровья реализован на основе анализа данных кардиограммы, пульсоксиметрии, температуры и падения человека. Приведена архитектура системы и описаны функции программного обеспечения, которые обеспечивают возможность развития системы для диагностики различных заболеваний.

Список литературы

1. Федотов А.А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. - М.: Радио и связь, 2013. – 250 с. – ISBN 978-5-89776
2. Nora Mahmoud, Shaker El-Sappagh, Samir M. Abdelrazek A Real-time Framework for Patient Monitoring Systems based on a Wireless Body Area Network, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 176 – No. 27, June 2020.
3. Energy-Efficient IoT-Health Monitoring System using Approximate Computing, Avrajit Ghosha, *, Arnab Raha b, 1 , Amitava Mukherjee, Internet of Things, journal homepage: www.elsevier.com/locate/iot.

УДК 338.484

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО И ЭКСКУРСИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ТУРИСТСКОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ

Н.Д. ТИТКОВА, С.В. ГУБКИН, Э.С. КАШИЦКИЙ

Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Отмечено, что инновационные подходы санаторно-курортного и экскурсионного обслуживания в туристской индустрии должны строиться преимущественно в использовании комплексности характера составляющей санаторно-курортной сферы и особенностей ее функционирования в современных экономических условиях.

Ключевые слова: инновации, санаторно-курортное обслуживание, туризм, природно-рекреационный потенциал.

INNOVATIVE APPROACHES OF SANATORIUM-RESORT AND EXCURSION SERVICES IN THE FUNCTIONING OF THE TOURIST COMPLEX OF BELARUS

N.D. TITKOVA, S.V. GUBKIN, E.S. KASHITSKY

Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. It is noted that innovative approaches of sanatorium-resort and excursion services in the tourism industry should be based mainly on the use of the complexity of the nature of the component of the sanatorium-resort sphere and the features of its functioning in modern economic conditions.

Keywords: innovations, sanatorium-resort maintenance, tourism, natural and recreational potential.

Введение

Санаторно-курортное обслуживание играет значимую роль в функционировании туристского комплекса Беларуси. На 1 января 2022 г. лечебно-оздоровительный комплекс Республики Беларусь включает 304 объекта. В 2021 году удалось обеспечить восстановительный рост системы санаторно-курортного лечения и оздоровления населения. В условиях ограничений, с которыми столкнулось население земной планеты, вследствие пандемии COVID-19, услугами здравниц Беларуси в 2021 г. воспользовались более 1 миллиона 200 тыс. человек. Средняя заполняемость здравниц составила 74 %.

Санаторно-курортный сегмент туристского рынка имеет определяющее значение в формировании имиджа Беларуси как туристской дестинации. Поэтому активизация деятельности санаторно-курортных учреждений лежит в основе инновационного развития и обеспечения конкурентоспособности всего туристского комплекса Беларуси.

Основная часть

Особое значение в развитии санаторно-курортного обслуживания оказывают рекреационные ресурсы, которые выступают в качестве экзогенного фактора территориальной организации отрасли и непосредственно экскурсионного обслуживания. Для обеспечения эффективного использования минерально-бальнеологических ресурсов необходимы постоянные инновации процесса (новые технологии добычи, обработки, транспортировки и использования минеральных вод и лечебных пелоидов).

Для организации экскурсионного обслуживания в санаторно-курортных учреждениях стоит обратить серьезное внимание на туристско-рекреационный потенциал Республики Беларусь, и, в частности, той местности, где расположены данные учреждения. Для создания эффективной системы оздоровления населения страны первостепенным является использование инновационных подходов к организации лечебно-восстановительных мероприятий на основе разработки и распространения перспективных санаторно-курортных услуг. В развитии познавательного туризма приоритетной является группа культурно-исторических объектов, памятники, места связанные с определенными историческими событиями, этнографические объекты, а также природные лечебные ресурсы [1,2,3]. Они могут рассматриваться в качестве средств удовлетворения рекреационной потребности.

На формирование туристского спроса влияет количество и плотность размещения объектов показа, которыми являются недвижимые историко-культурные ценности (таблица 1). Для определения плотности размещения используется формула:

$$D = \frac{A}{Gv} \quad (1)$$

где D – плотность размещения историко-культурных ценностей; Gv – количество ценностей; A – площадь территории.

Таблица 1. Плотность размещения недвижимых историко-культурных ценностей Беларуси (по областям)

Область	Количество	Территория, тыс. км ²	Плотность размещения	Удельный вес в общем объеме экскурсионного обслуживания (%)
Брестская	705	32,8	46,5	16,3
Витебская	873	40,0	45,8	17,2
Гомельская	836	40,4	48,3	15,3
Гродненская	649	25,1	38,6	16,2
Минская	910	40,2	44,1	21,2
Могилевская	581	29,1	50,0	13,8
Всего	4554	207,6	45,6	100

Средняя плотность экскурсионных объектов в целом по республике составляет 45,6 объектов на 1 тыс. км². При этом 32,2% всех административных районов имеют наименьшую плотность объектов (таблица 1). В Беларуси только 9 районов, на территории которых находятся крупные города, располагающие значительным числом памятников истории, архитектуры и культуры (Минский, Брестский, Гродненский, Витебский, Новогрудский и др.), отличаются высокой концентрацией экскурсионных объектов [1,2,3].

Активная деятельность в санаторно-курортном сегменте существует благодаря разработке и внедрению инноваций процессов, связанных с использованием лечебного рекреационно-ресурсного потенциала страны. В Национальной академии наук Республики Беларусь был реализован крупный научно-исследовательский проект с целью организации разведки и использования ресурсов минеральных вод и лечебных грязей Беларуси. В ходе работы над проектом были не только разведаны основные месторождения лечебного сырья в Беларуси, но и предложены инновационные (в мировом масштабе) методы их обработки и применения (технологии обработки торфяных и сапропелевых грязей) [3,5].

Для успешного функционирования санаторно-курортных учреждений туристского рынка наряду с технологическими процессными и продуктовыми технологиями, связанными с новыми достижениями в медицине, необходимы инновации немедицинского возникновения, а именно развитие на местах спа-индустрии, разнообразие экскурсионного обслуживания близлежащей местности.

В целях устойчивого развития территорий и комплексного освоения зон и объектов оздоровления, туризма и отдыха нашей страны Постановлением овета Министров Республики Беларусь № 1031 от 15 декабря 2016 года «Об утверждении генеральной схемы размещения зон

и объектов оздоровления, туризма и отдыха Республики Беларусь на 2016-2020 года и на период до 2030 года» предусмотрено развитие и освоение перспективных туристско-рекреационных территорий республики, курортов и зон отдыха.

В настоящее время в санаторно-курортном сегменте в основе стоят процессы оздоровления и восстановительного лечения перенесенных болезней. В связи с этим необходимо отметить основные отличительные характеристики: определение медицинского профиля организации отрасли (болезни опорно-двигательного аппарата, пищеварения, дыхательной, сердечно-сосудистой системы и т.п.); реабилитационные медицинские процедуры при относительно небольшом разнообразии оздоровительных и косметологических услуг; подготовка квалифицированных специалистов, специализирующихся на лечении конкретных заболеваний; качество медицинской инфраструктуры.

Заключение

Санаторно-курортное и экскурсионное обслуживание имеет значительный потенциал для активного развития в сфере туризма с применением инновационных подходов. Индустрия туризма имеет дело с большими массами населения и представляет сложные комплексы различных предприятий, служб, объединенных в едином созидающем процессе. Эффективность таких комплексов определяется не отдельной инновацией, примененной в конкретных звеньях комплексов, а целым разнообразием технологий, их гармоничностью и эффективностью использования во всем процессе.

Список литературы

1. Титкова, Н.Д. Экскурсионно-рекреационный потенциал Республики Беларусь. Инновационные технологии в сфере туризма, гостеприимства, рекреации и экскурсоведения: материалы Международной научно-практической конф-ии. Минск, 20 апреля 2011 г. / редкол.: М.Е.Кобринский (гл.ред). – Минск: БГУФК, 2011. С. 140-142.
2. Титкова, Н.Д. Оценка медико-климатических ресурсов Республики Беларусь / Н.Д. Титкова, М.Г. Ясовеев // Университетский спорт в современном образовательном социуме : материалы Международной научно-практической конф-ии, Минск, 23-24 апр. 2015 г. : в 4 ч. / М-во спорта и туризма Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; [редкол.: Т.Д. Полякова (гл.ред.)]. – Минск, 2015. – Ч.1. – С. 258-261. – Библиогр.: с. 260-261.
3. Гракава, Л.В. Культурна-гістарычны патэнцыял Беларусі ў развіцці рэкрэацыі і турызму / Л.В. Гракава, М.Г.Ясавееў // Весці Беларус. дзярж. ун-та. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2006. – № 1. – С. 51–55.
4. Логинов, В.Ф. Курортологическое районирование территории Беларуси / В.Ф.Логинов, М.Г.Ясовеев, О.В.Крылова // Щвейня РАН. Сер. геогр. – 2005. – №3 (43). С. 84–94.
5. Организация туризма: учеб. пособие / А.П. Дурович [и др.]; под общ. ред. А.П.Дуровича. – 2-е изд. – Минск: ООО «Новое знание», 2005. – 640 с.

УДК 615.835.3

РЕСПИРАТОРНАЯ ПОДДЕРЖКА: АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ТЕРАПИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ

Е.И. ДАВИДОВСКАЯ¹, О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ²

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования,
П. Бровки, 3, Минск, 220013, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Аннотация. Обоснована необходимость реабилитации пациентов с болезнями органов дыхания, перенесших в том числе коронавирусную инфекцию COVID-19. Проанализированы основные методы респираторной поддержки и соответствующее медицинское оборудование, которые могут применять с целью реабилитации как в медицинских и санаторно-курортных учреждениях, так и в домашних условиях. А именно: кислородная терапия посредством кислородных концентраторов, неинвазивная вентиляция легких посредством СИПАП и БИПАП-аппаратов с пульсоксиметрическим мониторингом. Представлена военная разработка, разрешенная к применению в гражданской медицине, ввиду сохраняющейся опасности распространения коронавирусной инфекции: ингаляции подогретой кислородно-гелиевой смесью и соответствующее медицинское оборудование для их проведения. Показано, что кислородно-гелиевые ингаляции эффективны при коронавирусной инфекции COVID-19, ХОБЛ, бронхиальной астме, пневмониях, ОРДС, гипоксии различного патогенеза, синдроме дыхательной (сердечной) недостаточности, ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии, гипотермии, снижении остроты зрения, сахарном диабете, тромбозах. Отдельного внимания заслуживает возможность применения данных ингаляций для профилактики ОРВИ, включая COVID-19.

Ключевые слова: кислородная терапия, сипап-терапия, пульсоксиметрия, хроническая обструктивная болезнь легких, апноэ, коронавирусная инфекция COVID-19, реабилитация, гелиокс, кислородно-гелиевые ингаляции.

RESPIRATORY SUPPORT: ASPECTS OF APPLICATION FOR THERAPY AND REHABILITATION

ELENA I. DAVIDOVSKAYA¹, OLEG B. ZELMANSKI²

¹Belarusian medical academy of postgraduate education, P. Brovki str., 3, Minsk, Belarus

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, P. Brovki str., 6, Minsk, Belarus

Abstract. The necessity of rehabilitation of patients with respiratory diseases who have undergone among other things the coronavirus infection COVID-19 is substantiated. The main methods of respiratory support and related medical equipment which can be used for the purpose of rehabilitation both in medical and sanatorium-resort institutions and at home are analyzed. Namely: oxygen therapy by oxygen concentrators, non-invasive ventilation of the lungs by CPAP and BiPAP devices with pulse oximetry monitoring. A military development that is approved for use in civilian medicine due to the continuing danger of the spread of coronavirus infection is presented: inhalations with a heated oxygen-helium mixture and appropriate medical equipment. It is shown that oxygen-helium inhalations are effective for COVID-19 coronavirus infection, COPD, bronchial asthma, pneumonia, ARDS, hypoxia of various pathogenesis, respiratory (heart) failure syndrome, coronary heart disease, arterial hypertension, hypothermia, decreased visual acuity, diabetes mellitus, thrombosis. The possibility of using these inhalations for the prevention of acute respiratory viral infections, including COVID-19, deserves special attention.

Keywords: oxygen therapy, cpap-therapy, pulseoximetry, chronic obstructive pulmonary disease, obstructive sleep apnea, COVID-19, rehabilitation, heliox, oxygen-helium inhalations.

Введение

Новая волна распространения коронавирусной инфекции требует совершенствования медицинских методик терапии и, что представляется наиболее актуальным, реабилитации после тяжелых форм заболевания [1]. Как показывает практика, среднее и тяжелое течение ассоциированных с SARS-CoV-2 пневмоний у значительного количества пациентов сопровождается расстройством кислородтранспортной функции крови, механики дыхательных движений и дыхательной функции легких, нарушением паттерна дыхания [2]. Ослабление межреберных и других мышц, которые принимают участие в процессе дыхания, а также дисфункция диафрагмы, являются причиной снижения параметров вентиляции, что в свою очередь усугубляет нарушения, вызванные специфическими изменениями легочной ткани. После выписки такие пациенты могут иметь неудовлетворительную физическую форму, одышку после незначительной нагрузки, а также другие функциональные проблемы и психологические расстройства. Кроме того, в случае длительной вентиляции легких и наркоза возможно развитие синдрома последствий интенсивной терапии. В результате после всплеска госпитализаций пациентов с дыхательными расстройствами наблюдается значительное увеличение спроса на уход и реабилитацию как на базе медицинских учреждений, так в домашних условиях.

Таким образом, существует необходимость разработки программ реабилитации пациентов пульмонологического профиля и поиска эффективного технического обеспечения, позволяющих восстановить сократительную способность диафрагмы и межреберных мышц, легочную вентиляцию, гемодинамику, газообмен при дыхательной недостаточности, способствовать улучшению качества жизни пациентов в дальнейшем.

Методы респираторной поддержки

На сегодняшний день наиболее обоснованным методом терапии дыхательной недостаточности (гипоксемии) является длительное применение кислорода с объемной долей не менее 90%. При этом абсолютных противопоказаний к кислородной терапии не установлено. Самым практичным методом диагностики представляется измерение насыщения (сатурации) гемоглобина артериальной крови кислородом (SpO₂) по средствам портативного пульсоксиметра. Нормой является SpO₂ 96 – 100%. В качестве источника кислорода целесообразно применение концентраторов кислорода, поскольку они не требуют заправки, необходимо только подключение к сети электропитания 220В [3]. При этом следует отметить зависимость концентрации кислорода во вдыхаемой смеси FiO₂ от способа ее доставки пациенту и скорости ее потока табл. 1.

Таблица 1. Зависимость концентрации кислорода во вдыхаемой смеси от типа интерфейса и скорости потока

Поток O ₂ , л/мин.	FiO ₂ при различных способах доставки O ₂ , %		
	Назальные канюли	Лицевая маска	Лицевая маска с возвратным мешком
1	24	Не применяется из-за низкой концентрации O ₂	
2	28		
3	32	35	35
4	36	40	40
5	40	45	50
6	Не применяется	50	60
7		65	70
8		Не применяется	80
9			90
10			99

С целью повышения эффективности кислородной терапии в работе [4] предлагается ее проведение в условиях небольшого избыточного давления. Для чего совместно с концентратором кислорода применяют портативную барокамеру, обеспечивающую избыточное давление до 1,15 АТА.

В последние два десятилетия неинвазивная вентиляция легких (НВЛ) широко применяется при терапии у пациентов с ХОБЛ и развитием гиперкапнической дыхательной недостаточности как в период обострений, так и в стабильный период, как в условиях стационара, так и на дому. Синдром гиперкапнической дыхательной недостаточности отличается нарастанием парциального напряжения углекислоты артериальной крови (P_aCO_2) более 45 мм.рт.ст. Для его определения применяются капнографы. Наряду с применением при нейромышечных заболеваниях и нарушениях грудной клетки неинвазивная вентиляция легких все чаще применяется у пациентов с синдромом гиповентиляции при ожирении. Данный метод респираторной поддержки также оказался эффективным у больных после экстубации – как при облегчении процесса отлучения от респиратора, так и для профилактики и лечения постэкстубационной дыхательной недостаточности. НВЛ также успешно применяется при сочетании ХОБЛ и синдрома обструктивного апноэ-гипопноэ во сне, ХОБЛ и пневмонии, а также в ранний послеоперационный период после операций на грудной клетке. Расправление ателектазов во время проведения НВЛ приводило к быстрому повышению сатурации и дыхательного объема легких.

Для проведения длительной неинвазивной вентиляции легких применяются портативные респираторы, обеспечивающие положительное давление в конце выдоха – СИПАП и БИПАП-аппараты. БИПАП-аппарат непрерывно подает воздух в дыхательные пути по средствам носовой или полнолицевой маски, создавая в отличие от СИПАП-аппарата два уровня давления. На вдохе оно увеличивается, чтобы компенсировать недостаточные дыхательные усилия и гарантировать поступление кислорода в легкие. На выдохе – снижается для облегчения сопротивления воздушному потоку. Разница между давлением вдоха и выдоха позволяет не только снять нагрузку на дыхательную мускулатуру, но и увеличить объем вдыхаемого воздуха, улучшить насыщение крови кислородом и восстановить чувствительность рецепторов к избытку углекислоты.

Таким образом, на сегодняшний день предлагается широкий спектр оборудования и методик для эффективной терапии и реабилитации пациентов с заболеваниями дыхательной системы. В тоже время из-за сохраняющейся опасности коронавирусной инфекции было принято решение, разрешающее применение военных разработок в гражданской медицине. Одной из таких разработок являются ингаляции подогретой кислородно-гелиевой смесью.

Кислородно-гелиевая терапия

Ингаляции подогретой кислородно-гелиевой смесью (термическим гелиоксом: 30% кислорода и 70% гелия температурой от 35 до 99 °С) показывают высокую эффективность в комплексной терапии пульмонологических, кардиологических и неврологических заболеваний и являются единственным неинвазивным методом раскрыть слипшиеся альвеолы и улучшить газообмен в легких. Так как гелий обладает высокой диффузионной способностью и теплопроводностью, а его плотность намного меньше воздуха, то это позволяет ему проникать в самые отдаленные альвеолы легочной ткани. Проведение ингаляций осуществляется согласно разработанным методикам, учитывающим 25-летний опыт работы с подогретыми кислородно-гелиевыми смесями и 70-летний опыт использования гелия в военном и водолазном деле. Для этого предлагается медицинский аппарат для проведения кислородно-гелиевой терапии «Ингалит-В2-01» (рис. 1), разработанный ЗАО «Специальное Конструкторское Бюро Экспериментального Оборудования при Институте Медико-Биологических Проблем Российской Академии Наук».



Рис. 1. Внешний вид ингалятора «Ингалит-В2-01»

Следует отметить существование и других приборов, предназначенных для кислородно-гелиевых ингаляций. Однако отличительной особенностью аппарата «Ингалит-В2-01» является применение оригинальной кислородно-гелиевой смеси, изготавливаемой по сертифицированным ТУ в пропорциональном соотношении 30% кислорода и 70% гелия и поставляемой в баллонах в готовом для применения виде. Соответственно, нет необходимости хранить отдельно кислород и отдельно гелий и контролировать процесс их смешивания непосредственно при проведении ингаляций. Кроме того, как показала практика, ингаляции необходимо проводить подогретой кислородно-гелиевой смесью, поскольку применение смеси комнатной температуры неэффективно и даже опасно. При этом чем выше температура смеси, тем более выраженный эффект от ингаляций. Максимальная температура ограничивается физиологическими особенностями организма человека. Ингаляционный сеанс состоит из трех циклов дыхания по 5-6 минут с перерывами по 5-6 минут. Длительность курса – 5-10 дней.

Основные заболевания, при которых доказана эффективность кислородно-гелиевых ингаляций (по данным Российской Академии Наук): коронавирусная инфекция COVID-19, ХОБЛ, бронхиальная астма, пневмония, ОРДС, гипоксия различного патогенеза, синдром дыхательной (сердечной) недостаточности, ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, гипотермия, снижение остроты зрения, сахарный диабет, тромбозы.

При курсовом применении отмечено улучшение газообмена, облегчение затрудненного дыхания, повышение содержания кислорода в крови, увеличение кровотока в легких и верхних дыхательных путях, снижение нагрузки на дыхательную мускулатуру, снижение давления в легочной артерии, уменьшение одышки, слабости. Ингаляции подогретой кислородно-гелиевой смесью повышают иммунный статус организма, сопротивляемость инфекциям, работоспособность, улучшают когнитивные способности, внимание и память.

Отдельно следует отметить возможность профилактики и лечения ОРВИ, а также профилактики, лечения и реабилитации после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19 согласно «Временным методическим рекомендациям по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» Министерства здравоохранения РФ [2]. Применение кислородно-гелиевых ингаляций облегчает течение болезни, предотвращает развитие фиброза лёгких, позволяет избежать тяжелых последствий и снижает риск подключения к аппарату ИВЛ. Не имеет противопоказаний и побочных эффектов, не вызывает аллергии, не является допингом.

Поскольку вирусные инфекции, в том числе COVID-19, оседают в верхних дыхательных путях, слизистой оболочке рта и носа, то проведение профилактических ингаляционных сеансов персоналу и пациентам, поступающим в учреждения здравоохранения,

а также санаторно-курортные учреждения, позволяет уничтожить коронавирус в том числе на раннем этапе развития, когда он не может быть выявлен с помощью теста.

Области применения:

1. Учреждения здравоохранения: профилактика распространения среди персонала и поступающих пациентов COVID-19; сокращение длительности и увеличение эффективности лечения.

2. Санаторно-курортные и оздоровительные учреждения, реабилитационные центры: профилактика распространения вирусной инфекции, включая COVID-19; лечение, а также восстановление и реабилитация после перенесенных заболеваний (пневмонии, инсульты, инфаркты); восстановление ослабленного иммунитета.

3. Спортивные и восстановительные центры: повышение аэробной выносливости; восстановление и реабилитация во время подготовки к соревнованиям, а также после нагрузок.

4. В домашних условиях: профилактика и лечение вирусных бронхолегочных инфекций; укрепление иммунитета.

Заключение

Снижение насыщения кислородом артериальной крови SpO_2 , а также нарастание углекислого газа в артериальной крови $PaCO_2$ являются основными признаками неблагоприятного прогноза для пациентов. Применение кислородной терапии и неинвазивной вентиляции легких позволяет снизить нагрузку на аппарат дыхания пациента, улучшить функцию дыхательных мышц и газообмен (повышение SpO_2 и снижение $PaCO_2$), улучшить качество сна, снизить риск последующих обострений и госпитализаций, а также увеличить выживаемость больных с синдромом дыхательной недостаточности, продлевая им жизнь на шесть-семь лет. Применение кислорода в смеси с гелием и в подогретом виде позволяет повысить эффективность доставки и усваивания кислорода организмом благодаря физическим свойствам гелия.

Список литературы

1. Иванова Г.Е., Шмонин А.А., Мальцева М.Н., и др. Реабилитационная помощь в период эпидемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 на первом, втором и третьем этапах медицинской реабилитации. Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2020;2(2): 98–117.
2. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 6 (28.04.2020) (утв. Мин здравоо России).
3. Давидовская Е.И., Зельманский О.Б. Устройство для проведения длительной кислородной терапии. Доклады БГУИР. 2016;7(101):226–230.
4. Давидовская Е.И., ДУБРОВСКИЙ А.С., Зельманский О.Б. Дыхательная недостаточность: техническое обеспечение диагностики и респираторной поддержки. Доклады БГУИР. 2020;18(8):29–36.

УДК 616.711.6-009.7-08:[615.032.778:546.264-31+615.814.1

ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОКСИРЕФЛЕКСОТЕРАПИИ И КЛАССИЧЕСКОГО ИГЛОУКАЛЫВАНИЯ В ЛЕЧЕНИИ ЛЮМБАЛГИИ

Т.И. ГРЕКОВА¹, А.П. СИВАКОВ¹, С.М. МАНКЕВИЧ¹, О.Е. ОСИПОВА², Л.В. ПОДСАДЧИК¹

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования,
ул. П.Бровки, 3, г. Минск, 220039, Республика Беларусь

²ГУ «Санаторий «Юность» Управление делами Президента Республики Беларусь,
Минская обл., Логойский район, 223116, Республика Беларусь

Аннотация. В рамках данного сообщения изложены основные характеристики люмбагии. Приведены результаты исследований, посвященных сравнительной характеристике методов классической рефлексотерапии и карбоксирефлексотерапии. Установлены преимущества карбоксирефлексотерапии для быстрого купирования болевого синдрома. Показана целесообразность сочетанного немедикаментозного воздействия.

Ключевые слова: люмбагия, карбоксирефлексотерапия, акупунктура.

THE APPLICATION OF CARBOXYREFLEXOTHERAPY AND CLASSICAL ACUPUNCTURE IN THE TREATMENT OF LUMBALGIA

T.I. GREKOVA¹, A.P. SIVAKOU¹, S.M. MANKEVICH¹, O.E. OSIPOVA², L.V. PODSADCHIK¹

¹Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education
3, P. Brovki Str., 220039, Minsk, Belarus

²State Institution «Sanatorium «Yunost» Office of the President of the Republic of Belarus,
Minsk region, 223116, Belarus

Abstract. The review describes the lumbalgia, characteristics of clinical symptoms. The results of studies devoted to the comparative characteristics of the methods of classical reflexotherapy and carboxyreflexotherapy are presented. The advantages of carboxyreflexotherapy for the rapid relief of pain syndrome have been established. The expediency of combined non-drug exposure is shown.

Keywords: lumbalgia, carboxyreflexotherapy, acupuncture.

Введение

По данным статистики около трети населения земного шара страдают от нарушения функции опорно-двигательного аппарата, что обуславливает актуальность поиска новых методов и способов лечения для лечения данной категории пациентов. Болевой синдром, возникающий при люмбагии, является одной из основных причин временной нетрудоспособности, поэтому поиски наиболее эффективного сочетания физических лечебных факторов в одной процедуре по-прежнему актуально.

Теоретическая часть

Наиболее частыми причинами хронической боли в поясничной области являются дегенеративные процессы в межпозвонковых дисках, спондилез, спондилоартроз. При люмбагии отмечается нарушение подвижности в позвоночнике, клинически различаются компрессионные и рефлекторные синдромы. Компрессионные синдромы развиваются при сдавливании корешков, сосудов, спинного мозга и проявляются болевым синдромом в поясничной области, усиливающейся при движениях, чихании, кашле, отмечаются постуральные регионарные вегетативно-сосудистые расстройства, выявляются симптомы

выпадения функций сдавленных корешков (снижение сухожильных рефлексов, гипотрофия мышц, нарушения чувствительности). Для рефлекторных вертеброгенных синдромах характерны ноющие, более локальные болевые ощущения без иррадиации, усиливающиеся при глубокой пальпации или растяжении спазмированной мышцы, симптомы выпадения отсутствуют [4].

Для купирования болевого синдрома необходимо воздействие на различные уровни формирования боли (центральный и периферический), направленное на уменьшение избыточной воспалительной реакции, мышечного напряжения, улучшение оксигенации, усиление регенеративных возможностей нервной ткани. Оксигенация тканей является фундаментальным фактором, поскольку она улучшает фагоцитарную и бактерицидную способность иммунных клеток организма и поддерживает синтез коллагена и других белков. Кислород оказывает влияние на макрофаги способствует индукции ангиогенеза и других факторов роста, которые улучшают заживление тканей и противостоят инфицированию [3].

СО₂ является одним из важнейших медиаторов ауторегуляции кровотока. Соответственно, чем выше уровень СО₂ в ткани или в крови, тем активнее гемоглобин отдает О₂ (эффект Вериги-Бора). Это способствует увеличению притока крови к тканям, активизирует фактор роста эндотелия сосудов, а в долгосрочной перспективе это стимулирует формирование новых сосудов. Кроме того, метаболизм углекислого газа в организме изменяет рН среды, что обуславливает обезболивающее и спазмолитическое действие углекислого газа.

Таким образом, при заболеваниях опорно-двигательного аппарата карбоксирефлексотерапия способствует коррекции сосудистых и трофических нарушений, купированию болевых синдромов в суставах, а также наряду с решением локальных проблем оказывает системное воздействие на организм: миорелаксирующее, анальгезирующее, гемореологическое, повышающее уровень тканевой оксигенации и, как следствие, улучшающее трофику тканей [1,4]. Карбоксирефлексотерапия воздействует на все звенья опорно-двигательного аппарата, начиная с экстерорецепторов, заканчивая суставами, мышцами, связками. При этом данный метод позволяет сократить длительность приема нестероидных противовоспалительных препаратов и уменьшить риск побочных эффектов, вызываемых этими средствами.

Цель исследования – определить эффективность сочетания карбоксирефлексотерапии и классического иглокальвания в лечении пациентов с люмбалгией.

Материалы и методы

Под наблюдением находилось 60 пациентов в возрасте от 27 до 55 лет с диагнозом: вертеброгенная люмбалгия с умеренным стойким болевым синдромом. Всем пациентам проводились клинические методы исследования: сбор жалоб, анамнез, вертеброневрологическое обследование. Для оценки болевого синдрома использовалась визуально-аналоговая шкала (ВАШ). Пациенты были разделены на две группы с учетом общепринятых противопоказаний для проведения рефлексотерапии, карбоксирефлексотерапии. Первая группа состояла из 30 пациентов, получавших классическое иглокальвание в ТА поясничной области и дистальные ТА канала мочевого пузыря (V22 – V26, V53, V54, V40, V55, V56, V57, V60, V63) и аурикулярную рефлексотерапию (АТ38, АТ40, АТ54, АТ55, АТ34, АТ26а, АТ13, АТ51) [2]. Воздействие проводилось по второму тормозному методу. В данной группе курс лечения состоял из 8-10 процедур, проходящих ежедневно. Во второй группе (30 человек) пациенты получали карбоксирефлексотерапию на поясничный отдел позвоночника и классическое иглокальвание в дистальные ТА канала мочевого пузыря (V40, V55, V56, V57, V60, V63) и аурикулярную рефлексотерапию (АТ38, АТ40, АТ54, АТ55, АТ34, АТ26а, АТ13, АТ51), воздействие на которые проводилось по второму тормозному методу. Карбоксирефлексотерапия проводилась на аппарате INCO₂ в дозе 400 мл в ТА поясничной области на уровне L1-L5 внутримышечно 3 раза в неделю, на курс лечения 8-10 процедур. Для выбора линий воздействия методом карбоксирефлексотерапии при люмбалгии учитывалась зона максимального поражения с учетом первой, второй боковых линий спины, линии задне-

срединного меридиана, линии превертбрально расположенных внеканальных ГА (хуа-то-цзяцзи).

Результаты и их обсуждение

Для оценки результатов исследования была использована визуальная аналоговая шкала (ВАШ), эффективность купирования болевого синдрома отражена в таблице.

Динамика оценки выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ

Группы	До лечения	После лечения
1 группа (n=30)	5.3±0.13	2.3±0.11
2 группа (n=30)	5.4±0.12	1.2±0.12

$p < 0,05$ – достоверность различий по сравнению с основной группой.

В результате проведенного лечения отмечалась положительная динамика во всех исследуемых группах. Наиболее выраженная положительная динамика была отмечена в группе, получавшей карбоксирефлексотерапию и классическое иглоукалывание, заключавшейся в уменьшении степени выраженности болевого синдрома (на 42%), уменьшение мышечно-тонического напряжения в поясничной области; в первой группе, получавшей классическое иглоукалывание, болевой синдром уменьшился на 30%, также отмечалось уменьшение мышечно-тонического напряжения в поясничной области. Следует отметить, что у пациентов, получавших карбоксирефлексотерапию и классическое иглоукалывание, уменьшение болевого синдрома наблюдалось с первой - второй процедуры, у пациентов первой группы – уменьшение болевого синдрома отмечалась с пятой процедуры.

Заключение

Таким образом, сочетанное применение карбоксирефлексотерапии и классического иглоукалывания при люмбагии способствовало более быстрому немедикаментозному купированию болевого синдрома, улучшению качества жизни пациентов, удлинению ремиссии заболевания. Карбоксирефлексотерапия, как лечебный метод, может быть использован в клинической практике как в изолированном виде, так и, в случае необходимости, в сочетании с другими физическими факторами или лекарственными препаратами, что может способствовать уменьшению дозировки лекарственных средств и повышению эффективности проводимого лечения.

Список литературы

1. Зеленкова Г. Карбокситерапия. Новейшие исследования. Свидник, 2019. – 120с.
2. Лувсан Гаваа. Традиционные и современные аспекты восточной медицины. М.: АО «Московские учебники и Картолитография». 2000; 400 с
3. Мавлиева Г.М. Современные немедикаментозные методы восстановительного лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата. Российский журнал боли. 2017. №1, С. 113-114
4. Хабиров Ф.А., Хабирова Ю.Ф. Миофасциальная боль — современные проблемы диагностики и лечения в практике врача первичного звена. Практическая медицина. 2019. Том 17, № 7, С. 8-16
5. Хадарцев А.А., Агасаров Л.Г. Немедикаментозное лечение дорсопатий (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2020. №1. Публикация 3-5. URL:<http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-1/3-5.pdf>

УДК 615.838.9

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ ПИТЬЕВОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ САНАТОРИЯ «СВИСЛОЧЬ» В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ПАТОЛОГИЕЙ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Д.В. БАРАНОВСКИЙ

*Дочернее унитарное предприятие «Свислочь»
а/г. Свислочь, Осиповичский район, Могилевская область, Республика Беларусь*

Аннотация. Цель работы: исследование применения минеральной воды из скважины №3 санатория «Свислочь» в комплексной терапии патологии органов пищеварения у детей. В исследовании участвовало 88 детей и подростков в возрасте 7-18 лет с нарушениями органов пищеварения. Применялась комплексная терапия с использованием минеральной воды из скважины №3 санатория «Свислочь». Наилучшие результаты были получены при использовании питьевой минеральной воды в лечении функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта, а также при гастрите с низкой и нормальной секреторной функцией, при дискинезии желчевыводящей системы гипокINETического типа. Полученные данные программы по использованию природной минеральной воды из скважины №3 в ДУП «Свислочь», можно рекомендовать к применению в санаторно-курортных организациях Республики Беларусь. Область ее применения - питьевое использование в детской практике, при патологии органов пищеварения и в сочетании с другими физиотерапевтическими методами.

Ключевые слова: дети и подростки, патология органов пищеварения, природные факторы, минеральная вода санатория «Свислочь».

THE USE OF NATURAL DRINKING MINERAL WATER OF THE SANATORIUM «SVISLOCH» IN THE COMPLEX TREATMENT OF CHILDREN WITH PATHOLOGY OF THE DIGESTIVE ORGANS.

DMITRY V. BARANOVSKY

Subsidiary unitary enterprise «Svisloch» a/t Svisloch, Osipovich district, Mogilev region, Republic of Belarus

Abstract. The purpose of the work is to study the use of mineral water from well No. 3 of the sanatorium "Svisloch" in the complex therapy of pathology of the digestive organs in children. The study involved 88 children and adolescents aged 7-18 years with digestive disorders. Complex therapy was applied using mineral water from well No. 3 of the sanatorium "Svisloch". The best results were obtained with the use of drinking mineral water in the treatment of functional disorders of the gastrointestinal tract, as well as with gastritis with low and normal secretory function, with dyskinesia of the biliary system of the hypokinetic type. The obtained data of the program on the use of natural mineral water from well No. 3 in the DUP "Svisloch" can be recommended for use in sanatorium-resort organizations of the Republic of Belarus. Its field of application is drinking use in children's practice, in the pathology of the digestive organs and in combination with other physiotherapeutic methods.

Keywords: children and adolescents, pathology of digestive organs, natural factors, mineral water of the sanatorium «Svisloch».

Введение

Качество здоровья населения – важный показатель экономического и социального благополучия страны, а также фактор национальной безопасности и стабильного развития государства. Здоровье же детей является фундаментом для формирования в будущем здоровья взрослых. Санаторно-курортное лечение детей представляет собой один из этапов педиатрической помощи, которая предусматривает преемственность и непрерывность лечения на разных этапах педиатрической службы - поликлиника, стационар, санаторий [2].

Методы физиотерапии и физиопрофилактики широко используются при многих болезнях детей различного возраста. Современная физиотерапия обладает большими

возможностями применения естественно и искусственно получаемых физических факторов для профилактики и лечения различных болезней у детей. Все методы физиотерапии оказывают активное влияние на многие системы организма, стимулируют защитные силы, способствуют ликвидации воспалительных, дистрофических нарушений, совершенствуют адаптационные способности организма [3].

Физиотерапевтические методы являются неотъемлемой частью лечения и медицинской реабилитации детей при многих болезнях. Особо важную роль приобретают методы немедикаментозной физической терапии при различных заболеваниях у детей, позволяя уменьшить дозу лекарств и снизить степень их побочного действия [4]. Свою лепту в решении задач по оздоровлению детей на территории Беларуси, внедрение инноваций в подборе методов терапии внес и санаторий «Свислочь», находящийся в одноименном поселке.

Своё название поселение получило от реки Свислочь, на берегу которой и располагается. Свислочь — одно из самых древних поселений на белорусской земле. На месте городища во времена Полоцкого княжества возникло поселение замкового типа, относящееся к XI-XII векам, ставшее впоследствии центром Свислочьского княжества. В средневековье город Свислочь был имуществом Великого князя Литовского. В последующие годы хозяевами Свислочи были несвижские магнаты Радзивилы. С 1793 года Свислочь находится в составе Российской империи и получает свое дальнейшее развитие. В 1848 открылась школа, в 1895 году - почтовая станция.

Территория и постройки, на которой расположен санаторий принадлежала изначально помещикам Незабытовским, которые организовали здесь приют для сирот. Значительно позже появилась школа-интернат. В 1975 году здания были отданы под пионерский лагерь «Свислочь», в 1991 году перепрофилированного под санаторий с одноименным названием.

Медицинские профили санатория: болезни органов дыхания, болезни органов пищеварения, болезни системы кровообращения. В санатории проходят лечение и оздоровление дети от 6 до 18 лет. Основными лечебными факторами являются благоприятный, умеренно-континентальный, с достаточно теплым, продолжительным летом и умеренно-холодной зимой, климат и лечебные минеральные воды двух типов: хлоридные натриевые высокоминерализованные бромные лечебные минеральные воды и хлоридные натриевые маломинерализованные лечебно-столовые минеральные воды. Это в сочетании с аппаратной физиотерапией, лечебной физкультурой, массажем, лечебным питанием оказывает положительный терапевтический эффект в лечении и оздоровлении детей.

Анализ данных последних трех лет о патологии детей, прибывающих в центр на лечение и оздоровление отражен в таблице 1.

Таблица 1. Анализ данных о патологии детей, получивших лечение и оздоровление

Годы \ Патология	2019		2020		2021		2022 (6 мес)	
	Кол-во чел.	%	Кол-во чел.	%	Кол-во чел.	%	Кол-во чел.	%
Органов дыхания	1238	56,7	1254	58,8	1338	59,5	747	5,9
Органов пищеварения	239	10,9	212	9,9	174	7,7	87	6,7
Системы кровообращения	220	10,8	175	8,21	282	12,53	170	13,18
Психические расстройства и расстройства поведения	189	8,6	197	9,2	173	7,7	105	8,1
Костно – мышечной системы и соединительной ткани	139	6,4	166	7,8	180	8,00	97	7,5
Прочие	157	17,4	128	6,1	103	4,57	84	58,6

Стоит отметить, что под воздействием эндогенных и экзогенных факторов, а также «...лекарственных средств происходит неблагоприятное воздействие на процессы пищеварения и усвоения компонентов пищи» [5], в том числе и дисбалансу минеральных веществ.

Значение минеральных веществ чрезвычайно многообразно. Очень важна их пластическая функция. Минеральные макроэлементы участвуют в регуляции кислотно-основного состояния организма, регулируют водно-солевой обмен, поддерживают

осмотическое давление в клетках и межклеточных жидкостях, а минеральные микроэлементы входят в состав или активируют действие ферментов, гормонов, витаминов и таким образом участвуют во всех видах обмена веществ [6].

В санаторно-курортном лечении центральное место отводят природным факторам лечения, в том числе использованию минеральной воды и особенно для ее внутреннего применения. «Минеральные воды, принятые внутрь, оказывают выраженное влияние на все главные пищеварительные железы» [7].

Природная минеральная вода один из важнейших компонентов в реабилитации и восстановительном лечении при различных заболеваниях.

Наряду с непосредственным благоприятным действием на процессы в слизистой оболочке ЖКТ и водно-солевой обмен, внутренний прием минеральной воды вызывает и длительное последствие в виде улучшения нейрогуморальной регуляции и обменных процессов, стимуляции трофических и регенераторных процессов. Специфичность действия минеральной воды определяется ее макро- и микроэлементным составом. В условиях напряженности регуляторных систем более благоприятное действие оказывают менее минерализованные воды. Многие из микроэлементов являются кофакторами большинства энзимов. При ощелачивании антрального отдела усиливается продукция гастрина, который оказывает трофическое действие на слизистую оболочку гастродуоденальной области и на характер кислотности желудочного сока. Минеральная вода влияет на сократительную функцию желчевыводящих путей, оказывая, таким образом, определенное влияние и на функциональное состояние толстого кишечника [1].

Действие питьевой минеральной воды на организм обусловлено различными факторами. Химическим, механическим, термическими, среди которых ведущим является химический. При приеме минеральной воды внутрь наблюдается целостная реакция организма, проявляющаяся как местными, так и системными изменениями, носящими специфический и неспецифический характер. Специфический эффект действия питьевой минеральной воды преимущественно обусловлен ее ионным составом, а неспецифический – термическим и механическим факторами. [1].

Пациенты и методы

В лечении заболеваний органов пищеварения у детей мы использовали природную минеральную воду, получаемую из скважины №3 находящейся на территории санатория «Свислочь» для ее внутреннего применения.

Природная питьевая минеральная вода санатория - это хлоридно-натриевая с химическим составом в мг/дм: натрий 750,0; калий 32,0; кальций 152,2; магний 79,3; хлориды 1432,7; сульфаты 178,2; гидрокарбонаты 219,6; фтор 1,24; бром 3,73, кремниевая кислота 8.75, малой минерализации (М 2,85 г/дм³) Глубина скважины 200м. Бальнеологическое заключение № 8/6-2014, от 12.12.2014. Соответствует требованиям СТБ 2436-2016 (РБ) и ТР ЕАЭС 044/2017.

Состав данной питьевой минеральной воды имеет ряд биологически активных веществ, которые при ее внутреннем приеме действуют в комплексе, вызывая раздражения определенных рецепторов компонентами бальнеологического фактора и их гуморального действия. Сложный химический состав природной питьевой минеральной воды санатория «Свислочь» предполагает разнообразное действие не только на органы пищеварения, но и на организм в целом.

Прием природной минеральной воды из скважины №3 санатория «Свислочь» может способствовать восполнению в организме кремния, магния, брома и других микроэлементов, а также улучшению усвоения тканями микроэлементов из пищи.

Материалом нашего исследования для питьевого применения минеральной воды являлись дети в возрасте 7-18 лет с нарушениями органов пищеварения. Структурно данная патология отражена в рисунке 1.

ПАТОЛОГИЯ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

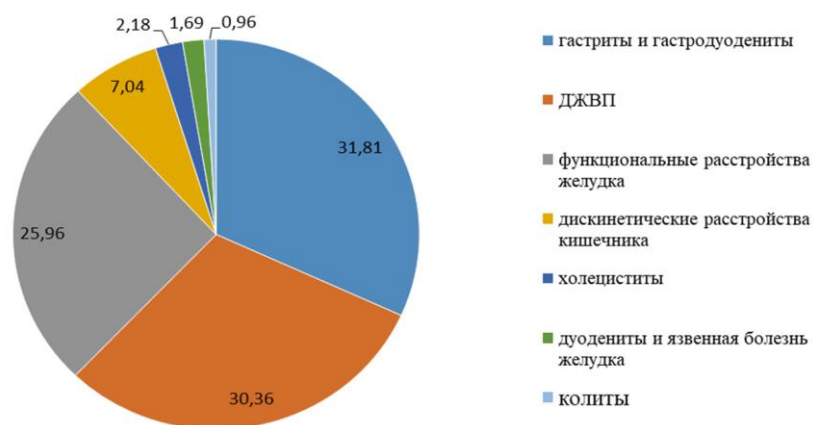


Рис.1 Структура патологии органов пищеварения.

Всего в исследовании приняло участие в 2022 году– 88 пациентов. Дети делись на 2 группы: контрольную и группу пациентов, использовавших в лечении природную питьевую минеральную воду скважины №3 ДУП «Свислочь». Для этих целей имеется бювет с контролем медработника.

С пациентами обеих групп проводились: опрос, функциональные методы исследования, назначалась соответствующая диета. По показаниям проводилась медикаментозная терапия.

Нарушения процессов пищеварения в зависимости от их уровня и тяжести могут проявляться различной симптоматикой, имеющей, в том числе и диагностическое значение [8]. Также стоит отметить, что «...функциональные заболевания пищеварительного тракта обусловлены полиморфизмом различных жалоб и их изменчивостью» [9]. Из них можно выделить следующие основные клинические синдромы: болевой, диспепсический и синдром астении, которые в разной степени присущи патологии органов желудочно-кишечного тракта.

При хронических гастритах, гастродуоденитах, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки использовали стандартные методики физиотерапевтического лечения. Для устранения воспалительных процессов применялись УВЧ-терапия в нетепловой дозе, ДМВ-терапия в слаботепловой дозе, ИК-лазеротерапия в импульсном режиме. При болевом синдроме назначали электрофорез раствора новокаина в месте проекции боли, причем при гиперсекреции в области эпигастрия располагали анод, при сниженной секреции — катод. Также применяли ультразвуковую терапию на область желудка и сегментарные паравертебральные зоны, в импульсном режиме, слабой интенсивности. С целью коррекции вегетативного статуса - электрофорез раствора кальция хлорида на воротниковую зону, эндоназальный электрофорез раствора витамина В₁. Для стимуляции трофических процессов применялась высокочастотная магнитотерапия в слаботепловой дозе, пелоидотерапия или гальваногрязь, парафино-озокеритовые аппликации. При астенизации пациентов применяли седативные методы в виде электрофореза раствора брома на воротниковую зону, электросонотерапию. С целью улучшения секретолитической способности желудка пациентам, с которыми проводили исследование, назначали питье природной минеральной воды санатория «Свислочь» (далее по тексту минеральной воды) из расчета 3 мл/кг 3 раза в день, при гиперацидном гастрите за 60—90 мин до еды, в подогретом до 38—45 °С виде (без газа), быстро, крупными глотками; при гипацидном состоянии прием воды осуществлялся за 15—20 мин до еды, с температурой 18—25°С, медленно, маленькими глотками, при нормальной секреции — за 45 - 60 мин до еды, с температурой 28—35 °С, в обычном темпе. Контрольной группе назначались ДДТ и СМТ-терапия, а для стимуляции секреторной функции использовали СУФ-облучение эпигастрия и сегментарных зон.

Определяя тактику лечения детей с неспецифическим колитом и энтероколитом, мы использовали вышеизложенные методики с комбинацией электрофореза спазмолитиков, сидячих ванн, гальванизации области кишечника, микроклизмами. Минеральная вода использовалась пациентами исследуемой группы по следующей схеме: при пониженной

двигательной функции кишечника за 40 минут до еды при температуре 18-25°C, медленно, небольшими глотками; при повышенной двигательной функции за 35-60 мин до еды при температуре 40-45°C медленно, небольшими порциями.

Лечение дискинезией желчевыводящих путей проводилось по общеизвестным методикам с использованием СВЧ-терапии, СМТ-терапии, пелоидотерапии. Назначались гальванический воротник по Щербаку, хлоридно-натриевые, хвойные ванны, высокочастотная магнитотерапия, аппликации теплоносителей, электрофорез спазмолитиков, раствора брома. Электрофорез сульфата магния по поперечной методике использовался для стимуляции выведения желчи в контрольной группе. Пациенты, с которыми проводили исследование, принимали питьевую минеральную воду в теплом или горячем виде по 3 г/кг 3 раз в день за 30 минут до еды, при гипермоторной форме дискинезии в разведении 1:2 с кипяченой водой (для снижения минерализации).

При функциональных нарушениях желудка применялись также хвойные ванны, электросонотерапия, СМВ- терапия, занятия с психологом. Группа пациентов, с которыми проводили исследование, дополнительно принимала минеральную воду в теплом виде по 3 г/кг 3 раз в день за 30-60 минут до еды.

Нарушение функции кишечника потребовало применения теплых пресных и хвойных ванн в сочетании с хромотерапией, вибротерапией, электросном. Пациентам проводили гальванизацию сегментарных зон, лечебный массаж, в зависимости от возраста ребенка и его психологической настроенности клизмы 1-2 раза в неделю. Применяли ароматерапию, психологом проводились занятия, где для оценки общего эмоционального фона ребенка использовался цветовой тест по Люшеру с последующей психологической корректировкой [10]. Группа пациентов, участвующая в исследовании, дополнительно принимала натощак небольшими глотками минеральную воду, при температуре воды 40—45 °С, за 30—60 мин до приема пищи.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований было выявлено, что с применением питьевой минеральной воды скважины №3 ДУП «Свислочь» пациенты скорее достигали терапевтического эффекта в сравнении с контрольной группой.

Под влиянием проведенного лечения исчезли жалобы на тошноту, рвоту, изжогу, отрыжку, чувство тяжести – на 3-4 день у 92% принимавших участие в исследовании (в контрольной группе на 4-5 день у 80%), в обеих группах стул нормализовался на 5-6 сутки – у 84% принимавших минеральную воду и в контрольной группе – 76,5%.

Болевой синдром в случаях гастродуоденита или гастрита купировался, или имел тенденцию к снижению в течении первых 7-9 дней у 86% принимавших минеральную воду и 73% в контрольной группе. Лучший эффект был при признаках патологии с пониженной и нормальной секреторной функцией желудка.

При наличии астенического синдрома обе группы показали приблизительно одинаковый результат (более качественные у пациентов принимавших минеральную воду) - нормализация сна, отсутствие головной боли, слабости, утомляемости, улучшение настроения.

Прием минеральной воды оказал благотворное влияние на функциональные нарушения желудка. Болевой синдром и явления диспепсии начали затухать на 3-4 день и 6-7 дню почти полностью купировались. Явления свойственные астенизации потребовали более частых занятий с психологом. В случае дискинезии желчевыводящей системы высокие результаты были получены при курсовом лечении ее гипокINETической формы – 76% из числа принимавших минеральную воду, в контрольной группе - 67%.

Комплексная терапия дискинезии кишечника приводила к нормализации стула (по частоте, консистенции, отсутствию болезненного акта дефекации), снижению или исчезновению болевого синдрома у 77% в группе использовавших природную минеральную воду из скважины №3 санатория «Свислочь», и 61% из контрольной группы.

В результате лечения воспалительных процессов желчного пузыря пациенты перестали жаловаться на раздражительность, потливость, головную боль, нарушение сна, тошноту, метеоризм, а к концу курса лечения отсутствовал и болевой синдром у 68% (с использованием МВ) и 60% в контрольной группе.

В случае терапии язвенной болезни, лучшей реакцией на лечебный фактор было исчезновение явлений диспепсии (изжога, тошнота, отрыжка, нарушение стула) – у 68% пациентов использовавших минеральную воду. В контрольной группе – 61%. Ниже результаты были при купировании болевого синдрома – у 63,5% пациентов, использовавших МВ и 59,1% контрольной группы. Обобщенные данные о сроках восстановления при лечении патологии органов ЖКТ отражены на рисунке 2.



Рис. 2 Клинический эффект применения природной питьевой минеральной воды скважины №3 санатория «Свислочь» у детей с патологией органов пищеварения

Заключение

Таким образом, применение природной питьевой минеральной воды санатория «Свислочь» в комплексной терапии патологии органов желудочно-кишечного тракта у детей дает положительный терапевтический эффект. Лучшие результаты достигаются при ее питьевом применении в лечении функциональных нарушений со стороны ЖКТ, а также при гастритах с пониженной и нормальной секреторной функцией, при дискинезии желчевыводящей системы по гипокинетическому типу. Функциональные нарушения, выраженный астенический синдром требует дополнительно занятий с психологом.

Полученные данные программы по использованию природной минеральной воды из скважин санатория ДУП «Свислочь», можно рекомендовать к применению в санаторно-курортных организациях Республики Беларусь. Область ее применения - питьевое использование в детской практике, при патологии органов пищеварения и в сочетании с другими физиотерапевтическими методами.

Список литературы

1. Учебник по восстановительной медицине/ под ред.Разумова А.Н., Бобровницкого И.П., Василенко А.М., Москва, 2009. С. 360, 545.
2. Курортология /под ред. Разумова А.Н., Турова Е.А.– Москва, 2016. – С. 639.
3. Применение физиотерапии в педиатрии. /Методические указания / А.С.Сенаторова, О.В.Николаева.– Харьков: ХГМУ, 2005, С. -3
4. Актуальные проблемы педиатрии / под редакцией Русаковой Е.М., Минск, Экоперспектива, 2009, С.171.
5. Диетическое питание детей. Дерюгина М.П., Домбровский В.Ю., Панферов В.П.–Минск, Польша, 1991. С.82-83.
6. Диетология. Новейший справочник для врачей. Смолянский Б.Л., Лифляндский В.Г., СПб,Сова; М. Из-во Эксмо, 2003. С.118.
7. Справочник по курортологии и курортотерапии., под редакцией Данилова Ю.Е., Царфиса П.Г., Москва, Медицина, 1973, С.62.
8. Клиническая гастроэнтерология Григорьев П.Я., Яковенко А.В. – Москва, МИА 2001. - С.25.
9. Функциональные заболевания желудочно-кишечного тракта. Фролькис А.В. – Ленинград, 1991. – С.21.
10. Структурное реформирование санаторно-курортного комплекса и регулирование рынка санаторно-оздоровительных услуг – дело всех участников рынка. Стороженко Н.А., Разумов А.Н., Лимонов В.И. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – Москва, 2003. – С. 5-11.

УДК 004.056

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНВЕЙЕР АНАЛИЗА ДАННЫХ ГЕНОМОВ КОРОНАВИРУСА

М.В. СПРИНДЖУК, В.И. БЕРНИК, Н.И. КАЛОША, А.С. ВЛАДЫКО, Б. УЛЗИЙБАТ,
Б. БАТГЭРЕЛ, академик Л.П. ТИТОВ, Д.А. КЛИМУК, Е.М. СКРЯГИНА, А.Е. СКРЯГИН, Т.Н.
ГЛИНСКАЯ

*Государственное учреждение Институт математики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Разработан алгоритм-конвейер для анализа коронавирусных контигов. Осуществлена серия вычислительных экспериментов для изучения геномов нового коронавируса человека, направленных на оценку качества, профилирование, аннотирование геномных данных, полученных от пациентов Беларуси. Выявлены доминирующие на сегодняшний день линии передачи коронавируса *Дельта* и *Омикрон*. Выполненные исследования соответствуют мировым тенденциям исследования коронавируса и сфокусированы на изучении вирусной эволюции в современных условиях. Результаты способствуют распространению научной информации об этиологии, патогенезе, эпидемиологии и лечению коронавирусной инфекции и других опасных респираторных инфекций.

Ключевые слова: системы медицинского назначения, медицинская кибернетика, анализ геномов, пандемия, коронавирусная инфекция, программное обеспечение, автоматизация обработки данных, отображение информации, большие данные

AUTOMATED PIPELINE FOR ANALYSIS OF CORONAVIRUS GENOME DATA

SPRINDZUK M.V., BERNIK V.I., KALOSHA N.I., VLADYKO A.S., ULZIBAT B., BATGEREL
B., TITOV L.P., KLIMUK D.A., SKRIAHINA E.M., SKRIAHIN A.E., GLINSKAYA T.N.

State Institution Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus Minsk, Belarus

Abstract. The data processing pipeline has been developed for the analysis of coronavirus contigs. A series of computational experiments were carried out to investigate the genomes of the new human coronavirus aimed at assessing the quality, profiling, and annotating genomic data obtained from patients in Belarus. The currently dominant lines of transmission of the coronavirus – the Delta and the Omicron clades – have been identified. The research is in line with the global trends in coronavirus-related research and is focused on studying viral evolution in the current conditions. The results contribute to dissemination of scientific information on etiology, pathogenesis, epidemiology and treatment of coronavirus infection and other dangerous respiratory infections.

Keywords: medical systems, medical cybernetics, genome analysis, pandemic, coronavirus infection, software, data processing automation, data visualization, big data

Введение

Новый коронавирус человека (SARS-CoV-2) погубил жизни более 6 000 000 человек, стал причиной инвалидизации, временной и стойкой потери трудоспособности сотен миллионов людей по всей планете. Учитывая продолжающиеся новые войны, экологические бедствия, в том числе лесные пожары и ураганы, реально ожидать появление новых вирусных пандемических инфекций.

Актуальность исследований в области биоинформатики, биофизики, кибернетики, молекулярной эпидемиологии и прикладной математики вирусов [1] также обусловлена широким распространением вирусов иммунодефицита человека и обезьян, герпеса, цитомегаловирусной инфекции и вирусных гепатитов, обнаружением новых онкогенных вирусов, а также с открытием причастности вирусных частиц к этиологии ряда малоизученных заболеваний и аутоиммунной патологии.

Новая коронавирусная инфекция стала причиной смерти и заболеваний миллионов не только людей, но и животных. Геномика и биоинформатика предоставляют возможность получать, изучать и анализировать геномные тексты микробов, в частности коронавирусов. Тема вирусного филогенеза также исключительно актуальна и сегодня рассматривается на страницах множества современных научных статей и монографий [2, 3].

Вспышка новой коронавирусной инфекции COVID-19 началась в середине декабря 2019 года в Китае, в городе Ухань и распространилась на многие города Китая, Юго-Восточной Азии, а также по всему миру.

Методика проведения эксперимента

В течение интервала времени 2019-2022 гг. нами была выполнена загрузка SARS-CoV-2 геномов из общедоступной базы данных GISAID (*Global Initiative on sharing all influenza data = Глобальная инициатива по обмену всеми данными о гриппе*) пять раз, в последний раз 11.09.2022 года. Изначально в базе данных находилось 88 геномов, к осени 2022 года – уже 526 геномов.

Как модули разработанного конвейера при помощи технологии платформы Galaxy (рисунок 1), для обработки данных с целью оценки качества и состава генетического материала и идентификации происхождения изолятов мы отобрали программные модули Pangolin и Nextclade, для аннотирования – Prokka [4] и BARRNAP, MAFFT [5] и ClustalW [6] – для множественного выравнивания, которое необходимо для филогенетического анализа.

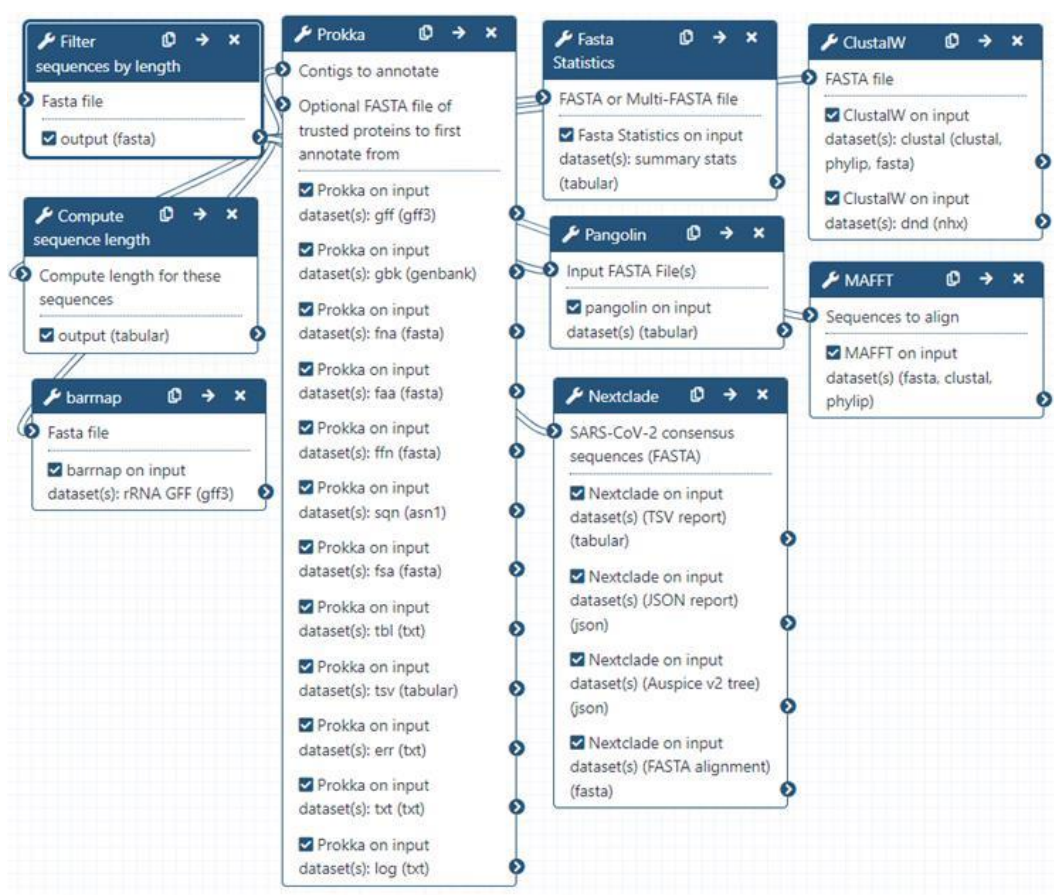


Рис. 1. Разработанный на платформе Galaxy конвейер обработки контигов коронавируса

Pangolin [7, 8] был разработан для реализации динамической номенклатуры линий и кластеров-кладов передачи SARS-CoV-2, известной как номенклатура Pango (рисунки 2-3). Pangolin присваивает распознанную линию и имя кластера по принципу опубликованному А. Rambaut др., 2020 [14].

Nextclade [9] – это инструмент, который определяет различия между загруженными пользователем геномными текстами и эталонной последовательностью и использует эти различия для идентификации, распознавания и присвоения линий передачи и кластеров-кладов, а также сообщает о потенциальных проблемах качества последовательностей в представляемых данных. Руководство пользователя доступно по адресу docs.nextstrain.org/projects/nextclade.

Также нами было изучено и использовано следующее программное обеспечение и веб-сервисы:

1. Программный комплекс для статистических вычислений JMP SAS 7 [10, 11];
2. Веб-сервис CoVizu;
3. Веб-сервис Центр ресурсов для биоинформатики бактерий и вирусов (Bacterial and Viral Bioinformatics Resource Center (BV-BRC));
4. Веб-сервис Nextstrain (рисунок 4).

Основная исходная выборка коронавируса геномных текстов состояла из 526 полных геномов различного качества и происхождения (несколько образцов происходило от животных: домашних кошек, собак и диких норок), полученных в Беларуси с декабря 2019 по май 2022 года (рисунки 2-4).

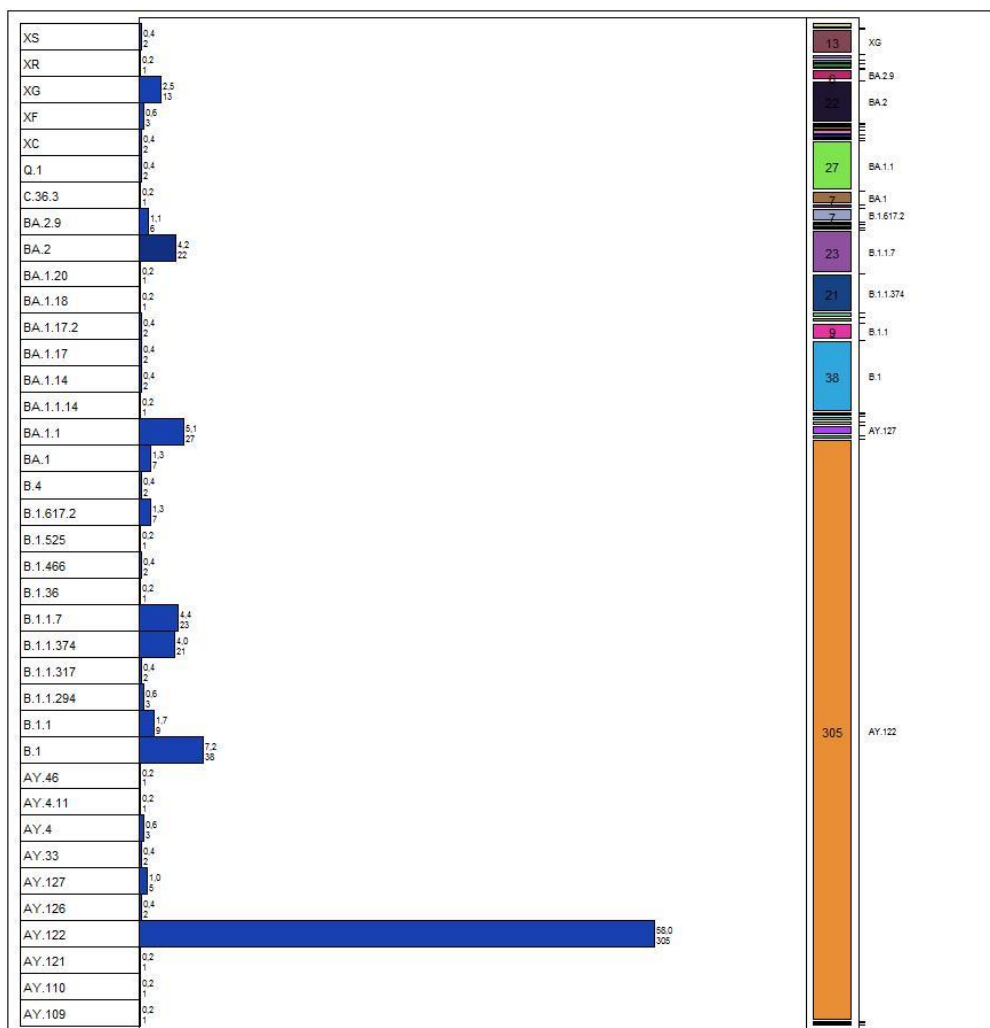


Рис. 2. Столбчатая диаграмма, представляющая геномный профиль 526 образцов белорусского коронавируса. Здесь и далее напротив столбика приводится процентное и числовое количественное представление каждой идентифицированной линии передачи

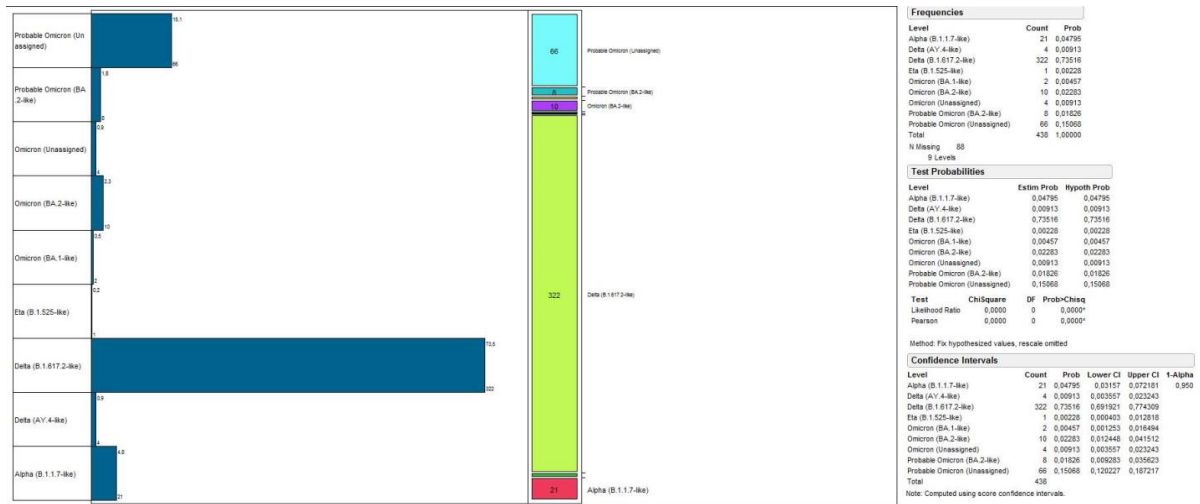


Рис. 3. Столбчатая диаграмма представления результатов классификации клатов геномов SARS-CoV-2, полученных от пациентов на территории Беларуси

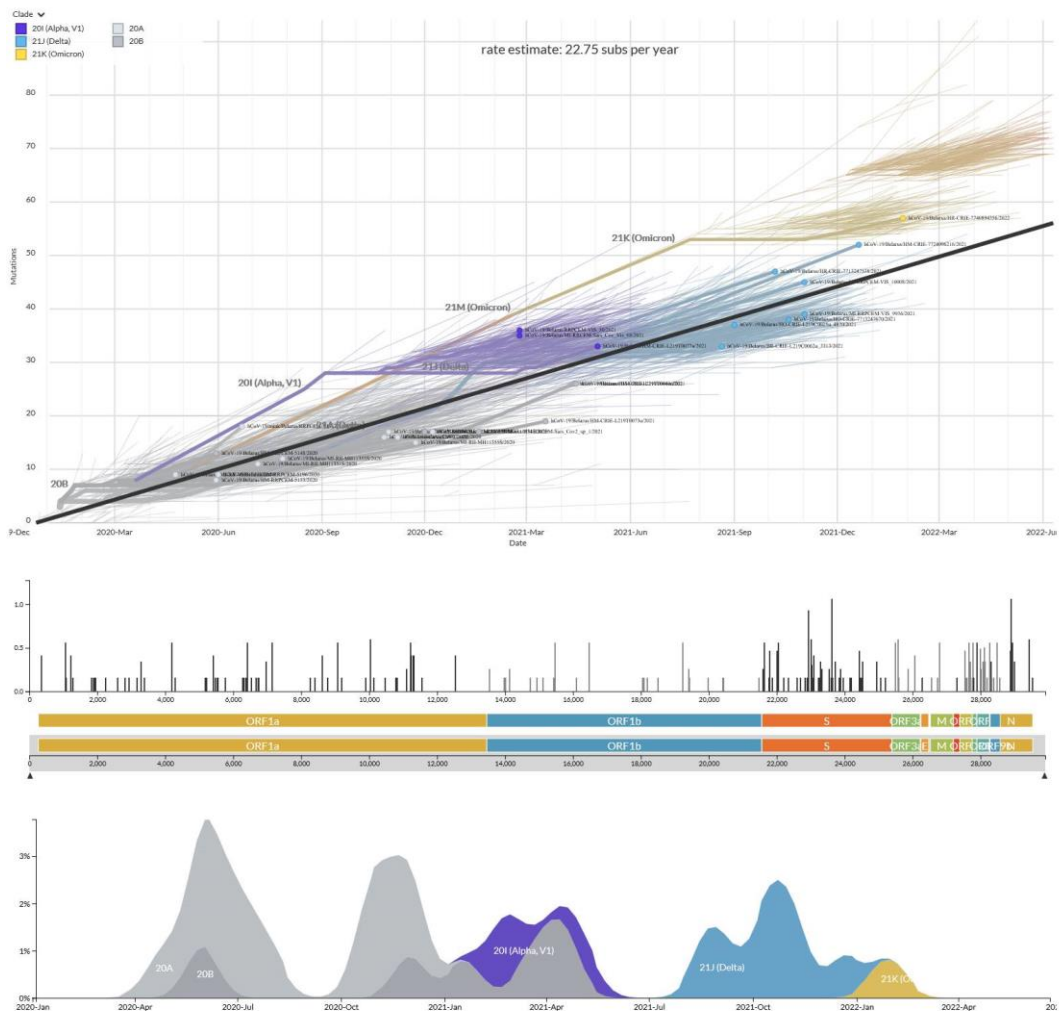


Рис. 4. Диаграмма представления динамического распространения клатов геномов SARS-CoV-2, полученных от пациентов на территории Беларуси

Результаты и их обсуждение

Был разработан и протестирован конвейер для анализа геномов SARS-CoV-2, полученных от пациентов в Беларуси и (для сравнения) в России. Выполнено геномное профилирование с целью определения и статистического анализа кластеров и линий передачи новой коронавирусной инфекции, в соответствии с предложенными классификациями кластеров и штаммов COVID-19. Также были получены сведения по оценке качества исходных данных, выполнена и графически представлена визуализация полученных результатов. Нами наблюдалась эволюция коронавируса от изначально доминирующего в Беларуси и России клада-кластера В.1 («Базельский кластер») и В.1.1. до Дельта и Омикрон кластеров, которые преобладают в Беларуси на сегодняшний день (рисунки 2-4). Изначально (2019-2020 гг.) доминирующие в Беларуси клады-кластеры В.1 («Базельский кластер») и В.1.1 имеют европейско-британское распространение, имеются публикации об аналогичном нашему исследованию в Швейцарии, где общая частота распространения В.1 составила 68, 2% [12]. Информации о специфических клинических и лабораторных особенностях этого кластера на сегодняшний день недостаточно. Уже в 2022 году нами было выявлено повсеместное в Беларуси и России распространение Дельта-штамма и текущая тенденция доминирования Omicron В.1.529. По данным классификации Panglo в последней выборке данных значительно доминировал клад Дельта (более 90%), но в настоящее время наблюдается тенденция к доминированию модификаций вариантов линии передачи Омикрон, что согласуется с недавними литературными данными из России [13].

Заключение

Выполненные исследования вписываются в мировые тенденции исследования коронавируса и направлены на изучение вирусной эволюции в современных условиях. Результаты способствуют распространению научной информации об этиологии, патогенезе, эпидемиологии и лечению коронавирусной инфекции и других опасных респираторных инфекций. Разработанный автоматизированный конвейер будет в дальнейшем усовершенствован и его можно будет использовать для изучения просеквенированных приборами и технологиями Illumina, Oxford Nanopore, PacBio, Ion Torrent геномов различных микробов.

Результаты наших исследований по теме геномики коронавируса уже нашли практическое применение в РНПЦ Эпидемиологии и Микробиологии г. Минска при Минздраве Беларуси. Разработанные алгоритмы и автоматизированные конвейеры будут использоваться в качестве практического инструмента для новых научных исследований.

Работа выполнена при поддержке проектов БРФФИ:

«Математическое моделирование передачи и распространения COVID-19 инфекции на основе систем дифференциальных уравнений и алгоритмов обработки данных с применением технологии машинного обучения» Ф21МН-001, № ГР 20213518 от 27.09.2021;

«Ретроспективный анализ клинического и иммунологического статуса групп COVID-19 пациентов с сопутствующим туберкулезом и ВИЧ инфекцией по данным РНПЦ Пульмонологии и фтизиатрии г. Минска», № ГР 20210456 от 31.03.2021;

«Разработка и скрининг мукозной вакцины против COVID-19 на основе векторной платформы кишечного аденовируса», № ГР 20210889 от 26.04.2021.

Список литературы

1. Frishman D., Marz M. Virus Bioinformatics: CRC Press; 2021. 280 p.
2. Nain Z., Rana H.K., Liò P., Islam S.M.S., Summers M.A., Moni M.A. Pathogenetic profiling of COVID-19 and SARS-like viruses. Briefings in Bioinformatics. 2021;22(2):1175-96.
3. Фомченко Н., Воропаев Е. Филогенетические аспекты молекулярной биологии в медицине (обзор литературы). Проблемы здоровья и экологии. 2014(3 (41)):30-5.
4. Seemann T. Prokka: rapid prokaryotic genome annotation. Bioinformatics. 2014 Jul 15;30(14):2068-9.

5. Katoh K., Standley D.M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Mol Biol Evol.* 2013 Apr;30(4):772-80.
6. Sievers F., Higgins D.G. Clustal Omega, accurate alignment of very large numbers of sequences. *Multiple sequence alignment methods: Springer;* 2014. p. 105-16.
7. O'Toole Á., Scher E., Underwood A., Jackson B., Hill V., McCrone J.T., Colquhoun R., Ruis C., Abu-Dahab K., Taylor B. Assignment of epidemiological lineages in an emerging pandemic using the pangolin tool. *Virus Evolution.* 2021;7(2):veab064.
8. Pipes L., Wang H., Huelsenbeck J.P., Nielsen R. Assessing uncertainty in the rooting of the SARS-CoV-2 phylogeny. *Molecular biology and evolution.* 2021;38(4):1537-43.
9. Aksamentov I., Roemer C., Hodcroft E.B., Neher R.A. Nextclade: clade assignment, mutation calling and quality control for viral genomes. *Journal of Open SourceSoftware.* 2021;6(65):3773.
10. Jones B., Sall J. JMP statistical discovery software. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics.* 2011;3(3):188-94.
11. Sall J., Stephens M.L., Lehman A., Loring S. JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP: Sas Institute; 2017.
12. Stange M., Mari A., Roloff T., Seth-Smith H.M.B., Schweitzer M., Brunner M., Leuzinger K., Søgaard K.K., Gensch A., Tschudin-Sutter S., Fuchs S., Bielicki J., Pargger H., Siegemund M., Nickel C.H., Bingisser R., Osthoff M., Bassetti S., Schneider-Sliwa R., Battegay M., Hirsch H.H., Egli A. SARS-CoV-2 outbreak in a tri-national urban area is dominated by a B.1 lineage variant linked to a mass gathering event. *PLoS Pathogens.* 2021;17(3):e1009374.
13. Антонец Д., Старчевская М., Колосова Н., Суслопаров И., Даниленко А., Боднев С., Швалов А., Трегубчак Т., Рыжиков А., Пьянков О. Предварительный анализ генетической изменчивости изолятов вируса SARS-CoV-2, относящихся к варианту Омикрон, циркулирующих на территории Российской Федерации: COVID-19-PREPRINTS. MICROBE. RU.

УДК 612.087.1

КОНТРОЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ БИООБЪЕКТОВ

А.Н. ОСИПОВ, В.А. РОКАЧ, В.А. МАЛИЦКИЙ, Т. МА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Беларусь)*

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы разработки метода и средств контроля взаимодействия низкотемпературной атмосферной плазмы с поверхностью биообъектов на основе измерения и анализа динамики изменений электрического импеданса плазменного разряда. Проведены исследования изменения параметров нагрузки генератора при взаимодействии плазмы с биообъектом. Для вычисления электрического импеданса производилось прецизионное измерение значений мгновенных напряжений и токов на электродах разрядного блока генератора плазмы в реальном масштабе времени. В результате опытной апробации устройства получены данные, которые могут быть использованы для описания процесса взаимодействия объекта с плазмой.

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, атмосферное давление, биообъект, электрический импеданс, мощность, контроль взаимодействия.

INTERACTION CONTROL OF LOW-TEMPERATURE ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA WITH THE BIOOBJECT SURFACE

ANATOLY N. OSIPOV, VALERIY A. ROGACH, VSEVOLOD A. MALITSKY, TIANBAO MA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The paper discusses the development of a method and means of controlling the interaction of low-temperature atmospheric plasma with the surface of biological objects based on the measurement and analysis of the dynamics of changes in the electrical impedance of a plasma discharge. Studies of changes in the load parameters of the generator during the interaction of plasma with a biological object have been carried out. To calculate the electrical impedance, the values of instantaneous voltages and currents on the electrodes of the discharge unit of the plasma generator were accurately measured in real time. As a result of experimental testing of the device, data were obtained that can be used to describe the process of interaction of an object with plasma.

Keywords: low-temperature plasma, atmospheric pressure, biological object, electrical impedance, power, interaction control.

Введение

В последнее время использование низкотемпературной атмосферной плазмы (НАП) диэлектрического барьерного разряда показало значительный потенциал для различных биомедицинских применений. Соответствующее оборудование используется для стерилизации и дезинфекции медицинских инструментов, изменения свойств поверхностей материалов, в том числе и низкотемпературных [1,2]. На основе НАП разрабатываются методики стерилизации инфицированных тканей, инактивация микроорганизмов, заживление ран, регенерация кожи, свертывание крови, стоматологии, получены положительные результаты для лечения онкологических заболеваний [3,4]. Следует отметить, что не полностью изучены механизмы воздействия плазмы на биологические объекты. Широкое применение плазменных технологий сдерживается отсутствием простых методов диагностики состояния самой плазмы и, соответственно, контроля ее взаимодействия с объектами. В связи с этим, в данном докладе рассматриваются вопросы разработки метода и средств контроля взаимодействия НАП с поверхностью биообъектов на основе измерения и анализа динамики изменений электрического импеданса плазменного разряда.

Методика исследования и результаты

Низкотемпературная плазма атмосферного давления является комплексной нагрузкой для источника высокого переменного напряжения в цепи с периодическим источником сигнала [5]. При её взаимодействии с биообъектом изменяются параметры нагрузки генератора. Для анализа (диагностики) состояния плазмы, а также контроля взаимодействия с биообъектом может быть применим метод на основе определения изменения мощности, выделяемой на нагрузку [6]. При этом нагрузка плазма-биообъект, будет характеризоваться полной мощностью, а также и активной и реактивной составляющей.

Для вычисления электрического импеданса производится прецизионное измерение значений мгновенных напряжений и токов на электродах разрядного блока генератора плазмы в реальном масштабе времени. Поскольку обрабатываемые объекты имеют различные омические и диэлектрические характеристиками, то эти изменения будут отражаться на электрических параметрах высокочастотного плазменного процесса. Определение значений напряжений и токов осуществляется посредством разработанного авторами фотометрического способа, обеспечивающего гальваническую развязку высоковольтной схемы генератора плазмы от измерительной части при необходимой точности измерений. Регистрируемые параметры электрического сигнала, вызывающего генерирование плазмы, через внешний модуль АЦП поступают в вычислительное устройство для дальнейшей обработки и визуализации результатов. Поступившие в вычислительное устройство электрические зависимости содержат информации о процессе взаимодействия плазмы с объектом. Для их обработки применен частотно-временной анализ (ЧВА). В качестве количественных оценок использованы следующие параметры ЧВА зависимостей изменения от времени тока, напряжения и импеданса: нижней граничной частоты, медианной частоты, верхней граничной частоты, эффективной ширины спектра.

На рисунке 1 представлены осциллограммы сигналов напряжения, подаваемого в первичную обмотку повышающего трансформатора (желтый цвет) и тока (синий цвет), генерирующего плазму. Как следует из рисунка 1, тестовые сигналы (без взаимодействия с объектом) существенно отличаются по форме и временным параметрам от сигналов при взаимодействии с биообъектом. В качестве биообъекта использовалась плазма крови человека. На рисунке 2 приведена зависимость изменения измеренной активной мощности, выделяемой в нагрузку. Из графика следует, что при внесении биообъекта в плазму (периоды времени с 25 секунды по 75 секунду) происходит существенное увеличение активной мощности (от значения 1.5 Вт до 2.1 Вт). Таким образом, в результате опытной апробации устройства получены данные, которые могут быть использованы для описания процесса взаимодействия объекта с плазмой.

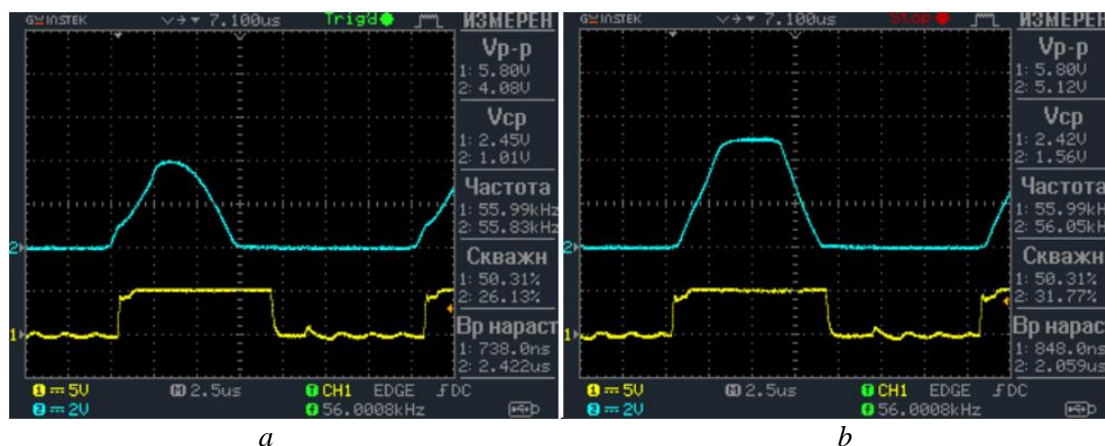


Рис.1. Осциллограммы сигналов, генерирующих плазму:
a – без взаимодействия с объектом; b – при взаимодействии с объектом

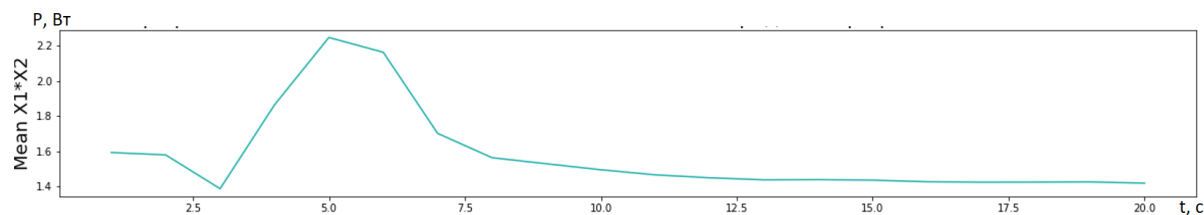


Рис. 2 - Изменение активной мощности плазмы до взаимодействия с биообъектом

Заключение

Предложен метод и технические средства контроля взаимодействия холодной атмосферной плазмы с поверхностью биообъектов на основе измерения и анализа динамики изменений электрического импеданса плазменного разряда. Проведены исследования изменения параметров нагрузки генератора при взаимодействии плазмы с биообъектом. Для вычисления электрического импеданса производилось прецизионное измерение значений мгновенных напряжений и токов на электродах разрядного блока генератора плазмы в реальном масштабе времени. В результате опытной апробации устройства получены данные, которые могут быть использованы для описания процесса взаимодействия биообъектов с плазмой.

Список литературы

1. Asma BEGUM, Mounir LAROUCI, M. R. PERVEZ, A Brief Study on the Ignition of the Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma Jet from a Double Dielectric Barrier Configured Plasma Pen, Plasma Science and Technology, Vol.15, No.7, Jul. 2013.
2. Das, S.C.; Majumdar, A.; Mukherjee, S.; Katiyal, S.; Shripathi, T. Development of power supply for atmospheric pressure plasma jet at room temperature for bio-medical applications. In Proceedings of the 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, India, 16–18 March 2016; pp. 1207–1209. [Google Scholar]
3. Bernhardt, T.; Semmler, M.L.; Schäfer, M.; Bekeschus, S.; Emmert, S.; Boeckmann, L. Plasma Medicine: Applications of Cold Atmospheric Pressure Plasma in Dermatology. Oxidative Med. Cell. Longev. 2019, 4, 1–10. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version]
4. Judée, F.; Vaquero, J.; Guégan, S.; Fouassier, L.; Dufour, T. Atmospheric pressure plasma jets applied to cancerology: Correlating electrical configurations with in vivo toxicity and therapeutic efficiency. J. Phys. D Appl. Phys. 2019, 52, 1–16. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
5. Su, C.-F.; Liu, C.-T.; Wu, J.-S.; Ho, M.-T. Development of a High-Power-Factor Power Supply for an Atmospheric-Pressure Plasma Jet. Electronics 2021, 10, 2119
6. A.N. Osipov, E.N. Kalenkovich, V.A. Rokach, V.P. Zhdanovich, T. Ma, Interaction control of low-temperature atmospheric pressure plasma with the surface of processed objects, Сборник тезисов II международной научно-технической конференции «ОПТО-, МИКРО- И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА–2022», Минск, 2022, стр.72.

УДК 616.98:578.834.1SARS-CoV-2-06:616.89-008.454-085.847

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТОТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПОСТКОВИДНОЙ ДЕПРЕССИИ

Л.А. МАЛЬКЕВИЧ¹, А.С. ВАНДА¹, Т.Л. ЗЕНЬКОВИЧ²

¹Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,

²Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии
(г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Изучено влияние транскраниальной магнитотерапии на психо-эмоциональное состояние пациентов после перенесенной коронавирусной инфекции. Исследование проведено в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека». В структуре постковидных проявлений депрессия является одним из самых распространенных психических расстройств. Физиотерапевтические методы оказывают разностороннее влияние на психические функции, обеспечивая их активность и устойчивость. Установлено, что процедуры не вызывают побочных явлений и осложнений. Низкоинтенсивная магнитотерапия по транскраниальной методике уменьшает уровень личностной невротизации, способствует снижению уровня депрессии, улучшает самочувствие, повышает активность и настроение, что, как следствие, улучшает качество жизни пациентов после перенесенной ковидной инфекции.

Ключевые слова: транскраниальная магнитотерапия, депрессия, физиотерапия, медицинская реабилитация.

TRANSCRANIAL MAGNETOTHERAPY IN THE TREATMENT OF POSTCOVID DEPRESSION

L. MALKEVICH¹, A. VANDA¹, T. ZENKOVICH²

¹Belarusian State Medical University,

²Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology
(Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The effect of transcranial magnetotherapy on the psychoemotional state of patients after coronavirus infection has been studied. The study was conducted in accordance with the World Medical Association Declaration of Helsinki "Ethical principles for medical research involving human subjects". Depression is one of the most common mental disorders in the structure of post-covid manifestations. Physiotherapeutic procedures have versatile effects on mental functions, ensuring their activity and stability. No side effects and complications were registered during physiotherapeutic procedures. Low-intensity transcranial magnetic therapy in patients after COVID infection results in improvement of the quality of life, as it reduces the level of personal neuroticism and depression severity, ensures well-being, improves mood and increases activity.

Keywords: transcranial magnetic therapy, depression, physiotherapy, medical rehabilitation.

Введение

Депрессия представляет собой одно из самых распространенных психических расстройств [1]. По данным ВОЗ заболеваемость депрессией в мире составляет 5-8%, риск возникновения депрессии на протяжении жизни составляет примерно 15%. Особенностью проявлений ковидной инфекции является мультитропизм проявлений болезни (поражение многих органов и систем) и различная продолжительность симптомов (от 2 до 8 месяцев и

более). По течению заболевания выделяют острый Covid (до 4 недель), продолжающийся Covid (от 4 до 12 недель) и пост-Covid-синдром (более 12 недель) [2,5]. Более 35% пациентов, переболевших коронавирусной инфекцией, жалуются на различные проявления пост-ковидного синдрома: выраженную слабость, нарушение физической работоспособности, концентрации внимания, тревожность, страхи, панические атаки, депрессивное состояние, головные боли, нарушение сна, обострение хронических заболеваний и другие [3].

В системе медицинской реабилитации таких пациентов важным является длительность и преемственность лечения (в стационаре, поликлинике) и дифференцированная терапия в зависимости от выраженности постковидных проявлений. Комплекс лечебных и реабилитационных мероприятий пациентов должен быть направлен на восстановление либо компенсацию функциональных нарушений со стороны пораженных органов и систем организма, стабилизацию неврологического и психического здоровья и, как следствие, улучшение качества жизни. Важнейшей задачей реабилитации является улучшение социальной адаптации пациента, нарушенной вследствие болезни, уменьшение симптомов, повышение физического и эмоционального участия пациента в ежедневной жизни. В лечении депрессивных состояний на фоне медикаментозного лечения широко используются физиотерапевтические методы лечения, рефлексотерапия и средства кинезиотерапии (лечебная физкультура, механотерапия, трудотерапия). Физиотерапевтические методы оказывают разностороннее влияние на психические функции. В последние годы особое внимание уделяется магнитотерапии. Магнитные поля оказывают стимулирующее влияние на церебральную микроциркуляцию и метаболизм мозговой ткани, улучшают проведение импульсов по нервному волокну, нормализуют сон [4].

Целью нашего исследования явилась оценка эффективности транскраниальной магнитотерапии (НМТ) у пациентов с депрессией после перенесенной ковид-ассоциированной инфекции.

Настоящее исследование выполнено в рамках научной программы кафедры медицинской реабилитации и физиотерапии УО «Белорусский государственный медицинский университет» «Разработка и усовершенствование современных технологий медицинской реабилитации при хронических заболеваниях внутренних органов и опорно-двигательного аппарата», 2021 – 2025г.г.

Материалы и методы

Низкоинтенсивная магнитотерапия проводилась по транскраниальной методике с интенсивностью магнитного поля от 2 до 10 мТл, время воздействия 10-15 минут, № 8, ежедневно.

Для оценки влияния транскраниальной магнитотерапии на психоэмоциональное состояние пациентов были проведены тесты, определяющие:

- уровень личностной невротизации (опросник В.В. Бойко. Опросник состоит из 40 утверждений, на которые пациент должен однозначно ответить да/нет. Каждый положительный ответ – 1 балл, отрицательный – 0 баллов). Чем больше полученный результат, тем выше уровень невротизации пациентов;

- депрессии (шкала депрессии Гамильтона HDRS. Шкала содержит 21 пункт для количественной оценки состояния пациента.). 0-7 – нормальное состояние, 8-13 – легкое депрессивное состояние, 14-18 – депрессия средней степени тяжести, 19-22 – тяжелая степень депрессии, больше 23- крайне тяжелая степень депрессии.

- самочувствия, активности, настроения (тест САН). Пациентам предлагалось выбрать по 7-ми бальной шкале состояние на данный момент, используя предложенные утверждения.

Статистический анализ полученных результатов проводился с помощью компьютерной программы SPSS.

Результаты и их обсуждение

Под наблюдением находились 25 пациентов, у которых после перенесенной ковид-ассоциированной инфекции наблюдались проявления пост-ковидного синдрома.

В клинической симптоматике преобладали жалобы на повышенную тревогу, снижение настроения, памяти, утрату интересов к жизни и удовольствия, снижение активности, психомоторную заторможенность, плаксивость, повышенную утомляемость, нарушение сна и аппетита, мозговой туман.

После подписания информированного согласия (с соблюдением этических принципов проведения медицинских исследований по Хельсинкской Декларации, 2013 г.), добровольцы включались в протокол исследования. Методом конвертов, пациенты были разделены на 2 группы: основную, которые получали транскраниальную магнитотерапию (15 человек) и контрольную (10 человек), которые получали «плацебо»-магнитотерапию. Состояние добровольцев оценивалось до и после курса лечения. Возраст испытуемых варьировал в пределах от 28 до 65 лет. Длительность заболевания в среднем составила $38 \pm 2,1$ недель. По возрасту, полу, выраженности тревоги и депрессии исследуемые группы были сопоставимы.

На момент включения в исследование не было отмечено статистически значимых различий между группами по показателям выраженности личностной невротизации и депрессии ($p > 0,05$). Высокий уровень невротизации был отмечен у 46% (7 человек) пациентов основной и 40% (4 человека) пациентов контрольной группы. О высоком уровне невротизации свидетельствовала выраженная эмоциональная возбудимость, в результате чего появлялась тревожность, напряженность, беспокойство, растерянность, раздражительность, переживания, связанные с неудовлетворенностью желаний и фиксацией на соматических ощущениях и личностных недостатках. У 5 пациентов основной группы ($17,04 \pm 5,03$) и 4 пациентов контрольной группы ($18,70 \pm 4,78$) отмечалось депрессивное состояние средней степени тяжести, у остальных – легкая депрессия ($8,70 \pm 4,78$ и $7,68 \pm 4,78$ соответственно).

После проведенного курса транскраниальной магнитотерапии отмечалось снижение уровня невротизации ($p < 0,05$) в основной группе, в то время как в контрольной группе значительных изменений не выявлено. Низкий уровень невротизации свидетельствует об эмоциональной устойчивости и положительном фоне переживаний (спокойствие, оптимизм), о легкости в общении. У всех пациентов основной группы отмечалось снижение уровня депрессивного состояния (суммарный балл депрессии по шкале HDRS составил $4,85 \pm 4,08$).

Также у пациентов основной группы по окончании курса лечения отмечены значительные улучшения самочувствия, активности и настроения, а также качества жизни.

Следует отметить, что после проведения курса НМТ все пациенты отмечали улучшение физической активности и сна.

При проведении магнитотерапии по транскраниальной методике не наблюдалось неблагоприятных побочных явлений и осложнений ни во время проведения процедуры, ни после ее завершения.

Таким образом, низкоинтенсивная магнитотерапия по транскраниальной методике уменьшает уровень личностной невротизации, способствует снижению уровня депрессии, улучшает самочувствие, повышает активность и настроение, улучшает качество жизни пациентов после перенесенной ковидной инфекции. и может применяться в лечении пациентов с постковидными проявлениями.

Заключение

В структуре постковидных проявлений депрессия является одним из самых распространенных психических расстройств. Физиотерапевтические методы оказывают разностороннее влияние на психические функции, обеспечивая их активность и устойчивость. Повышение эффективности комплексного лечения депрессий различного типа имеет большую социальную и экономическую значимость. Целью проведенного исследования

явилась оценка эффективности низкоинтенсивной магнитотерапии по транскраниальной методике у пациентов с депрессией после перенесенной ковид-ассоциированной инфекции. Установлено, что процедуры хорошо переносятся пациентами и не вызывают побочных явлений и осложнений.

Низкоинтенсивная магнитотерапия по транскраниальной методике повышает эффективность лечения, что подтверждается достоверным снижением уровня личностной невротизации, тревоги и депрессии, улучшает самочувствие, повышает активность и настроение и, как следствие, улучшает качество жизни пациентов после перенесенной ковидной инфекции.

Низкоинтенсивную магнитотерапию по транскраниальной методике можно рекомендовать применять в комплексном лечении пациентов с постковидным депрессивным синдромом.

Список литературы

1. Белялов, Ф. И. Психосоматика / Ф. И. Белялов. – ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 360 с.
2. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019- nCoV)». <https://www.rosminzdrav.ru/news/2020/01/30/13236>
3. Романов БК. Коронавирусная инфекция COVID-2019. Безопасность и риск фармакотерапии. 2020;т.8., №1. - С. 3–8.
4. Медицинская реабилитация пациентов с пневмонией, вызванной инфекцией COVID-19 : пособие для врачей / В. Б. Смычек [и др.]. – Минск, 2020. – 92 с.
5. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX, et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. N Engl J Med. 2020.

УДК 618.3 – 06:537.311.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА

А.Р. САВЕЙКО¹, С.В. ПАЦЕЕВ², М.В. ДАВЫДОВ¹, К.Е. МЕШКОВА¹, В.В. ПАШКИЛЕВИЧ¹

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

²Учреждение Здравоохранения 1-ая городская клиническая больница
(г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Разработана и описана методика исследования параметров биологических жидкостей на основе импедансометрического метода. В результате работы созданы и оптимизированы способы проведения исследований, получения и анализа значений тангенса угла диэлектрических потерь и емкости. В процессе анализа данных среди исследуемых частот в качестве основной для работы была выбрана частота 100 кГц, на которой тангенс угла диэлектрических потерь больше нуля, показатель емкости для выбранного метода имеет распределение, по которому можно сделать вывод о наличии патологий.

Ключевые слова: импеданс, тангенс угла диэлектрических потерь, емкость, амниотическая жидкость, биологическая жидкость, микрокувета, медицина, электроды, пробирка, показатели, патологии.

THE RESEARCH OF THE PARAMETERS OF BIOLOGICAL FLUIDS BASED ON THE IMPEDANCE METHOD

ANNA R. SAVEIKO¹, SERGEY V. PATSEEV², MAKSIM V. DAVYDOV¹,
KARINA E. MESHKOVA¹, VALERIA V. PASHKILEVICH¹

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

²Health Care Institution 1st City Clinical Hospital (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. A technique for research of the parameters of biological fluids based on the impedance method has been developed and described. As a result of the work, methods for conducting research, obtaining and analyzing the values of the dielectric loss-angle tangent and capacitance have been created and optimized. In the process of data analysis among the studied frequencies, the frequency of 100 kHz was chosen as the main one for the work at which the dielectric loss-angle tangent is greater than zero, the capacitance value for the selected method has a distribution according to which it can be concluded that there are pathologies.

Keywords: impedance, dielectric loss-angle tangent, capacitance, amniotic fluid, biological fluid, microcuvette, medicine, electrodes, test tube, parameters, pathology.

Введение

В настоящее время с помощью научных знаний и с использованием современных технологий можно смоделировать более точные биологические системы с точки зрения их поведения, получая в результате полное описание их работы, с помощью которого можно найти полное решение многих вопросов, начиная с более точного формулирования технического задания на разработку медицинского оборудования и заканчивая эффективностью работы данной системы на стадии лечения человека. Именно такой комплексный подход ускоряет развитие инновационных методов для диагностики и лечения.

Метод измерения импеданса и тангенса угла диэлектрических потерь не имеет широкого применения в медицине и биологии, так как не существует определенной методики применения импедансометрического метода. Достоинством данного метода являются используемые при работе напряжения, которые не вносят значимых изменений в физико-химические процессы, которые протекают в биологических объектах, и, следовательно, не повреждают их. Несмотря на внушительное число исследований, посвященных изучению

особенностей состава амниотической жидкости при различного рода патологиях, методов универсальной диагностики состояния плода и прогнозирования исхода беременности в настоящее время не существует [1]. Большинство результатов исследований указывает на то, что оценка состава амниотической жидкости не позволяет объективно оценить состояние плода, поэтому интегрированный подход, включающий инструментальное, стандартное клиничко-лабораторное исследование, компьютерное моделирование, а также оценку состава околоплодных вод, предоставит возможность, в перспективе, снизить частоту перинатальной заболеваемости и смертности. Исходя из вышесказанного, данный метод был выбран для изучения процессов, протекающих в живых тканях при изменении их физиологического состояния, а также при возникновении патологий в течение беременности женщины.

Целью исследования является получение, изучение и анализ параметров биологических жидкостей на основе амниотической жидкости с помощью применения импедансометрического метода для определения зависимости параметров околоплодных вод от параметров, с помощью которой удастся сделать вывод о наличии патологий и оптимизировать способ ведения беременности и родов.

Основы импедансометрический метода

В общем случае, диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля, а способность диэлектрика рассеивать энергию в электрическом поле обычно характеризуют углом диэлектрических потерь, а также тангенсом угла диэлектрических потерь. При рассмотрении упрощённой работы схемы, диэлектрик рассматривается по принципу его работы в конденсаторе, измеряется емкость и угол δ , дополняющий до 90° угол сдвига фаз между током и напряжением в емкостной цепи. Этот угол называется углом диэлектрических потерь. Тогда получается отношение активной составляющей тока I_p к емкостной составляющей I_s называется тангенсом угла диэлектрических потерь и выражается в процентах на дисплее, соответственно [2]:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_p}{I_s} \times 100\% , \quad (1)$$

Если составить замкнутый контур, который состоит из параллельно соединённых резистора R и конденсатора C , то на векторной диаграмме токов можно определить, что активная составляющая тока I_p совпадает по фазе с напряжением U , а реактивная составляющая тока I_s опережает напряжение на угол, равный 90° . Значения соответствующих параметров определяются следующим образом:

$$I_p = \frac{U}{R} , \quad (2)$$

$$I_s = \frac{U}{X_c} = U\omega C_p , \quad (3)$$

где ω – угловая частота, X_p – реактивное (емкостное) сопротивление конденсатора с диэлектриком, которое рассчитывается по формуле (4):

$$X_p = \frac{1}{\omega C_p} , \quad (4)$$

Тогда формула полного тока, по теореме Пифагора, имеет вид, представленный в формуле (5):

$$I = \frac{U}{Z} , \quad (5)$$

где Z – полный импеданс:

$$Z = \sqrt{X_p^2 + R^2} . \quad (6)$$

Если подставить в формулу (1) формулы для тока, то тангенс угла диэлектрических потерь можно вычислить по формуле (7):

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega R C_p} . \quad (7)$$

Емкость, в свою очередь, зависит от диэлектрической проницаемости материала ϵ , а ϵ и $\operatorname{tg} \delta$ – от природы материала (химического состава и структуры) и внешних условий (температуры, частоты и величины напряжения, влажности среды и т.п.).

Методика проведения эксперимента на основе импедансометрического метода

Исследования проводятся в лабораторном кабинете, который оснащён необходимыми компонентами: деионизированная вода (вода, которую получают путём химической очистки артезианской воды от солей, металлов, микроэлементов и взвешенных микрочастиц в специальных установках на ионообменной станции, имеет нейтральную среду $\text{pH} = 7,0$) использована потому, что имеет большое удельное сопротивление и является химически «чистой», что в проведении опытов избавляет от учёта погрешностей из-за разного рода примесей в жидкостях; стерильная одноразовая тара для биоматериала; дозатор (автоматическая пипетка, рассчитанная на 25 мкл жидкости); шприц инъекционный вместимостью 5 мл, в количестве двух штук; наконечник объёмом 25 мкл; пробирка Эппендорфа; два вида микрокувет из поливинилхлорида: микрокувета №1 – полая, кварцевая микрокувета №2 – с полостями для электродов; пластилин; резиновые резинки бесцветные диаметром 1 см; палочки деревянные.

Разработаны 5 методов проведения экспериментов, в которых электроды располагаются всегда медным напылением друг к другу, для обеспечения более ровного протекания тока, для определения наиболее оптимального способа получения исследуемых параметров:

1. Микрокувета №1 с закрепленными снаружи электродами.
2. Микрокувета №1 с электродами, один из которых расположен внутри и полностью погружен в раствор, а один расположен снаружи.
3. Микрокувета №1 с электродами, расположенными внутри и полностью погруженными в раствор.
4. Микрокувета №2 с толстыми электродами.
5. Микрокувета №2 с тонкими электродами.

Перед началом работы следует подготовить рабочее место: установить в устойчивом положении измеритель иммитанса E7-20, включить его в сеть. Далее необходимо произвести калибровку прибора по двум иммитансным параметрам: по холостому ходу и по току смещения.

Для выполнения эксперимента с помощью первого метода следует закрепить электроды для микрокуветы №1 на параллельных гранях с помощью резинки для первого случая измерений с внешней стороны микрокуветы. Саму микрокувету следует установить в неподвижном состоянии на рабочем столе с помощью пластилина. С помощью одного шприца производится забор 0,5 мл амниотической жидкости (объем жидкости, который будет взят от полученного образца полностью зависит от того, какую он имеет консистенцию) и помещается в контейнер для биоматериала. С помощью второго шприца производится набор сразу 5 мл деионизированной воды для того, чтобы производить меньше операций с водой в дальнейшем, так как, чем больше эта вода находится в открытом состоянии, тем выше её кислотность и больше примесей появляется, соответственно. В пробирку Эппендорфа наливается 1 мл деионизированной воды и пробирка закрывается. Затем, на автоматическую пипетку надевается наконечник (при каждом следующем заборе новой амниотической жидкости производится его замена), с помощью которой происходит забор 25 мкл амниотической жидкости из контейнера. Пробирка открывается и в неё дозатором переносится амниотическая жидкость. Далее пробирка закрывается и жидкости перемешиваются для получения максимально однородной жидкости, чтобы уменьшить время оседания биосоставляющих околоплодных вод в микрокувете и, как итог, разделения жидкостей на слои. Далее процесс изготовления раствора и работа с ним аналогично повторяется для всех методов. При использовании второго метода

следует помнить, что один из электродов помещается внутрь микрокюветы также параллельным образом с помощью деревянной палочки и устанавливается ровно к стенке для полного соприкосновения, а второй остается закреплённым снаружи микрокюветы. Суть третьего метода заключается в полном погружении двух электродов в раствор так, чтобы они полностью соприкасались со стенками микрокюветы и были полностью вертикальны. В обоих случаях, после проведения эксперимента электрод, который находился в растворе, промывается и сушится. В это время происходит замена кювет для следующего раствора. Четвертый и пятый методы подразумевают использование микрокюветы №2. Электроды помещаются в полость, в микрокювету наливается раствор. Для всех методов проведения экспериментов нужно получить 25% раствор, в необходимом количестве, чтобы полностью достигнуть уровня высоты электродов, иначе показания будут недостоверными из-за неправильного распределения электрического поля, возникшего при протекании тока между электродами. Затем содержимое пробирки переносится в исследуемую микрокювету. С помощью зажимов измерителя иммитанса, которые независимо от полярности, подключаются к выводам электродов, снимаются такие показатели, как C_p – емкость, D – тангенс угла потерь, Q – добротность, Z – модуль комплексного сопротивления (иммитанс), R_p – активное сопротивление, для всех методов измерения начиная с 1 кГц, 5 кГц, 10 кГц, 100 кГц и далее с шагом 100 кГц до 1МГц эти показатели выводятся на дисплей измерителя иммитанса и фиксируются в электронный носитель для дальнейшей обработки. Далее процесс работы с материалом повторяется по вышеописанному методу. Важным пунктом является контроль чистоты используемого оборудования: для каждого следующего опыта используются новые стерильные микрокюветы, наконечники, пробирки и контейнеры для биоматериала.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения экспериментов были использованы вышеописанные пять методов, однако наиболее эффективными для исследования параметров биологических жидкостей являются: метод №4, где используется микрокювета с толстыми электродами; метод №5, где используется микрокювета с тонкими электродами.

В экспериментах были проведены исследования более 20 разных биологических материалов для выбранных двух методов, чтобы определить наиболее результативный. Для наглядного графического изображения результатов исследования амниотической жидкости на основе импедансометрического метода на частоте 100 кГц были выбраны два пациента: пациент №1, который не имел патологий при зрительной оценке полученного биоматериала; пациент №2, биоматериал которого имел явно выраженный тёмно-зелёный цвет, была выявлена патология при родах.

При анализе графика 1 установлено, что для пациента №2 емкость околоплодных вод, имеющих в своём составе большую концентрацию крови и примесей жизнедеятельности плода, принимает среднее значение, равное 1,7752 пФ. Для пациента №1 среднее значение емкости околоплодных вод составляет 1,416 пФ.

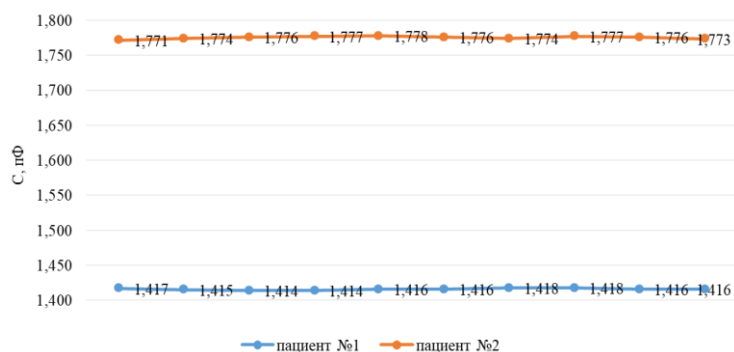


Рис 1. Распределение показателей емкости амниотической жидкости для метода №4 на частоте 100 кГц при среднем значении тангенсе угла диэлектрических потерь 0,005

Для графика 2 установить границы значений емкости, которые соответствуют патологии не представляется возможным, так как значения для патологии и нормы находятся в одном диапазоне. С учётом среднего квадратичного отклонения всех измерений можно сказать, что значения емкости для пациента №1 и пациента №2 совпадают, что говорит о некорректной работе метода. Таким образом, для дальнейших исследований выбран метод №4.

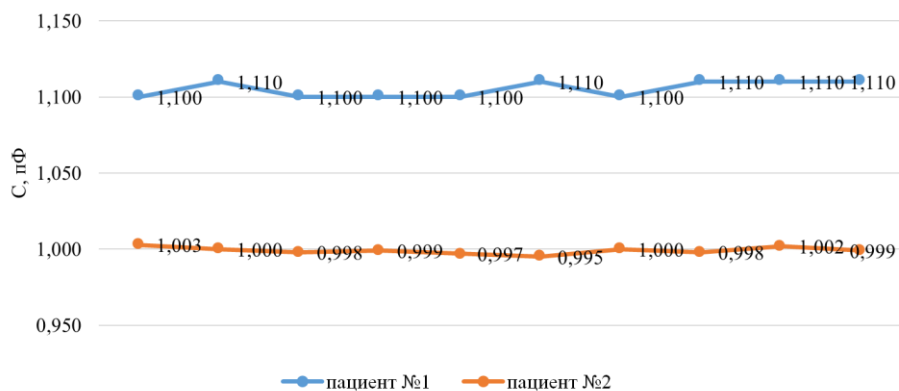


Рис 2. Распределение показателей емкости амниотической жидкости для метода №5 на частоте 100 кГц при среднем значении тангенса угла диэлектрических потерь 0,004

Заключение

Экспериментальным путем найдены наиболее оптимальные методы проведения исследований параметров биологических жидкостей на основе импедансометрического метода. Установлено, что наилучшей частотой для определения параметров биологических жидкостей является частота, равная 100 кГц, что подтверждается значением тангенса угла диэлектрических потерь, который только на этой частоте принимает значение больше нуля. Для дальнейших исследований выбран метод №4, микроювета №2 с толстыми электродами: за счет того, что электроды более плотно прилегают к стенкам микроюветы и создают более равномерное электрическое поле – удалось получить точные показатели емкости для значений амниотической жидкости разного состава.

С помощью САПР SolidWorks созданы микроюветы, которые использовались в исследованиях. Их моделирование проводилось в ПО Comsol Multiphysics с разными моделями биологических жидкостей, чтобы определить значения энергии системы на разных частотах при прохождении постоянного тока и сравнить со значениями, полученными непосредственно при проведении экспериментов. Результаты исследований подтвердились на основе моделирования: присутствие крови в образцах с перинатальными исходами значительно увеличивает их емкость.

В дальнейшем планируется оптимизировать данную методику, чтобы максимально сократить время измерения параметров биологических жидкостей и разработать программное обеспечение для их анализа.

Список литературы

1. Ходжаева З.С., Горина К.А., Муминова К.Т., Иванец Т.Ю., Кесслер Ю.В., Припутневич Т.В., Белоусов Д.М. Особенности состава амниотической жидкости у беременных высокого риска преждевременных родов. Акушерство и гинекология.2020; №8.
2. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека/Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. – Москва: «Наука»; 2009 – 45 с.

УДК 616-71

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОСТАТА ДЛЯ ФОТОГРАММЕТРИИ ФАСА И ПРОФИЛЯ ЛИЦА В ОРТОДОНТИИ

Е.В. КУЗЬМЕНКО¹, С.П. РУБНИКОВИЧ^{1,2}, Е.А. ЛЯДВИН³, А.К. УСОВИЧ⁴

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Республика Беларусь

³Витебский завод электроизмерительных приборов, Витебск, Республика Беларусь

⁴Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, Витебск, Республика Беларусь

Аннотация. Фотостат для фотограмметрии фаса и профиля лица позволяет обеспечить естественное и легко воспроизводимое при повторных обследованиях положение головы исследуемого, стабильное положение фотоаппарата относительно объекта фотосъемки, а также возможность производить серию фотограмм в фас и профиль, не меняя положения обследуемого. Такой подход позволяет получить серию стандартизованных фотографий, что делает возможным их последующий компьютерный анализ. Применение фотостата позволяет унифицировать процесс кефалометрического исследования и сократить трудозатраты на его проведение.

Ключевые слова: фотостат, кефалометрическое исследование, ортодонтия.

THE USE OF THE PHOTOSTAT FOR FACIAL EN-FACE AND PROFILE PHOTOGRAMMETRY IN ORTHODONTICS

ELENA V. KUZMENKO¹, SERGEY P. RUBNIKOVICH^{1,2}, EVGENIY A. LYADVIN³,
ALEKSANDR K. USOVICH⁴

¹Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Belarus

²Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³Vitebsk Plant of Electrical Measuring Instruments, Vitebsk, Belarus

⁴Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Belarus

Abstract. The photostat for photogrammetry of the en-face and profile of the face allows providing a natural and easily reproducible position of the subject's head during repeated examinations, a stable position of the camera relative to the subject of photography, as well as the ability to produce series of photograms of the en-face and profile without changing the subject's position. This approach allows obtaining series of standardized photographs and makes their subsequent computer analysis be possible. The use of a photostat allows to unify the process of cephalometry and reduce labor costs for its implementation.

Keywords: photostat, cephalometric examination, orthodontics.

Введение

Полноценное кефалометрическое исследование представляет собой процесс последовательного измерения 21 параметра и последующего расчета 24 показателей – индексов, позволяющих определить тип и форму лицевого и мозгового отделов головы человека [1–4]. Во время ортодонтического приема врач-ортодонт обычно проводит измерение ограниченного числа наиболее значимых параметров. Однако в сложных клинических случаях зачастую обоснованно проведение кефалометрического исследования, включающего определение полного перечня параметров. С целью усовершенствования методики кефалометрического исследования нами разработан фотостат, позволяющий ускорить и унифицировать процесс измерения [5].

Цель работы

Оценить эффективность использования фотостата для фотограмметрии фаса и профиля лица в комплексной диагностике зубочелюстных аномалий и деформаций в ортодонтической практике.

Методика проведения эксперимента

Кефалометрическое обследование 20 мужчин и 30 женщин проведено дважды с интервалом в 4 года. Первое кефалометрическое исследование проводилось в юношеском возрасте, который составил $18,8 \pm 0,7$ года у мужчин и $17,4 \pm 0,2$ года – у женщин; второе – в первом периоде зрелого возраста, который составил $22,7 \pm 0,4$ года у мужчин и $21,4 \pm 0,3$ года – у женщин.

Кефалометрическое исследование проведено с использованием фотостата для фотограмметрии фаса и профиля лица [5]. Устройство состоит из вертикальной оси, плотно закрепленной в штативе, держателя, закрепленного на ней с помощью подвижного крепежного элемента с возможностью перемещения в вертикальной плоскости, горизонтального рукава, зафиксированного в держателе при помощи шарнира и рамки для фотокамеры, расположенной на конце рукава (рис. 1).

Обследуемого усаживали на стул, плотно прилегающий к вертикальной оси фотостата. При выполнении снимка анфас горизонтальный рукав устройства с зафиксированной на конце рамкой для фотокамеры располагали параллельно горизонтальной плоскости на уровне глаз обследуемого и проводили фотосъемку. При произведении снимка в профиль горизонтальный рукав фотостата с помощью шарнира перемещали на 90° относительно первоначального положения, устанавливали на уровне ушной раковины обследуемого и проводили фотосъемку. Для фотосъемки использовали фотоаппарат «Nikon D3100». При использовании данного устройства голова обследуемого позиционировалась в естественном положении, что согласуется с современными подходами к фотосъемке в стоматологии [1, 5]. Анализ полученных изображений проводили в программе nanoCAD (Нанософт, РФ). Полученные данные обработаны статистически с помощью программ «Statistica» (Version 10, StatSoft Inc., США.) и «Excel».

Результаты и их обсуждение

Применение фотостата позволило ускорить процесс кефалометрического исследования, сократив временные затраты в 1,63 раза. При этом непосредственно измерение параметров проводилось в отсутствие обследуемого, который принимал участие только в процессе фотография.

Анализ возрастных изменений кефалометрических характеристик мужчин динамической группы при повторном обследовании позволил выявить статистически значимое увеличение всех параметров мозгового и лицевого отделов черепа мужчин в возрасте $22,7 \pm 0,6$ лет по сравнению с данными обследования этих же людей мужского пола в период юношеского возраста (в возрасте $18,6 \pm 0,6$ лет) ($p < 0,05$). Следовательно, в переходном периоде от юношеского к зрелому возрасту у людей мужского пола продолжается рост мозгового и лицевого отделов черепа.

При анализе динамики продольного и поперечного диаметров мозгового отдела черепа у женщин динамической группы при повторном обследовании не было установлено статистически значимого увеличения этих показателей у женщин в возрасте $21,1 \pm 0,3$ лет по сравнению с данными обследования этих же женщин в период юношеского возраста (в возрасте $17,1 \pm 0,3$ лет) ($p > 0,05$). В результате анализа изменений морфологической и челюстной ширины лица у людей женского пола динамической группы при повторном обследовании нами не было установлено статистически значимого увеличения этих показателей у женщин в возрасте $21,1 \pm 0,3$ лет по сравнению с данными обследования этих же людей в возрасте $17,1 \pm 0,3$ лет ($p > 0,05$). Таким образом, у людей женского пола продольный и поперечный размеры

мозгового отдела черепа, морфологическая и челюстная ширина лицевого отдела черепа достигают своих конечных значений уже в юношеском возрастном периоде.

Выявлено статистически значимое увеличение физиономической, полной морфологической высоты лица, верхней, средней, нижней глубины лица, длины альвеолярной дуги верхней челюсти, высоты тела нижней челюсти, длины проекции тела нижней челюсти у женщин динамической группы в возрасте $21,1 \pm 0,3$ лет по сравнению с данными обследования этих же женщин в период юношеского возраста ($p < 0,05$).

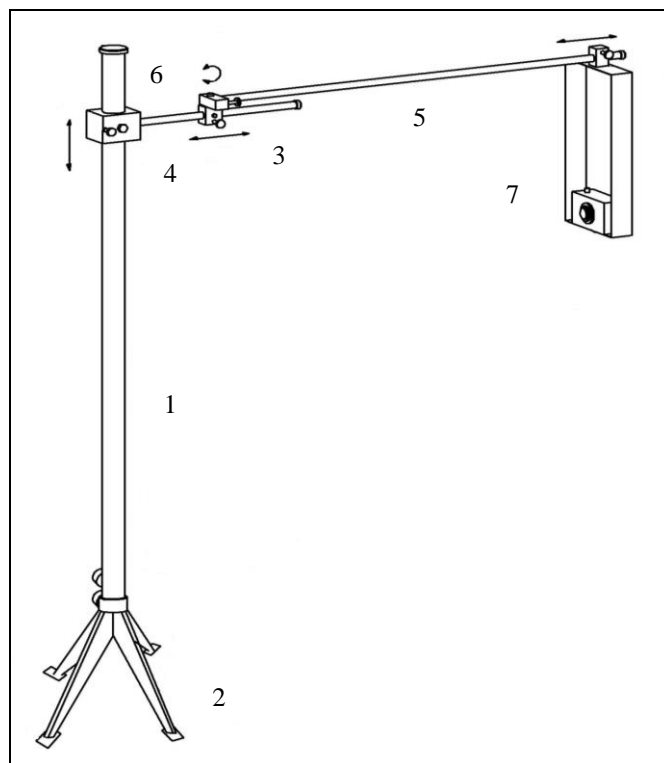


Рис. 1. Схематическое изображение фотостата:

1 – вертикальная ось, 2 – штатив, 3 – держатель, 4 – подвижный крепежный элемент, 5 – горизонтальный рукав, 6 – шарнир, 7 – рамка для фотокамеры

Заключение

Положительный эффект предлагаемой полезной модели состоит в том, что естественное и легко воспроизводимое при повторных обследованиях положение головы исследуемого, стабильное положение фотоаппарата относительно объекта фотосъемки, а также возможность производить серию фотограмм в фас и профиль, не меняя положения обследуемого, позволяют получить серию стандартизованных фотограмм, что делает возможным их последующий компьютерный анализ. Фотостат данной конструкции может быть использован при проведении антропометрического исследования в ортодонтии, ортопедической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Применение предлагаемой полезной модели позволяет стандартизировать методику антропометрического измерения и сократить трудозатраты на проведение антропометрического исследования.

Проведенное исследование позволило установить, что рост отделов головы заканчивается у мужчин и женщин в разном возрасте – у женщин прекращается увеличение продольного и поперечного размеров мозгового, морфологической и челюстной ширины лицевого отдела в 17–18 лет, а у мужчин – продолжается рост всех параметров до 22–23 лет.

Список литературы

1. Кузьменко Е.В., Рубникович С.П., Усович А.К. *Антропометрические характеристики головы человека в зависимости от вида сформированного прикуса: монография*. Минск: БелМАПО. 2019:157.
2. Рубникович С.П., Кузьменко Е.В., Денисова Ю.Л., Богинский О.Ю., Андреева В.А., Тимчук Я.И. Распространенность зубочелюстных аномалий и деформаций среди населения школьного возраста г. Витебска. *Стоматолог*. 2018; № 4(31):39–43.
3. Рубникович С.П., Денисова Ю.Л., Кузьменко Е.В., Андреева В.А., Тимчук Я.И., Шейда А.В. Распространенность зубочелюстных аномалий и деформаций среди детей Брестской области, обратившихся за стоматологической помощью. *Стоматолог*. 2019; № 4(35):8–13.
4. Кузьменко Е.В., Усович А.К. Кефалометрические параметры и половые различия их роста у людей в возрасте 17–24 лет. *Морфология*. 2018; Т. 154(5):57–63.
5. Фотостат: пат. 11076 Респ. Беларусь, МПК А 61В 6/14, А 61С 19/00. Усович А.К., Кузьменко Е.В.; заявитель Учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» (ВУ). – № u 20150393; заявл. 2015.11.19; опубл. 30.06.2016. Афіцыйны бюл. Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2016; №3:116–117.

УДК 616.62-003.7-078.088.6

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Т.М. ЮРАГА¹, Т.С. КУХТА²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

² Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь

Аннотация. Экспертная система «Urolithiasis», разработанная на основе информационных технологий «in silico trials», предназначена для оптимизации оказания медицинской помощи пациентам с риском камнеобразования в мочевых путях и прогнозирования на молекулярном уровне формирования химического типа уrolита в соответствии с современными принципами предиктивно-превентивной медицины.

Ключевые слова: экспертная система, мочекаменная болезнь, метаболические нарушения

EXPERT SYSTEM AUTOMATED RESULTS EVALUATION SPECIFIC METABOLIC DIAGNOSIS OF UROLITHIASIS

T.M. JURAGA¹, T.S. KUKHTA²

Abstract. The expert system «Urolithiasis», developed on the basis of information technologies "in silico trials", is designed to optimize the provision of medical care to patients at risk of stone formation in the urinary tract and to predict the formation of the chemical type of urolith at the molecular level in accordance with modern principles of predictive preventive medicine.

Keywords: expert system, urolithiasis, metabolic disorders.

Введение

Разработка информационных технологий в медицине даст возможность врачу провести комплексный анализ всех цифровых результатов изучаемых лабораторных показателей. Являясь диагностическим потенциалом для внедрения в общемедицинскую практику, она оперативно в цифровом формате отображает инициируемые как внутренними, так и внешними факторами изменения, происходящие в организме. Выявление отклонений от нормативных значений как в сторону их увеличения, так и в сторону уменьшения позволит отсеять неверные пути постановки диагноза и снизить риск недооценки важных данных проведенного исследования [1]. Использование компьютерных и вычислительных методов «in silico trials» повысит качество диагностики формирующейся патологии с учетом принципов предиктивно-превентивного направления медицины, получившего активное развитие в последние годы [2]. В итоге медицинские экспертные системы предоставят врачу возможность не только проверить собственные предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией для принятия решения по выбору тактики ведения пациента.

Множество этиологических и патогенетических факторов нарушений метаболизма, приводящих к камнеобразованию в мочевыводящих органах, требуют от врача-уролога компетенции в различных областях медицины для систематизации результатов исследования при консультировании таких пациентов [2,3,4]. Интегральная оценка данных клинического наблюдения и лабораторного биохимического анализа с целью установления вероятности формирования в мочевыводящих путях камней определенной химической природы необходима для разработки соответствующих профилактических программ при развитии мочекаменной

болезни (МКБ). Наиболее перспективным, с точки зрения организации процесса консультирования пациентов с данной патологией, является создание экспертной системы, которая поможет врачу анализировать весь спектр лабораторных параметров и не пропустить существенные факты в интерпретации результатов обследования, не заменяя врача, а выступая в роли «компетентного партнера» – эксперта-консультанта.

Разработка и внедрение в практику новых аналитических технологий является перспективным направлением научных поисков и существенно меняет традиционные представления о диагностическом потенциале лабораторной диагностики [1,2].

Результаты и их обсуждение

Медицина нового поколения должна быть направлена не на «быстрое реагирование» на уже случившиеся нарушения, а на предупреждение и профилактику развития патологии в организме человека. Соответственно этим принципам нами создан алгоритм специфической метаболической диагностики МКБ, являющийся основой создания экспертной информационно-аналитической системы и сконцентрированный на поиске формирующихся в организме человека молекулярных и клеточных сдвигов, предшествующих образованию мочевого камня.

Разработанная экспертная система автоматизированной оценки результатов специфической метаболической диагностики «Urolithiasis» предназначена для прогнозирования формирования на молекулярном уровне химического типа уrolита у лиц с риском камнеобразования в мочевых путях в соответствии с современными принципами предупредительно-предсказательной медицины.

Для работы с программным обеспечением необходимы следующие системные требования:

- 32- или 64-разрядный процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше с набором инструкций SSE2;
- операционная система Windows 7 или более поздняя версия;
- оперативная память 1 ГБ (для 32-разрядных систем), 2 ГБ (для 64-разрядных систем);
- 3 ГБ свободного места на жестком диске;
- монитор с разрешением 1280 x 800.

Экспертная система состоит из двух компонентов: серверной части и клиентского приложения. Серверная часть экспертной системы МКБ представляет собой базу данных, содержащую таблицы данных и справочники («база знаний»).

Серверный компонент экспертной системы «Urolithiasis» может располагаться как на файловом сервере/отдельной виртуальной машине, так и на локальном компьютере, на котором устанавливается клиентское приложение. Пользователи в локальной сети устанавливают связь с серверным компонентом и работают с данными на сервере с помощью локальных копий клиентской части. После установления соединения серверной частью «Urolithiasis» открывается окно выбора или добавления пациента, показанное на рис. 1.

Хлестаков Иван Александрович	
Хлестаков Иван Александрович	
Бобчинский Петр Иванович	
Добчинский Петр Иванович	
Сквозник-Дмухановский Антон Антия здоровья	01.01.2020
Биохимический анализ сыворотки крови	01.01.2022
Анализ мочи общеклинический	01.01.2022
Бактериурия	
Экскреция литогенных субстанций в моче	01.01.2022
Суточный профиль pH мочи	01.01.2022
Химический анализ камня	03.05.2022
Макроэлементный анализ волос	01.01.2020
Тест с «Кальциевой нагрузкой»	03.03.2022

Рис.1 Окно выбора пациента

Клиентское приложение «Urolithiasis» (Windows-приложение) реализует алгоритм интегральной оценки данных лабораторного анализа и представляет интерфейс для выполнения следующих функций:

1. Управление данными пациента (просмотр, добавление, редактирование, удаление данных об основных показателях состояния здоровья пациента).
2. Работа с результатами лабораторных анализов (добавление, просмотр, редактирование, удаление результатов биохимического анализа сыворотки крови, общеклинического анализа мочи, исследования показателей камнеобразующих субстанций в разовой порции мочи и суточной моче).
3. Оценка результатов анализа минералогической структуры почечного камня.
4. Интерпретация результатов выполнения теста с «Кальциевой нагрузкой».
5. Характеристика результатов исследования суточного профиля рН мочи.
6. Исследование макроэлементного состава волос.
7. Вывод полученных данных на печать, сохранение отчетов для пациента по всем перечисленным видам исследований.

Сформированный отчет «Биохимическое исследование сыворотки крови» (рис. 2) представляет собой файл в формате .docx, который при закрытии автоматически сохраняется в архиве с именем «ФИО пациента дата взятия материала».docx.

The screenshot displays the 'Urolithiasis' application interface. At the top, there is a title bar and a menu. Below it, a patient information form shows the name 'Хлестаков Иван Александрович'. The main area is divided into several sections:

- Биохимические константы:**
 - Общий белок (ОБ), г/л: 75,8
 - Альбумин, г/л: 38,3
 - Глюкоза, ммоль/л: 5,82
 - Мочевина, ммоль/л: 6,5
 - Креатинин, ммоль/л: 74,5
 - Общий холестерин, ммоль/л: 5,29
- Активность ферментов:**
 - АЛТ, Е/л: 5
 - АСТ, Е/л: 10,2
 - АСТ/АЛТ: 2,04
 - ЛДГ, Е/л: 223,9
 - ЩФ, Е/л: 63,7
 - ГГТП, Е/л: 29,1
 - КФК, Е/л: 19,5
- Камнеобразующие субстанции сыворотки крови:**
 - Мочевая к-та (UA), ммоль/л: 502,1
 - Кальций общий (Ca), ммоль/л: 1,95
 - Фосфор неорганический (P), ммоль/л: 1,03
 - Магний (Mg), ммоль/л: 0,79
 - Калий (K), ммоль/л: 4,68
 - Натрий (Na), ммоль/л: 137
 - Хлор (Cl), ммоль/л: 100
- Параметры по показанию:**
 - С-реактивный белок, мг/л
 - Билирубин общий, ммоль/л
 - Билирубин прямой, ммоль/л
 - Билирубин свободный, ммоль/л
 - Ферритин, нг/мл
 - Трансферрин, мг/дл
 - Железо, ммоль/л

On the right side, a preview of the generated report is shown. The report is titled 'Белорусская медицинская академия последипломного образования' and contains the following information:

Белорусская медицинская академия последипломного образования
Научно-исследовательская лаборатория
223040 г.г. Лесной-2, д.31 (Беларусь), тел. 390.214.21
Лицензия № 02040/273 до 29.05.2025

БИОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЫВОРОТКИ КРОВИ №
Ф.И.О. Хлестаков Иван Александрович возраст 03.03.1976 пол м

Дата взятия материала: 01.02.2021

Показатель	Результат	Референсные значения
Общий белок	75,8	64-83 г/л
Альбумин	38,3	32-48 г/л
Мочевина	6,5	< 8,3 ммоль/л
Креатинин	74,5	и 80-115 ммоль/л и 53,97 ммоль/л
Глюкоза	5,82	3,3-5,5 ммоль/л
Мочевая к-та	502,1	и 262,0-413,0 ммоль/л и 137,0-203,0 ммоль/л
Общий холестерин	5,29	< 5,2 ммоль/л
Триглицериды	1,53	< 1,7 ммоль/л
холестерин ЛПВП (HDL)	1,01	нет риска: 1,15 ммоль/л средний: 0,9-1,0 ммоль/л высокий риск: 0,9 ммоль/л
холестерин ЛПНП (LDL)	3,99	оптимально: < 2,59 ммоль/л средний: 2,98-3,12 ммоль/л высокий: 4,14-4,89 ммоль/л
УКА	4,24	< 3,5 отн. ед
Билирубин		общ.: < 2,1 ммоль/л прям.: < 0,8 ммоль/л своб.: < 1,4 ммоль/л
АсАТ	4,9	и < 10,40 Е/л

Рис. 2. Фрагмент сформированного отчета «Биохимическое исследование сыворотки крови»

8. Формирование, вывод на печать и сохранение документа «Метаболический паспорт пациента с МКБ», включающего анализ результатов перечисленных видов исследований с определением химического типа уrolитиаза (рис.3).

Данный метаболический паспорт формируется автоматически и является цифровым выражением итоговой информации о результатах специфической метаболической диагностики мочекаменной болезни, переданной в персонифицированном формате (рис. 3).

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПАЦИЕНТА С МКБ
Ф. И.О. Иванов И.И. Возраст 03.03.1976, пол м

Основные параметры состояния здоровья					
Показатель			Фактические данные		
Пульс, уд./мин			70		
Артериальное давление (АД), мм рт. ст.			135/85		
Масса тела, кг			175		
Рост, см			85		
Индекс массы тела (ИМТ)			28		
Окружность талии, см			90		
Показатели гуморального здоровья					
Показатель	Референс	Фактические данные	Показатель	Активность фермента, МЕ/л	
				Референс	Фактические данные
ОБ, г/л	64-83	75,8	АСТ	8-20	10,2
Альбумин, г/л	32-46	38,3	АЛТ	7-40	5
Глюкоза, ммоль/л	3,3-6,1	5,82	ЩФ	38-126	63,7
Холестерин, ммоль/л	4,2-5,2	5,29	ГТГ	7-49	29,1
Мочевина, ммоль/л	2,1-8,2	6,5	ЛДГ	208-378	223,9
Креатинин, мкмоль/л	м 80-115; ж 53-97	74,5	КФК	20-200	19,5
Специфические метаболические критерии формирования химического типа камнеобразования в мочевых путях					
<i>Литогенный синдром</i>					
Показатели	Референсные значения		Фактические данные		
Кальциурия	2,5,0-6,6 ммоль/сут		3,21		
	м 0,10-0,69 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,11-0,51 ммоль/ммоль креатинина		0,26		
Урикозурия	1,48-4,43 ммоль/сут		5,09		
	м 0,07-0,52 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,07-0,45 ммоль/ммоль креатинина		0,41		
Фосфатурия	18,3-33,6 ммоль/сут		27,60		
	м 0,99-5,82 ммоль/ммоль креатинина; ж 1,07-5,27 ммоль/ммоль креатинина		2,20		
Магниурия	3,0-5,0 ммоль/сут		6,23		
	м 0,15-1,10 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,18-0,70 ммоль/ммоль креатинина		0,50		
Оксалурия	0,23-0,68 ммоль/сут		1,52		
	м 0,02-0,13 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,02-0,08 ммоль/ммоль креатинина		0,12		
Коэффициент Са/Mg мочи	0,55-0,81 отн. ед.		0,52		
Кальциемия	2,1-2,5 ммоль/л		1,95		
Урикемия	м 262-452,0 мкмоль/л; ж 137-393,0 мкмоль/л		502,1		
Уровень Са в волосах	м 400-800 мкг/г волос; ж 500-1700 мкг/г волос		663,7		
<i>Физико-химические факторы риска, ассоциированные с МКБ</i>					
рН мочи	5,5-6,5		5,5		
Суточный диурез	0,8-2,0 л		1,8		
Бактериурия	м <10 ⁴ КОЕ/мл; ж <10 ⁵ КОЕ/мл		neg		
<i>Гормонально-метаболические факторы риска, ассоциированные с МКБ</i>					
Показатели	Референсные значения		Фактические данные		
ИМТ	18,0-25,0		28		
ОХ	4,2-5,2 ммоль/л,		5,29		
ТГ	<1,7 ммоль/л		1,53		
ХС ЛПВП	>1,45 нет риска; 0,9-1,45 средний риск; <0,9 высокий риск ммоль/л		1,01		
ХС ЛПНП	оптимальное значение <2,59; средний риск 2,59-4,12; высокий риск 4,14-4,89 ммоль/л.		3,99		
ХКА	<3,5отн. ед.		4,24		
Гликемия	3,3-6,1 ммоль/л		5,82		
Индекс НОМА-IR	≥2,7отн. ед.		1,35		
ПТГ	10,0-66,0 нг/л		34,41		
25-гидроксивитамин D3	30,0-100,0 нг/мл		43,68		
Заключение: Специфический метаболический статус пациента на момент обследования соответствует <i>оксалатному</i> химическому типу камнеобразования в мочевых путях					
<i>Примечание:</i> биохимические показатели, имеющие патологическое отклонение, маркированы жирным курсивом					

Рис. 2. Формат метаболического паспорта

Разработанная на основе информационных технологий, экспертная программа автоматизированной оценки результатов лабораторных исследований положена в основу оптимизации постаналитического этапа специфической метаболической диагностики МКБ. Используемая как на одиночном компьютере, так и в локальной сети, состоящей из серверной и клиентской части, она реализует управление правами доступа к клиентской части, руководствуясь базой знаний (справочники-таблицы), и предназначена для поддержки работоспособности сформированной нами «Базы данных пациентов с МКБ» как информационного ресурса автономного уровня.

Заключение

Предлагаемая автоматизированная экспертная система «Urolithiasis» при проведении специфической метаболической диагностики МКБ обеспечивает повышение качества оказания медицинских услуг пациентам с уролитиазом в условиях неопределенности и неполноты полученной информации, предоставляя врачу-клиницисту данные, основанные на цифровом выражении лабораторных показателей.

Практическая доступность программы позволит реализовать ее в работе врача-уролога, врача-нефролога, врачей клинической лабораторной диагностики и общей практики на любом региональном уровне лечебно-профилактических учреждений Республики. При консультировании пациентов с мочекаменной болезнью разработанная экспертная система даст возможность врачу:

- провести комплексный анализ результатов всех изучаемых показателей,
- выявить патогенетическую связь нарушений обмена веществ с химическим составом мочевого камня,
- обосновать выбор лечебной тактики, основанный не только на опыте и интуиции врача, но и на объективной оценке характера метаболических нарушений, приводящих к риску камнеобразования в мочевых путях,
- разработать индивидуальную программу лечения с целью предотвращения рецидива патологии.

Точный поиск диагностического решения с индивидуализацией профилактического и терапевтического воздействия на формирующиеся нарушения позволит врачу «работать не только с прошлым пациента», констатируя наличие мочевого камня, но и «вмешаться в будущее».

Список литературы

1. Щербо С.Н. Тенденции развития и технологии современной лабораторной медицины //Лабораторная медицина. – 2013. – №12.
2. Петров С.В., Корневский Н.А., Серегин С.П., Халилов М.А., Михайлов И.В. Чуклинова Л.В. Применение информационных технологий при урологических заболеваниях /Фундаментальные исследования. – 2015. – №1-4:810-813
3. Вошула В.И. Мочекаменная болезнь: этиология, патогенез, лечение и метафилактика. Минск: Зималето; 2010.
4. Зиганшина А.А., Сухоруков В.С. Молекулярные предикторы химических типов уролитиаза // Российский вестник перинатологии и педиатрии, 2017. 62(5).
5. Turk C. Knoll T. и др. Руководство ЕАУ по мочекаменной болезни. Европейская ассоциация урологов, 2015. (на русском языке).

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Д.Ю. ТЕРЕБИЛЕНКО, Н.М. ЕЛЕЦ, А.О. МАТОШКО,
В.И. КОЛОСЕЙ, М.В. ДАВЫДОВ, Н.С. ДАВЫДОВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Представлены результаты разработки программного обеспечения для анализа и визуализации данных тензоплатформы. Описаны структура, функциональные возможности и интерфейс программы.

Ключевые слова: динамометрическая платформа, динамические характеристики.

SOFTWARE TOOL FOR ANALYSIS OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF ATHLETES' MOVEMENTS OBTAINED USING THE DYNAMOMETRIC PLATFORM

D.Y. TEREBILENKO, N.M. YELETS, A.O. MATOSHKO,
V.I. KOLOSEY, M.V. DAVYDOV, N.S. DAVYDOVA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The results of the development of software for the analysis and visualization of strain platform data are presented. The structure, functionality and interface of the program are described in detail.

Keywords: force platform, dynamic characteristics.

Введение

Сила является важнейшей динамической характеристикой движения. С ней непосредственно связаны момент силы и другие важные биомеханические характеристики. Наибольшее распространение получил тензометрический метод измерения усилий. Метод основан на свойствах некоторых физических материалов изменять свои характеристики, в частности, электрическое сопротивление при деформации. Измерительная схема преобразует электрическое сопротивление датчика в электрическое напряжение, которое пропорционально измеряемым усилиям [1].

Развитие компьютерной техники и применение многоразрядных высокоскоростных АЦП сделало возможной не только регистрацию сигналов тензодатчиков, но и их цифровую обработку в реальном времени, визуализацию деформаций на экранах мониторов [2]. На данный момент тензометрические системы анализа динамических характеристик человека не получили широкого распространения ввиду высокой стоимости существующего оборудования, поставляющегося вместе с специализированным программным обеспечением. Существующие тензометрические платформы без соответствующего программного обеспечения не позволяют проводить полный спектр анализа динамических характеристик и параметров прыжков ввиду предоставления системами сугубо массива считанных данных. Целью данной работы является создание программного обеспечения для анализа и визуализации данных тензоплатформы.

Основная часть

Основные алгоритмы обработки данных тензоплатформы выполнены в пакете прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB. Для интегрирования алгоритмов кода MATLAB в структуру программы использован MATLAB CODER, позволяющий генерировать эквивалентный читаемый и переносимый код на таких языках программирования как C, C++, Fortran.

Для удобного взаимодействия пользователя с программой ее функционал разделен на несколько связанных между собой окон:

1. Основное окно программы.

В основном окне программы реализованы следующие функции:

- Отображение записей спортсменов хранящихся в базе данных.
- Возможность добавления, редактирования и удаления записей спортсменов.
- Отображение записей, удовлетворяющих поиску по категориям: фамилия, имя или тип спорта.
- Фильтрация отображения записей спортсменов по спортивной квалификации.
- Сортировка отображения записей по убыванию или возрастанию.
- Выбор типа прыжка загружаемого файла тензометрической установки.
- Отображение результатов анализа ранее обработанных записей прыжков для каждого спортсмена хранящихся в базе данных с возможностью удаления.

2. Окно добавления и редактирования записей спортсменов.

3. Окно выбора файла для анализа.

Окно, используемое для выбора CSV-файла для последующей обработки. Окно отображения графика вертикальной силы реакции опоры.

Программа автоматически определяет границы (начало и конец) каждого из прыжков, т.к. в одном файле записывается несколько попыток движения. Результатом анализа данных также является нахождение массы спортсмена и построение изолинии, соответствующей весу спортсмена.

Не всегда данные, полученные из файла, имеют корректный вид. Иногда спортсмены помимо прыжка совершают иные действия, которые впоследствии вносят неточность в нахождение границ прыжка. Для работы с такими файлами в программе предусмотрена возможность самостоятельно добавлять и удалять точки начала и конца прыжков. Для точности позиционирования имеется возможность масштабирования графика силы.

Тензометрические установки могут иметь разную частоту дискретизации сигнала вертикальной силы, поэтому в программе предусмотрена возможность ее изменения (по умолчанию 1000 Гц).

Для хранения данных была использована реляционная база данных. Рассчитанные параметры хранятся в таблице попыток, за счёт поля «id измерения» она связана с таблицей измерений, в которой хранятся данные спортсмена, которые могут меняться от измерения к измерению, и средние значения рассчитанных параметров по всем попыткам. Таблица измерений, за счёт поля «id спортсмена», связана с таблицей спортсменов, в которой хранятся такие данные как: имя, фамилия, отчество, дата рождения, спортивная дисциплина и так далее. Итоговая структура базы данных представлена на рисунке 1.

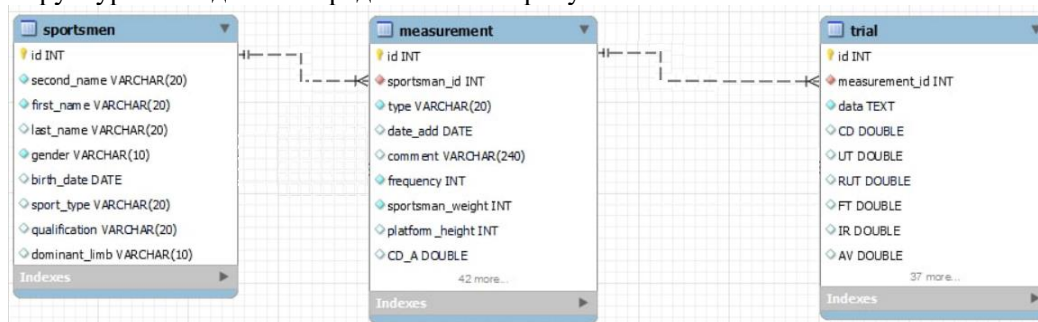


Рис. 1. Структура базы данных Tensotrack

Заключение

Результатом выполнения данной работы является разработанная программа для анализа и визуализации данных тензоплатформы.

Разработанное программное обеспечение позволяет обрабатывать данные, предварительно записанные в CSV-файл тензометрической установкой.

Реализованные в программе алгоритмы обработки позволяют анализировать данные вертикальной силы, находить границы прыжков в общем массиве данных, строить по ним графики с возможностью дальнейшего редактирования.

Используемая совместно с программой СУБД MySQL позволяет хранить и редактировать данные спортсменов, в том числе результаты анализа прыжков, в собственной базе данных.

Дальнейшее развитие программы позволит добавить в нее функции отдельного анализа каждого прыжка с подробным выводом данных динамических характеристик движения. Также имеется возможность портирования программы на другие операционные системы, в том числе мобильные. Размещение базы данных на удаленном сервере даст возможность получать доступ к записям с нескольких устройств.

В конце хотелось бы отметить, что все поставленные задачи были успешно реализованы и разработанные алгоритмы анализа динамических характеристик движений человека полностью соответствует современным требованиям.

Список литературы

1. studref [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studref.com/546183/meditsina/tenzometriya>. – Дата доступа: 25.03.2021.
2. reserchgate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/figure/Figure-1-Examples-of-vertical-jump-modalities-A-SJ-squat-jump-B-CMJ-counter-movement_fig1_318714361– Дата доступа: 04.04.2021.
3. matlab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://exponenta.ru/matlab-coder> – Дата доступа: 06.04.2021.
4. mathworks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_external/changing-default-compiler.html – Дата доступа: 09.10.2021.
5. codernet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://codernet.ru/books/c_plus/professionalnoe_programmirovanie_na_c_m_shlee/ – Дата доступа: 29.09.2021.

УДК 537.523

ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ГЕНЕРИРУЕМОЙ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Ю.В. ЗАПОРОЖЧЕНКО, Д.А. КОТОВ, Е.К. ЖЕЛЕЗНОВА, А.Н. ОСИПОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)

Аннотация. Проведенные аналитические исследования позволили установить основные и второстепенные факторы воздействия плазмы диэлектрического барьерного разряда генерируемой при атмосферном давлении на биологические объекты. Исследования показали, что основными факторами являются – генерируемые активные формы кислорода, влияние на уровень кислотности за счет концентрации кислотообразующих радикалов и заряженных частиц, нагрев биологического материала, электромагнитное поле радиочастотного диапазона, УФ-излучение, а также заряженные частицы (электроны плазмы, ионы, радикалы, атомы и молекулы в возбужденных состояниях) и их концентрации.

Ключевые слова: плазма диэлектрического барьерного разряда, воздействие плазмы на биообъект, активные формы кислорода, ЭМ поле, излучение в оптическом диапазоне, заряженные и возбужденные частицы.

IMPACT FACTORS OF LOW-TEMPERATURE PLASMA GENERATED AT ATMOSPHERIC PRESSURE ON BIOLOGICAL OBJECTS

YLIYA V. ZAPARAZHCHANKA, EKATERINA K. ZHELEZNOVA, DMITRY A. KOTOV,
ANATOLY N. OSIPOV

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The conducted analytical research made it possible to establish the main and secondary factors of the impact of the dielectric barrier discharge plasma generated at atmospheric pressure on biological objects. Research have shown that the main factors are generated reactive oxygen species, the effect on the level of acidity due to the concentration of acid-forming radicals and charged particles, the heating of biological material, the electromagnetic field of the radio frequency range, UV radiation, as well as charged particles (plasma electrons, ions, radicals, atoms and molecules in excited states) and their concentrations.

Keywords: dielectric barrier discharge plasma, plasma effect on a biological object, reactive oxygen species, electromagnetic field, optical emission, charged and excited particles.

Введение

Преимуществами плазменных методов обработки являются возможность воздействия на объекты, особенно чувствительных к нагреву, в контролируемой активной среде, где отсутствует образование побочных химических соединений, опасных для окружающей среды, здоровья человека, а также существенно снижает время процесса. Чрезвычайно важным является и то, что после плазменной обработки поверхность как биообъектов, так и биомедицинских материалов не теряет своих биоактивных свойств. Это возможно благодаря слабо ионизационному характеру разряда холодной плазмы при атмосферном давлении. Противомикробная эффективность плазмы связана с конкретными параметрами используемой разрядной системы и ее рабочими характеристиками, такими как: уровень мощности, используемый для генерации плазмы, газовая смесь в разрядном промежутке, интенсивность и продолжительность воздействия, конструкция системы генерации плазмы, скорость потока и давление.

Методика проведения эксперимента

Степень ионизации в диэлектрическом барьерном разряде меньше $10^{-4}\%$, а концентрация заряженных частиц (электронов, положительных и отрицательных ионов), достаточная для обеспечения квазинейтральности и поддерживается за счет атомов и молекул газов, ускоряемых во внешнем электрическом поле. «Холодная» атмосферная плазма может быть получена путем ограничения количества высокоэнергетических электронов с использованием короткого времени воздействия (-100 нс) за цикл. В процессе генерации холодной плазмы образуется ряд составляющих: нейтральный газ, заряженные частицы, возбужденные атомы и молекулы, химически активные молекулы (NO, O₃, OH, O₂⁻, H₂O₂), электрическое поле, излучение в оптическом диапазоне, ультрафиолетовое излучение. Из всех возможных факторов, возникающих при генерации плазмы, в метаболизме биологических объектов в основном участвуют долгоживущие радикалы и оксид азота. Помимо неустойчивых атомов, не меньшее биологическое значение имеет и оксид азота (NO). Он является важной регуляторной внутри и межклеточной сигнальной молекулой. Механизм действия холодной плазмы реализуется как за счет совместного взаимодействия (эффект потенцирования) метастабильных молекул, так и действия электрического поля и излучения в оптическом диапазоне.

На основе анализа различных разрядных систем установлено, что наиболее перспективной для исследований является система, использующая плазму диэлектрического барьерного разряда, так как при диэлектрическом барьерном разряде количество частиц с низкой энергией больше и, таким образом, при данном разряде образовывается нетермическая плазма. Такой разряд возникает исключительно при импульсном напряжении питания в электродной системе, где один или оба электрода покрыты слоем диэлектрика. Возникший диффузный разряд при атмосферном давлении создает диффузную, нетермическую неравновесную плазму по всему объему межэлектродного промежутка [1].

На биологический объект (клетку) помещенный в плазму, как показано на рисунке, оказывают комбинированное воздействие ряд таких основных факторов, как:

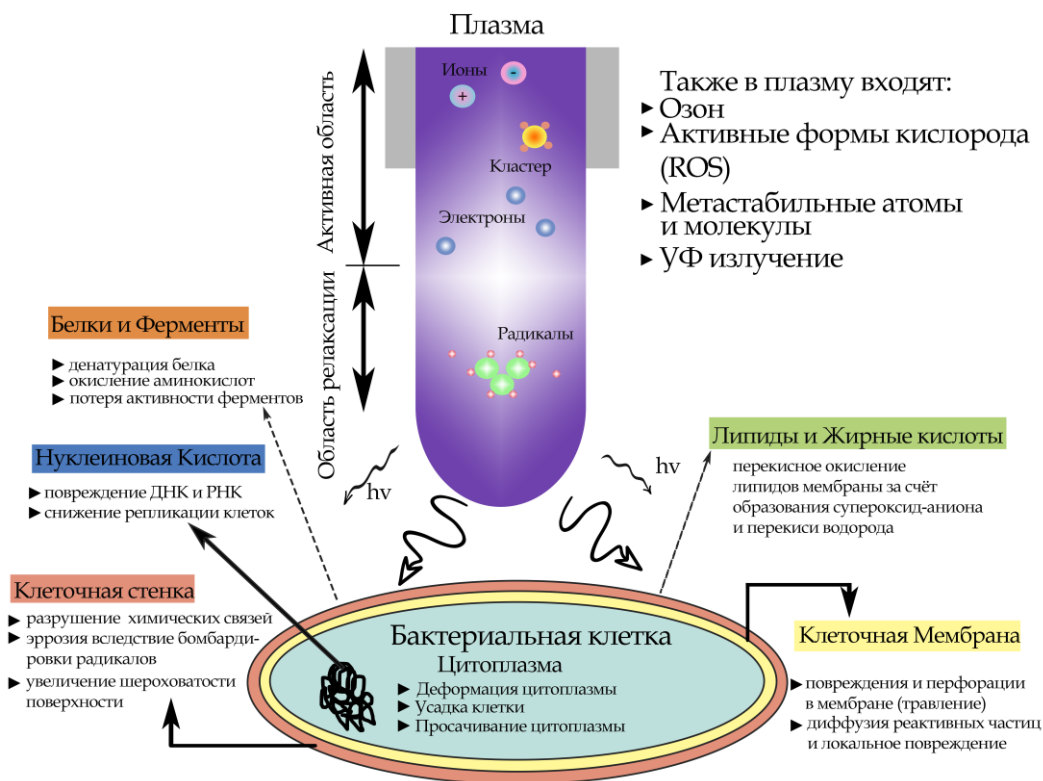


Рис 1. Факторы, оказывающие воздействие на биологический объект

1. Наиболее значимый биологический эффект на бактериальные клетки и живые ткани при действии на них плазмы оказывают активные формы кислорода (озон, кислород в метастабильных состояниях, атомарный кислород, супероксид-анион-радикал, пероксиды, гидроксильные радикалы) и азота (например, радикал NO). Гидроксильная группа (OH[•]) реагирует с органическими молекулами захватывая у них атомы водорода и производя алкильные радикалы, которые впоследствии быстро окисляются на воздухе. Озон (O₃), долгоживущая стабильная молекула кислорода, так же является сильным окисляющим агентом. Аналогично гидроксильным группам, озон повреждает стенки бактерий.

2. Уровень кислотности поверхностного слоя биожидкости увеличивается при растворении в ней ионов и активных форм кислорода. Кислоты разъедают стенки бактерий вызывая их гибель. Произведенные плазмой активные химические соединения окисляют органические молекулы формируя углекислый газ и водяной пар.

3. Нагрев биологического объекта. Поскольку энергия инфракрасных лучей относительно мала, то их воздействие приводит к нагреву. Образование тепла приводит к повышению температуры облучаемых кожных покровов не более чем до 37°C.

4. Электромагнитное поле радиочастотного диапазона может влиять на биоорганические молекулы и живые клетки и ткани посредством целого ряда факторов: как термических, так и нетермических.

3. УФ-излучение является доминирующим механизмом бактерицидного действия «холодной» плазмы. УФ-излучение с длинами волн менее 300 нм (180–280 нм) проникает глубоко в клетку и вызывает разрывы в молекулах ДНК вследствие эффекта ионизации, приводящие к гибели микроорганизмов и ингибированию их размножения. УФ-излучение способно инициировать перекисное окисление белков и липидов клеточной мембраны, а также стимулируя образование токсичных соединений в бактериальных клетках.

4. Электроны плазмы, ионы, радикалы, атомы и молекулы в возбужденных состояниях. Взаимодействие электронов плазмы с клеточной оболочкой нарушает ее структуру. Агентами, воздействующими на биологические объекты, являются как заряженные частицы и электрические поля, созданные ими, так и радикалы, и другие нейтральные частицы. При этом химически активные частицы и ионы плазмообразующего газа адсорбируются на поверхности бактерий и вступают в химические реакции с молекулами клеточной оболочки, образуя токсические соединения и вторичные радикалы. Подобные повреждения приводят к выделению индивидуальных микроорганизмов из матрикса (грязь, биопленки, скопления бактерий) на поверхности объекта. Удаляя верхние слои, плазменно-индуцированная эрозия уменьшает экранирование от УФ-излучения [2].

Значимость каждого из перечисленных факторов для эффективности воздействия может изменяться в зависимости от способа реализации. Тем не менее, все эти факторы взаимодействуют между собой и оказывают синергетический эффект.

Заключение

В результате проведенных аналитических исследований нами установлены основные факторы «холодной» плазмы диэлектрического барьерного разряда, оказывающие воздействие на биологические объекты помещенные в нее. Это позволит при проведении экспериментальных исследований сфокусировать внимание на ключевых факторах, что позволит оптимизировать работу и в кратчайшие сроки получить положительный результат.

Список литературы

1. Bekeschus, S., Lippert, M., Diepold, K. et al. Physical plasma-triggered ROS induces tumor cell death upon cleavage of HSP90 chaperone. *Sci Rep* 9, 4112 (2019)
2. Fridman G, Shekhter A B, Vasilets V N, Friedman G, Gutsol A and Fridman A 2008 *Applied plasma medicine Plasma Process. Polym.* 5 503–33

УДК 618.3 – 06:004.94

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

К.Е. МЕШКОВА¹, С.В. ПАЦЕЕВ², М.В. ДАВЫДОВ¹, А.Р. САВЕЙКО¹,
В.В. ПАШКИЛЕВИЧ¹

¹*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

²*Учреждение Здравоохранения 1-ая городская клиническая больница
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В данной работе смоделирована система для анализа характеристик и проведено программное вычисление характеристик в COMSOL Multiphysics с помощью дополнительных построений в SolidWorks. Анализ системы проводился на основе биологических жидкостей и контрольных жидкостей, которые являются идеальным объектом для сравнения программной модели с экспериментальной апробацией амниотической жидкости. Импедансометрические характеристики подсчитывались программой на заранее помещенной системе в электрическое поле с изменяющимся диапазоном частот. При вычислении выявлена зависимость импедансометрических параметров от частоты в малой степени и зависимость параметров от используемых микрокувет и электродов. Данная программная модель служит прототипом в создании методики исследования параметров или характеристик для проведения исследований на реальных биологических жидкостях и дальнейшего их анализа.

Ключевые слова: импедансометрические характеристики, биологическая жидкость, микрокувета, система, электрическое поле, электропроводность, относительная диэлектрическая проницаемость, энергия системы, емкость системы.

A SOFTWARE MODEL OF THE SYSTEM FOR ANALYZING IMPEDANCE- METRIC CHARACTERISTICS OF BIOLOGICAL FLUIDS

KARINA E. MESHKOVA², SERGEY V. PATSEEV², MAKSIM V. DAVYDOV¹,
ANNA R. SAVEYKO¹, VALERIA V. PASHKILEVICH¹

¹*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Republic of Belarus)*

²*Health Care Institution 1st City Clinical Hospital
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. In this work, the system was modeled for characterization analysis and a software characterization calculation was performed in COMSOL Multiphysics with additional constructions in SolidWorks. The system analysis was performed using biological fluids and control fluids, which are ideal objects for comparing the software model with experimental testing of amniotic fluid. Impedansometric characteristics were calculated by the program on the system placed beforehand in an electric field with a varying range of frequencies. The calculation revealed the dependence of impedansometric parameters on frequency to a small degree and the dependence of parameters on the used microcuvettes and electrodes. This software model serves as a prototype in creating a methodology for the study of parameters or characteristics for research on real biological fluids and their further analysis.

Keywords: impedance-metric characteristics, biological fluid, microcuvette, system, electric field, conductivity, relative permittivity, system energy, system capacitance.

Введение

Ведение перинатального периода у женщин сопровождается контролем биохимических показателей для благополучного вынашивания и рождения здорового ребенка. Нередко данный период сопровождается нарушением его естественного течения, что приводит к патологическому состоянию пациентки. Патологическое состояние приводит к маловодию, преэклампсии, эклампсии, дистрессе плода, плацентарной недостаточности и другого. Дистресс плода можно увидеть при кардиотокографии, а также в изменениях кислотно-основного состояния пуповинной крови [1]. Маловодие устанавливается на основании данных опрошенной пациентки и осмотра гинеколога со сдачей анализа мочи, крови. Окончательное подтверждение возможно благодаря УЗИ. Плацентарная недостаточность в свое время отождествляют с синдромом задержки роста плода, который является конечным результатом сложных изменений [2].

Выше перечисленные методы являются доступными и широко применимыми в здравоохранении, но сбор информации может занять продолжительный период, что делает их недостаточно быстрыми. Разработка программной модели по вычислению импедансометрических характеристик упростит в дальнейшем постановления диагнозов в период беременности.

Цель работы – разработка модели в программном комплексе для анализа импедансометрических характеристик биологических жидкостей и определение зависимости характеристик от частоты в постоянном электрическом поле.

Моделирование

Анализ импедансометрических характеристик биологических жидкостей производится на основе моделирования протекающих процессов в жидкостях при нахождении их в электрическом поле и дальнейшего подсчета емкости системы. Система включается в себя рассматриваемый биологический объект в микрокювете и электроды, для создания электрического поля.

В работе использованы 2 микрокюветы с отличным внутренним строением, но одинаковым материалом: поливинилхлорид. Для удобства введем обозначения микрокювет цифрами: микрокювета на 4 мл – микрокювета №1, микрокювета на 2,5 мл со штативом – микрокювета №2. Параметры для моделирования микрокювет представлены в таблице 1. Под углом понимается наклон стенки штатива к стенке микрокюветы №2.

Таблица 1. Параметры микрокювет для биологических жидкостей

Микрокювета №	Параметры						
	Высота, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Высота штатива, мм	Ширина штатива, мм	Угол, °
1	45	12	12	1	–	–	–
2	45	12	12	1	20	4	45

Микрокювета №1 смоделирована в программе САПР SOLIDWORKS, микрокювета №2 в программе COMSOL Multiphysics®. В роли материала использован поливинилхлорид. Данный материал и параметры микрокювет созданы на основе существующих и применяющихся на практике кювет Литопласт-Мед Тип А 2,5/4,0 мл.

Электроды имеют параметры: толщина 0,5 мм, высота 20 мм и материал алюминий ($\sigma = 37 \cdot 10^6$ См/м, $E = 5$) или стеклотекстолит ($\sigma = 4,7$ См/м; $E = 5,889 \cdot 10^{-7}$). Алюминий использовался в микрокювете №1, стеклотекстолит для микрокюветы №2. Электроды крепились к стенкам микрокювет разными способами: внешнее крепление электродов к двум противоположным стенкам (металлизированная пластина стеклотекстолита ближе к жидкости); применительно к микрокювете №1 один электрод внутри микрокюветы, другой снаружи; фиксирование электродов в отверстие между микрокюветой и штативом для микрокюветы №2.

Программная модель системы проводится с целью создания упрощенной модели и анализа характеристик. Для возможности применения данной системы в проведении исследований необходимо рассматривать не только идеальные биологические жидкости, но и

контрольные. Данное позволит сопоставить полученные результаты и сделать вывод о факте применимости данного измерения в реальных условиях. В работе контрольными жидкостями являлись: дистиллированная вода, хлорид натрия и воздух. За исследуемый объект в работе взяли упрощенную версию околоплодных вод с различным содержанием крови, белков, воды. Параметры: электрическая электропроводность и относительная диэлектрическая проницаемость различных околоплодных вод и контрольных жидкостей приведены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры электрической электропроводности и относительной диэлектрической проницаемости для биологических жидкостей

Параметр	Воды №1	Воды №2	Воды №3	Хлорид натрия	Вода	Воздух
Удельная электрическая проводимость σ , См/м	0,8221	0,6027	0,1866	$2,3 \cdot 10^{-9}$	$2,3 \cdot 10^{-9}$	0
Относительная диэлектрическая проницаемость, ϵ	3026,3	1433,3	1535,7	5,9	84,6	1

Для создания реальных условий проведения эксперимента, исследуемая система помещена в ограниченную область воздуха. В программе создана среда в форме цилиндра с радиусом 20 мм и высотой 50 мм.

В работе использован интерфейс электрических токов для вычисления распределений электрического поля, тока и потенциала в проводящих средах в условиях, когда индуктивные эффекты незначительны; то есть, когда глубина поверхности намного больше, чем у исследуемого устройства. При использовании интерфейса один электрод является источником с напряжением 1 В, а второй землей. Действие поля на исследуемую систему с околоплодными водами № 1 для частоты 1 МГц микроюветы №1 при внешнем расположении электродов и микроюветы №2 приведено на рисунке 1. Программная модель исследована в электрическом поле с частотой 1 кГц, 100 кГц и 1 МГц.

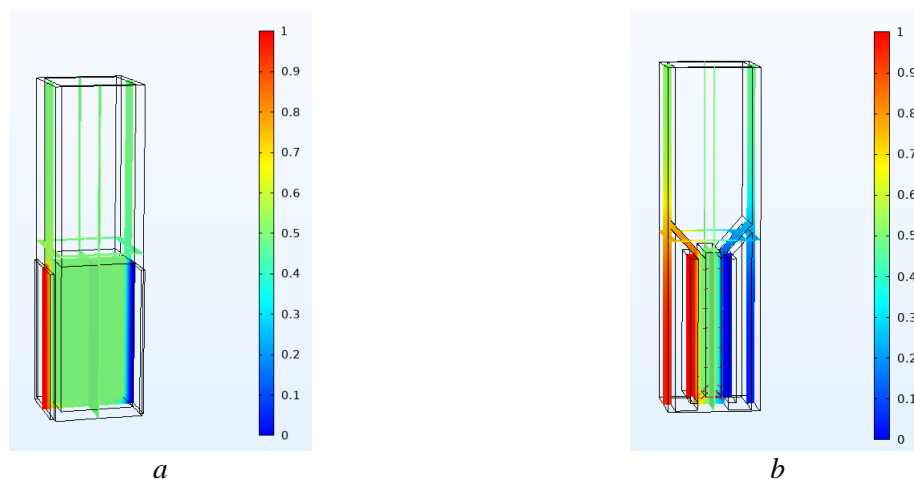


Рис. 1. Действие поля на Воды № 1 для частоты 1 МГц: *a* – микроювета №1; *b* – микроювета №2

Система, состоящая из резервуара, биологической жидкости и электродов по своей конфигурации напоминает конденсатор плоского типа. Электроды являются обкладками конденсатора, а биологическая жидкость и микроювета – диэлектриком. Диэлектриком для микроюветы № 2 является и воздух, который находится между электродом и микроюветой. Для микроюветы №2 распространение электрического поля больше, чем для таких же

параметров поля микроюветы №1. Данное объясняется зависимостью емкости системы от толщины диэлектрика: емкость обратно пропорциональна расстоянию между обкладками.

Результаты характеристик

В качестве рассматриваемых импедансометрических характеристик рассмотрена зависимость показателя энергии системы и емкости системы от частоты. Энергия системы высчитана программным модулем в момент моделирования процессов протекания токов. Для расчета емкости использована формула [3]:

$$F = \frac{2 \cdot J}{V^2}, \quad (1)$$

где F — электрическая емкость, Ф;

J — энергия, работа, Дж;

V — напряжение, В.

Результаты параметров приведены в таблице 3, согласно полученными программой параметрами и высчитанными параметрами по формуле (1).

Таблица 3. Емкость системы и энергия в электрическом поле для частот 1 кГц, 100 кГц, 1 МГц

Емкость, пкФ						
Частота, кГц	Микроювета №1 смешенное соединение					
	Воды №1	Воды №2	Воздух	Воды №3	Вода	Хлорид натрия
1	0,7674	0,7647	0,0736	0,0767	0,5648	0,0077
100	0,7674	0,7647	0,0736	0,0767	0,5648	0,0077
1000	0,7647	0,7647	0,0736	0,0767	0,5648	0,0077
Микроювета №1 внешнее соединение						
1	1,5460	1,5460	0,2707	1,5460	1,3100	0,2845
100	1,5460	1,5460	0,2707	1,5460	1,3100	0,2845
1000	1,5457	1,5457	0,2707	1,5457	1,3100	0,2845
Микроювета №2						
1	1,6004	1,6004	0,6822	1,6004	1,5495	0,7203
100	1,6004	1,6004	0,6820	1,6004	1,5495	0,7203
1000	1,5999	1,6004	0,6820	1,6004	1,5495	0,7203
Энергия системы, пкДж						
Частота, кГц	Микроювета №1 смешенное соединение					
	Воды №1	Воды №2	Воздух	Воды №3	Вода	Хлорид натрия
1	0,3837	0,3837	0,0368	0,3837	0,2823	0,0388
100	0,3837	0,3837	0,0368	0,3837	0,2823	0,0388
1000	0,3823	0,3835	0,0368	0,3823	0,2823	0,0388
Микроювета №1 внешнее соединение						
1	0,7730	0,7730	0,1353	0,7730	0,6550	0,1422
100	0,7730	0,7730	0,1353	0,7730	0,6550	0,1422
1000	0,7716	0,7728	0,1353	0,7728	0,6550	0,1422
Микроювета №2						
1	0,8002	0,8002	0,3410	0,8002	0,7474	0,3602
100	0,8002	0,8002	0,3410	0,8002	0,7474	0,3602
1000	0,7999	0,8002	0,3410	0,8002	0,7474	0,3602

Исходя из анализа табл. 3 сделан вывод о малой зависимости параметров от частоты электрического поля. Данное полностью совпадает с теорией, где емкость конденсатора зависит от его типа и параметров: площади обкладок, расстояния между ними, диэлектрической проницаемости диэлектрика. Показатель диэлектрической проницаемости в программе для моделирования задавался различным и самое большое значение зафиксировано у биологической жидкости Воды №1. Емкость и энергия этого типа биологической жидкости

сравнительно больше, чем у иных жидкостей, рассматриваемых в работе. Данное справедливо и в обратном случае с малым показателем E как у обычной дистиллированной воды.

Заключение

В данной работе создана модель системы с биологическими жидкостями для анализа импедансометрических характеристик. Моделирование проводилось в электрическом поле с напряжением 1 В и изменяющейся частотой 1 кГц, 100 кГц, 1 МГц. Измерялась емкость и энергия системы микрокюветы и биологического объекта. Согласно показателям емкости и энергии системы для контрольных жидкостей и идеальных моделей околоплодных вод сделаны некоторые выводы: 1) при различных параметрах удельной электрической проводимости и относительной диэлектрической проницаемости для трех типов амниотической жидкости показатели для Воды №1 и №2 одинаковые, а для Воды №3 меньше в несколько раз; 2) показатели воздуха всегда при данных частотах меньше показателей воды; 3) показатели от частоты меняются в малой степени и в большей части между 1 МГц и 1 кГц или 100 кГц.

Данная работа внедрена на практике для разработки методики дополнительного метода отслеживания течения беременности и определения наилучших исходов родов.

Список литературы

1. Мельников Е.В., Малолеткина О.Л., Шилкина Е.В. Биохимические параметры околоплодных вод при дистрессе плода в родах. Журнал акушерства и женских болезней. 2016;Том LXV(5):33-40. DOI: 10.17816/JOWD65533-40.
2. Тактика ведения беременности при плацентарной недостаточности инфекционного генеза: пат.2 517 374 Рос. Федерация: МПК А 61 В 5/0444/ Макаров О.В., Волкова Е.В., Копылова Ю.В., Лысюк Е.Ю, Кибардин А.В.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество. - №2013114724/14; заявл. 02.04.2013; опубл. 27.05.2014.
3. Ренне В.Т. Электрические конденсаторы / В.Т. Ренне. – Ленинград: Энергия Ленинградское отделение, 1969. – 594 с.

УДК 615.47-027.31

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНЫХ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО МЕДИЦИНСКОГО УСТРОЙСТВА

В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Г.А. ПИСКУН

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники (г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Рассмотрены особенности проектирования медицинских устройств с учетом нормативных медико-технических требований и стандартов. Показана роль специалистов при разработке инновационного проекта средства медицинской электроники и последовательность действий при проектировании нового медицинского устройства. Описан процесс контроля конструкции медицинского устройства, а также процесс водопадного проектирования, верификации и валидации медицинского устройства. Дана оценка процедуре политики управления рисками.

Ключевые слова: средства медицинской электроники, медицинское устройство, формализация, проектирование, инжиниринг, дизайн, требования к конструкции и рабочим параметрам, водопадное проектирование, медико-технические требования.

FEATURES OF DESIGN TASKS IN THE PROCESS OF CREATING AN INNOVATIVE MEDICAL DEVICE

VIKTOR F. ALEXEEV, GENNADY A. PISKUN

*Educational Institution «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics»
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. The features of the design of medical devices, taking into account the regulatory medical and technical requirements and standards, are considered. The role of specialists in the development of an innovative project of medical electronics and the sequence of actions in the design of a new medical device is shown. The process of control of the design of a medical device, as well as the process of waterfall design, verification and validation of a medical device are described. An assessment was given to the risk management policy procedure.

Keywords: medical electronics, medical device, formalization, design, engineering, design, construction and performance requirements, waterfall design, medical and technical requirements.

Введение

Создание средств медицинской электроники (СМЭ, медицинского устройства), является одной из важнейших задач в процессе многоэтапного проектирования, что повышает ценность самого проекта и одновременно захватывает прибыльную долю рынка. Формализация задач в данном направлении весьма трудоемка. Связано это прежде всего с тем, что здравоохранение является жизненно важным сегментом и соответственно включает в себя сложные процедуры. Кроме того, проектирование должно быть проведено в соответствии с нормативными медико-техническими требованиями здравоохранения, спецификациями решения и должно предоставлять функциональные возможности, удовлетворяющие потребности конечных пользователей. Следовательно, необходимо осуществлять целостный подход к разработке медицинского устройства, чтобы работа над проектом не превратилась в изолированную часть полного процесса. Это требует точности на каждом этапе – от идеи продукта до соответствия требованиям, проектирования, тестирования и маркетинга продукта [1–5].

Теоретический анализ

Проектирование и разработка средств медицинской электроники – это значительно больше, чем просто концептуализация решения и разработка прототипа. Проектное (в том числе и дизайнерское) решение является наиболее важным этапом для успешного продвижения медицинского устройства на рынке. СМЭ с нечетким определением и дизайном не может соответствовать нормативным требованиям и выйти на рынок. Даже если оно пройдет соответствие медико-техническим требованиям, то не сможет обеспечить определенные преимущества в соответствии с потребностями рынка.

От разработчиков необходимы значительные усилия, чтобы предоставить правильное решение для здравоохранения, отвечающее требованиям клиентов. Правильное решение для здравоохранения предполагает, что все специалисты, участвующие в разработке медицинского устройства (рис.1):

- должны четко понимать область применения в соответствии с потребностями конечного пользователя;
- совместными усилиями всей команды соблюдать спецификацию требований, установленных из определения самого медицинского устройства;
- снижать риски и придерживаться максимально возможного качества.



Рис. 1. Последовательность действий при проектировании нового медицинского устройства

Как и в других отраслях, инновации в области медицинских технологий начинаются с анализа и определения рынка, потребности которого не используются или не удовлетворяются, или существует более эффективный способ удовлетворения этих конкретных потребностей. Этими потребностями может быть все, что обеспечивает решение, такое как новый или лучший способ мониторинга здоровья, улучшенные решения для оказания медицинской помощи, устройства или технологии для обеспечения более эффективного управления или все, что поддерживает здоровье и жизнь человека.

В идеале создание идеи и концепции продукта начинается со следующих шагов:

Шаг 1. Определение потребности

Выявление потребности в спросе – это первичный шаг для создания предложения по медицинскому оборудованию, помимо готовности к соответствию медико-техническим требованиям. Успех этого во многом зависит от двух вещей:

1. Разрыв между потребностью целевого рынка и тем, что разработчик медицинских технологий воспринимает как потребность; чем меньше разрыв, тем лучше исходные данные для определения продукта

2. Точное определение продукта, полученное путем анализа потребностей рынка. Определение продукта медицинского устройства связано с определением дизайна и желаемой производительности с учетом конкретной потребности.

Шаг 2. Классификация устройств

Классификация медицинских устройств основана на риске, связанном с использованием, и обеспечивается законом. Кроме того, необходимо найти любую ранее существовавшую интеллектуальную собственность (ИС) на предложенную идею (или аналогичную) поскольку нарушение ИС может фактически запретить использовать предложенный механизм или технологию.

Для проведения полного этапа исследования крайне важна сильная команда разработчиков. Это может стать проблемой, если у команды недостаточно опыта. В любом случае, всегда можно обратиться к команде, имеющей опыт разработки подобных СМЭ, консультанту или компании за помощью в разработке медицинских устройств.

Любой из вариантов предполагает, что команда должна быть экспертами в следующих областях:

- инжиниринг и дизайн;
- человеческий фактор и юзабилити-инжиниринг;
- клинические и научные знания медицинской промышленности;
- нормативно-правовые вопросы и обеспечение качества;
- Закон об интеллектуальной собственности.

Шаг 3. Переход к этапу исследовательских работ и проектирования

Следующим шагом является передача идеи в фазу научно-исследовательских работ и проектирования. Этот этап состоит из начального проектирования, прототипирования, внесения правок в проект и редизайна, основанного на итерациях.

После того, как вы успешно завершите этап концептуализации и проектирования продукта, можно перейти к согласованию проекта в соответствующих службах надзора и коммерциализации.

Чтобы попасть на рынок, медицинское изделие должно пройти проверку на нормативные медико-технические требования, соответствующие как республиканским, так и международным стандартам. Стандарты на медицинские устройства обеспечиваются законом при определении и оценке требований к конструкции, и рабочим параметрам биомедицинских материалов, инструментов и оборудования.

Эти стандарты медицинского оборудования позволяют учреждениям в области медицинского оборудования, таким как производители продуктов, лаборатории и другие, проверять и оценивать такое оборудование и устройства для обеспечения стандартного качества и удобства использования.

Производители медицинских устройств должны следовать рекомендациям по контролю дизайна, поскольку регулирующие органы хотят убедиться, что медицинские устройства безопасны для потенциальных пользователей, прежде чем производители начнут продавать устройства.

Процесс контроля конструкции медицинского устройства

Начальным этапом, с которого начинается контроль над проектом, является разработка и утверждение исходных данных для проектирования, которые состоят из проектирования устройства и производственных процессов, которые должны выполняться на этапе производства.

Контроль проектирования представляет собой целостный подход и не заканчивается передачей проекта на этап производства после того, как проект будет завершен. Это также влияет на производственные процессы в соответствии с изменениями на этапе проектирования или даже обратной связью после производства. Это непрерывный процесс разработки

продукта, который можно использовать для пользователя, и, следовательно, для улучшенного продукта. Он учитывает революционные изменения в модели использования, а также анализирует неудачные продукты.

На рис.2 показано, как можно выполнить контроль над проектом в процессе водопадного проектирования.

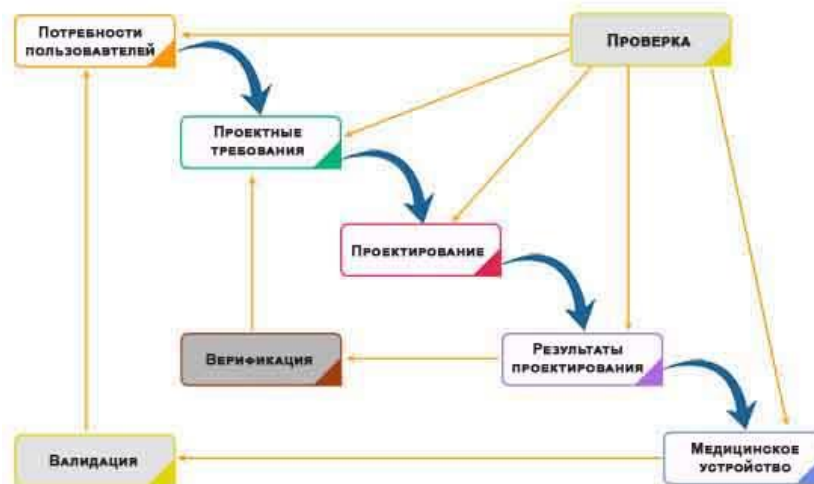


Рис. 2. Процесс водопадного проектирования нового медицинского устройства

Шаг 1. Потребности пользователя

Требования определяются с учетом потребностей рынка, и устройство предназначено для удовлетворения этих потребностей. После серии доработок конструкция медицинского изделия дорабатывается и передается в серийное производство. На каждом этапе этого процесса необходима обратная связь.

Шаг 2. Ввод проекта

Это итеративный процесс. Когда организация решает удовлетворить конкретную потребность, она анализирует и проверяет приемлемость проектных данных, полученных в результате этой потребности. В этот момент начинается итеративный процесс преобразования требований в конструкцию устройства.

Шаг 3. Процесс проектирования

Проектные входные данные преобразуются в проектные выходные данные путем преобразования этих требований в высокоуровневые спецификации (которые являются проектными выходными данными).

Шаг 4. Результат проектирования

Процесс проверки подтверждает, удовлетворяют ли спецификации требованиям или нет. Выходные данные становятся входными данными для пересмотра требований, и этот процесс продолжается до тех пор, пока выходные данные проекта не будут согласованы с входными данными проекта. Данный процесс есть процесс проектирования с обратной связью.

Шаг 5. Медицинское устройство

После того, как окончательный вариант готов, он передается на производство для массового производства.

Тестирование – проверка и валидация

Каждое медицинское устройство должно соответствовать требованиям по функциональности, удобству использования и надежности, чтобы занять успешную долю на рынке. Помимо этого, конечные пользователи также обращают внимание на эффективность и безопасность устройств, которые они используют для решения конкретной проблемы и(или) условия критические для жизни пациента. Вот почему повторяющиеся испытания с проверкой и валидацией этих медицинских устройств становятся обязательными (рис. 3).

Проверка и валидация медицинских устройств в процессе проектирования направлены на то, чтобы гарантировать, что устройство соответствует потребностям целевых пользователей и обеспечивает предполагаемое решение. Это также помогает убедиться, что:

- все медико-технические требования удовлетворены или нет;
- соблюдать нормативные требования, а также разрабатывать продукты и производственные процессы высочайшего качества.

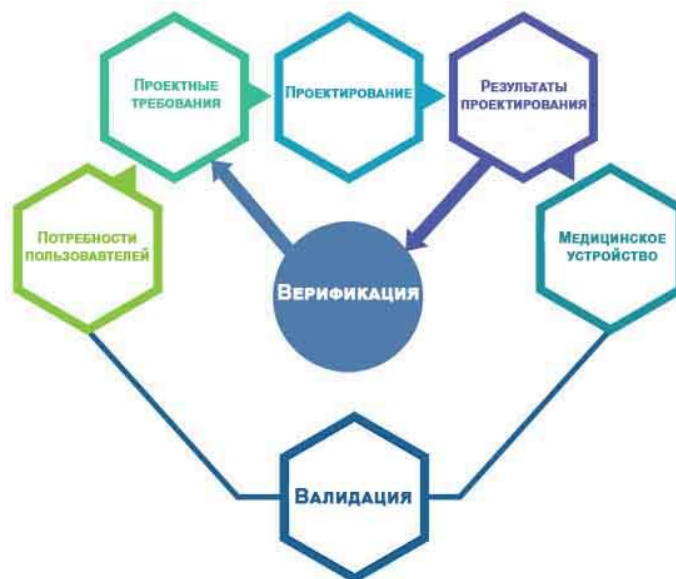


Рис. 3. Процесс верификации и валидации медицинского устройства

Верификация является внутренней по отношению к внутреннему процессу, который оценивает соответствие выходных данных проекта указанным медико-техническим требованиям, спецификациям или нормам, определенным во входных данных проекта. Принимая во внимание, что проверка является внутренней для внешнего процесса, который оценивает, приносит ли ваш продукт пользу, в соответствии с потребностями целевых пользователей или нет.

Медицинские устройства могут состоять из различных технологических решений различного уровня сложности. Деятельность по проверке и валидации регулируется нормативной средой и должна соответствовать международным стандартам. Стандартизированные действия могут упростить производственный процесс, а также улучшить процесс утверждения. Автоматизированное тестирование, методы диагностики и средства сбора данных могут улучшить процесс верификации и верификации.

Четко определенная стратегия тестирования может помочь оптимизировать затраты, а также период тестирования, чтобы вовремя подготовить продукт для рынка.

Сложность любой стратегии тестирования зависит от используемых технологий и целевых показателей рынка.

Процедуры управления рисками

Процедуры управления рисками для медицинских устройств применяются в соответствии с международно-признанным стандартом соответствия ISO 14971:2019 «Медицинские устройства – Применение управления рисками к медицинским устройствам», а также Межгосударственным стандартом ГОСТ ISO 14971:2021 «Изделия медицинские – Применение менеджмента риска к медицинским изделиям». Настоящие стандарты рекомендуют рассматривать как основу для осуществляемого изготовителем результативного менеджмента всех рисков, связанных с применением медицинских изделий. Содержащиеся в стандартах требования составляют систему, в рамках которой практический опыт, интуицию и расчет используют для менеджмента рисков.

Политика управления рисками (рис. 4) должна быть включена на всех этапах проектирования и разработки медицинских устройств, а также должна быть связана с аспектами контроля конструкции.

Учитывая сложность конструкции медицинского устройства, целенаправленные методы управления рисками помогают обеспечить удобство использования, безопасность и

соответствие нормативным требованиям. Это процесс выявления, контроля и предотвращения отказов, которые могут представлять опасность для пользователей. Он также требует выявления сопутствующих рисков. При достижении недопустимого уровня риска уведомляет разработчиков о снижении хотя бы до приемлемого уровня.



Рис. 4. Этапы процесса управления рисками

На рис. 4 показаны все этапы процесса управления рисками. Процесс начинается с выявления опасностей, а затем измеряется связанный с ними риск на основе последствий опасностей и их возможности риска.

Если выявленный уровень риска превышает установленные критерии, то его необходимо снизить. Уровень риска зависит от многих параметров, таких как устройство, технологии или даже политика приемлемости рисков компании.

Перед завершением проекта рекомендуется провести анализ опасностей, чтобы получить представление о стандартных опасностях, связанных с устройством. Анализ основных опасностей может быть легко выполнен путем рассмотрения основных компонентов и эксплуатационных требований, таких как сырье и отходы, аппаратное обеспечение, системы мониторинга и управления, интерфейсы и услуги «человек-устройство»; а затем выявление связанных с этим потенциальных опасностей.

Существуют определенные опасности, которые необходимо оценить:

- сырье и отходы: токсичность, воспламеняемость и реакционная способность материала;
- факторы окружающей среды: чувствительность к температуре и влажности и др.;
- механические или электронные опасности;
- интерфейс пользовательского устройства: опасности, связанные с человеческим фактором, такие как неэффективная доставка, введение лекарств, неверная или неполная информация, контроль операций по поддержанию жизни.

Когда выявлено несколько опасностей, они могут быть расставлены по приоритетам в соответствии с серьезностью, связанной с ними. Часто бывает так, что информации для выявления опасностей недостаточно. В таких случаях можно рассмотреть аналогичные устройства и их историю для целей идентификации.

На этапе разработки прототипа необходимо провести подробный анализ опасностей и рисков. Существует два подхода к анализу опасностей: подходы «сверху вниз» и «снизу вверх»:

- анализ опасности работоспособности и анализ последствий режима отказа представляют собой методы анализа с подходом «снизу вверх». Данный анализ идеально

подходит для комплексного проектирования, включающего многоступенчатые процессы. Хотя анализ последствий режима идеален для устройств, состоящих из нескольких механических компонентов, он отнимает много времени.

– анализ дерева отказов – это подход «сверху вниз» по выявлению нежелательных выходных данных верхнего уровня путем анализа комбинации и серии событий более низкого уровня.

Заключение

Каждое рыночное медицинское устройство требует глубокого участия, учитывая сложности, связанные с требованиями, моделями использования, пользовательским опытом, правилами, связанным итеративным процессом, технологиями, материалами и многим другим.

Чтобы не отставать от конкурентов или сократить время выхода на рынок, вам может понадобиться помощь опытных консультантов по разработке медицинских устройств или поставщиков услуг.

Список литературы

1. The Impact of ESD on Microcontrollers / G. A. Piskun [et al.] ; edited by PhD, Associate professor V. F. Alexeev. - Minsk : Kolorgrad, 2018. - 184 p.
2. Модели прогнозирования надежности интегральных схем с учетом воздействия электростатического разряда / В.Ф. Алексеев [и др.] // Slovak international scientific journal. – 2018. – Vol. 1, N 24. – Pp. 47–62.
3. Моделирование джоулевого нагрева в среде COMSOL Multiphysics / В. Ф. Алексеев и др. // Доклады БГУИР. - 2018. - № 7 (117). - С. 90 - 95.
4. Алексеев, В. Ф. Численное моделирование тепловых процессов электронных модулей на базе моделей, созданных в Altium Designer и SolidWorks / В.Ф. Алексеев, А.А. Константинов // Danish Scientific Journal. – 2018. – Vol.1, No 19. – Pp. 16–30.
5. Пискун, Г. А. Способы защиты радиоэлектронных устройств от воздействия электростатических разрядов: обзор современного состояния и перспективы развития в приборостроении / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. Л. Житников // Стандартизация. – 2017. – № 5. – С. 54 – 59.

УДК 615.838:615.327:628.1.036

АКТИВНЫЕ СПЕЦИФИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ БЕЛОРУССКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Э.С. КАШИЦКИЙ¹, Т.В. КАРАВАЙ², Т.В. КРИПИНЕВИЧ³

¹*Институт физиологии НАН Беларуси (Минск, Республика Беларусь)*

²*Белорусский государственный университет (Минск, Республика Беларусь)*

³*УЗ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Проведено исследование содержания некоторых специфических компонентов (ионы кремния, брома, фтора) в минеральных водах Республики Беларусь. При их бальнеологической оценке определено биологическое и лечебное действие, определяющее способ их применения (внутреннее или наружное). Минеральные воды с биологически активными специфическими компонентами используются на территории Республики Беларусь для лечебных, лечебно-профилактических и реабилитационно-оздоровительных целей в санаториях.

Ключевые слова: минеральная вода с особыми свойствами, кремний, бром, фтор.

ACTIVE SPECIFIC COMPONENTS OF BELARUSIAN MINERAL WATERS

E.S. KASHITSKY¹, T.V. KARAVAY², T.V. KRIPINEVICH³

¹*Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Republic of Belarus)*

²*Belarusian State University (Minsk, Republic of Belarus)*

³*Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (Minsk, Republic of Belarus)*

Annotation. A study was made of the content of some specific components (silicon, bromine, fluorine ions) in the mineral waters of the Republic of Belarus. During their balneological assessment, the biological and therapeutic effect was determined, which determines the method of their application (internal or external). Mineral waters with biologically active specific components are used on the territory of the Republic of Belarus for medical, preventive and rehabilitation purposes in sanatoriums.

Key words: mineral water with special properties, silicon, bromine, fluorine.

Введение

Важная роль в оздоровлении, реабилитации и санаторно-курортном лечении принадлежит природным минеральным водам. Питьевое использование этих вод широко распространено в домашних условиях, в больницах и санаториях, а также организован розлив минеральной воды в тару. Розлив и реализация минеральных вод Беларуси составляет внутренний рынок отечественных вод с его экономикой и экономическими проблемами, одной из которых является конкурентная коллизия с зарубежной продукцией. Установлено, что на территории Беларуси только четыре (без специфических компонентов и свойств, бромные и йодо-бромные, радоновые и высокогумусовые) из двенадцати известных типов минеральных вод используются санаторно-курортными и лечебно-оздоровительными комплексами Республики. Ресурсная база питьевых и бальнеотерапевтических вод удовлетворяет потребности санаторно-курортной инфраструктуры Беларуси и многочисленных предприятий по розливу столовых и лечебно-столовых вод [1, 2]. Белорусский рынок столовых и лечебно-столовых вод в настоящее время представлен отечественными минеральными водами преимущественно хлоридного состава (по типу «Минская-4», «Вярская», «Миргородская» и др.) на 90% и на 5-10% – сульфатными (кальциевыми и натриевыми) по типу «Расветовская», «Ашхабадская» и др. Известно, что качество питьевой воды определяется требованиями национальных стандартов (ГОСТов) и нормативных документов: СТБ 2436-2016 «Воды

минеральные лечебно-столовые»; ТКП 17.04-20-2010 «Охрана окружающей среды и природопользования. Недра. Правила разработки и охраны месторождений подземных минеральных лечебных вод»; ТКП 17.04-20-2010 «Охрана окружающей среды и природопользования. Недра. Правила выбора и освоения источников питьевых подземных вод, предназначенных для бутилирования, и оборудования для их добычи»; СТБ 880-2016 «Воды минеральные природные лечебно-столовые. Общие технические условия»; Санитарные правила и нормы «Гигиенические требования к питьевой воде, расфасованной в емкости»; ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» [3]. Целебные свойства минеральных вод в первую очередь определяются наличием шести основных ионов, к которым относятся анионы – хлориды Cl^- , сульфаты SO_4^{2-} , гидрокарбонаты HCO_3^- , а также катионы – натрий Na^+ , кальций Ca^{2+} и магний Mg^{2+} . При бальнеологической оценке минеральной воды учитывается биологическое и лечебное действие преобладающих катионов и анионов [4, 5].

Основная часть

Целью работы явилась оценка содержания некоторых специфических компонентов в минеральных водах (ионы кремния, брома, фтора) Беларуси.

Ионы кремния Si участвуют в регуляции важнейших физиологических процессов организма. Минералу присущи антисептические свойства посредством образования электрически заряженных коллоидных систем, связывающих болезнетворные бактерии и вирусы. На нормальную микрофлору кишечника – молочнокислые бактерии, кишечные палочки – коллоидные растворы кремния не действуют, тем самым происходит поддержание микробного баланса желудочно-кишечного тракта. Кроме того, кремний положительно влияет на синтез белков, нормализует проницаемость клеток и их эластичность. Наличие кремния в сосудах препятствует проникновению холестерина в плазму и отложению липидов на стенках сосудов. Потребление вод, содержащих кремний, ускоряет обмен веществ, укрепляет иммунитет, способствует снижению уровня глюкозы и холестерина. Нарушение кремниевого обмена у детей ведет к анемии, остеопении, выпадению волос, болезням суставов, диабету, гепатиту, дерматиту, рожистым воспалениям кожи, камням в печени и почках – и все это на фоне дисбактериоза [6]. Кремнистые воды маломинерализованные, щелочной реакции, содержат кремний в перерасчете на метакремниевую кислоту свыше 25 мг/дм^3 . Показаны к применению кремнистых вод заболевания сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, гинекологические, кожные, некоторые эндокринные заболевания.

Выявлено содержание кремния в реализуемых водах Беларуси: Филиал «Санаторий «Радон» ОАО «Белагроздравница» - в скважинах № 1-Р - $24,84 \text{ мг/дм}^3$, № 2-Р - $19,74 \text{ мг/дм}^3$, № 3-Р - $26,34 \text{ мг/дм}^3$, № 4-Р - $24,7 \text{ мг/дм}^3$; Филиал ОАО «Гомсельмаш» «Санаторий «Машиностроитель» - скв. 1 - $14,0 \text{ мг/дм}^3$; «Санаторий «Пралеска» ОАО «Амкодор-Белвар» - скв. № 4 - $13,99 \text{ мг/дм}^3$; СООО «Завод «Вкус лета» - «Минералита плюс» - скв. № 53680/09 - $12,19 \text{ мг/дм}^3$; ГП «Беларусьторг» - «Боровая» - скв. № 149-з - $12,07 \text{ мг/дм}^3$; 13 № 1МБ - $1,5 \text{ мг/дм}^3$; УП «Ушачский овощесушильный завод» «Вечелье» - скв. № Лп-14 - $11,15 \text{ мг/дм}^3$; Филиал «Гомельские тепловые сети» «Санаторий «Василек» - скв. № 1 - $10,95 \text{ мг/дм}^3$; № 2 - $10,05 \text{ мг/дм}^3$; ДУП «Санаторий «Летцы» «Летчанская» - скв. № 6 - $10,54 \text{ мг/дм}^3$; ОАО «Поставский молочный завод» - скв. № 216/02.16 - $9,68 \text{ мг/дм}^3$; СООО «Малиновщизненский спиртоводочный завод» «Аквадив» - скв. № Мл-4 - $9,20 \text{ мг/дм}^3$; ЗАО «Минский завод безалкогольных напитков» «Минская-4» - скв. № 4 - $8,96 \text{ мг/дм}^3$; № 3 - $7,08 \text{ мг/дм}^3$; № 7 - $7,89 \text{ мг/дм}^3$; «Санаторий им. К.П. Орловского» - скв. №2 - $8,88 \text{ мг/дм}^3$; №1 - $4,01 \text{ мг/дм}^3$; ГУ «Санаторий «Юность» - скв. № 0189/2017 - $8,5 \text{ мг/дм}^3$; ГУ «Республиканский санаторий «Березина» для ветеранов войны, труда и инвалидов» - скв. № 1 - $8,82 \text{ мг/дм}^3$; Филиал «Оздоровительный центр «Алеся» ОАО «Газпромтрансгаз Беларусь» - скв. № 1/02 - $8,33 \text{ мг/дм}^3$; УЗ «Ветковская центральная районная больница» - скв. № 2 - $8,32 \text{ мг/дм}^3$; «Санаторий «Сосны» ОАО «Могилевхимволокно» - скв. №1 - $7,9 \text{ мг/дм}^3$; №2 - $3,45 \text{ мг/дм}^3$; КУП «Детский реабилитационно-оздоровительный центр «Жемчужина» - скв. № 127/03.11 - $6,28 \text{ мг/дм}^3$; ДУП «Санаторий «Неман-72» - скв. № 15 - $7,9 \text{ мг/дм}^3$; ДУП «Детский санаторий «Свислочь» - скв. № 2-РК - $7,20 \text{ мг/дм}^3$; № 3-РК - $3,74 \text{ мг/дм}^3$;

ДУП «Санаторий «Приднепровский» - скв. № 2-Р - 5,24 мг/дм³; Филиал «Детский санаторий «Случь» ОАО «Белагроздравница» - скв. № 3-СЛ - 5,01 мг/дм³.

Ионы брома (Br⁻) оказывают регулирующее влияние на деятельность центральной нервной системы, усиливая процессы торможения, активируют ферменты пепсин, липазу, амилазу, регулируя деятельность щитовидной железы. Основное терапевтическое действие минеральных вод, содержащих ионы брома, обусловлено избирательным стимулирующим влиянием на тормозные процессы в нейронах коры головного мозга [7]. Именно с действием йода и брома связывают эффективность применения йодобромных вод при атеросклерозе, тиреотоксикозе, дисфункции яичников, более выражено их седативное, нормализующее нервные процессы действие. Показаны к применению бромных вод: заболевания сердечно-сосудистой, центральной и периферической нервной систем, опорно-двигательного аппарата, женских половых органов и кожи, болезни обмена веществ.

Определено содержание брома в минеральных водах Беларуси «Санаторий «Сосны» ОАО «Могилевхимволокно» Скв. №1- 78,45 мг/дм³; №2 -11,9 мг/дм³; Филиал «Гомельские тепловые сети» «Санаторий «Василек» Скв. № 2 - 66,6 мг/дм³, № 1 - 1,99 мг/дм³; Санаторий РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» «Гомельская 3» Скв. № 3 33,6; «Санаторий «Дубровенка» Могилевской дистанции водоснабжения и санитарно-технического устройства - скв. № 1 - 65,25 мг/дм³; УЗ «Ветковская центральная районная больница» - скв. № 3 - 61,6 мг/дм³; Филиал «Детский санаторий «Случь» ОАО «Белагроздравница» - скв. № 1- СЛ - 58,08 мг/дм³; «Санаторий им. К.П. Орловского» Скв. № 1 - 42,2 мг/дм³; ДУП «Детский санаторий «Свислочь» - скв. № 2-РК - 40,49 мг/дм³; № 3-РК -; 3,73 мг/дм³; ДУП «Санаторий имени В.И. Ленина» - скв. № 3/71 - 39,56 мг/дм³; № 1/61 33,17 мг/дм³; № 2/61 - 5,46 мг/дм³; КУП «Детский реабилитационно-оздоровительный центр «Жемчужина» - скв. № 127/03.11 - 27,31 мг/дм³; РСК УП «Санаторий «Белая Русь» - скв. № ПС-107 - 18,38 мг/дм³; ГУ «Республиканский санаторий «Березина» для ветеранов войны, труда и инвалидов» - скв. № 1 - 15,45 мг/дм³; «Санаторий «Лесное» КГБ РБ Скв. № 22/06 - 10,92 мг/дм³; ДУП «Санаторий «Приднепровский» - скв. № 4-Р - 7,59 мг/дм³; Филиал ОАО «Гомсельмаш» «Санаторий «Машиностроитель» -скв. № 1 - 6,4 мг/дм³; ЗАО «Минский завод безалкогольных напитков» «Минская-4» - скв. № 3 - 5,99 мг/дм³; № 4 - 6,93 мг/дм³; № 5 - 4,33 мг/дм³; № 7 - 3,30 мг/дм³; ГУ «Санаторий «Юность» - скв. № 0189/2017 - 4,52 мг/дм³; ДУП «Санаторий «Летцы» «Летчанская» - скв. № 6 - 3,46 мг/дм³.

Фтор (F⁻) – активный биоэлемент, обладающий высоким сродством к твердым тканям благодаря своей способности вступать в химическую связь с фосфатами кальция. Радикалы ОН и СО₂ апатитов костей и зубов могут замещаться фтором, при этом образуются фторапатиты – соединения, более устойчивые к действию физических и химических факторов. Этот галоген является биокатализатором процесса минерализации в костях. Он ускоряет репаративные процессы при переломах костей. В раннем возрасте фтор необходим для лучшей и своевременной минерализации зубов и костей. В старческом возрасте нужен для сохранения минерализации костей и предупреждения сенильного остеопороза. Ионы фтора стабилизируют кость, предупреждают вымывание из нее кальция и отложение его в аорте. Потребность организма человека во фторе составляет 0,03 мг/кг массы тела для взрослого и 0,15–0,1 мг/кг для детей [8].

Содержание фтора определено в следующих минеральных водах Беларуси: ДУП «Санаторий «Нарочь» - скв. № 1 - 29,04 мг/дм³; № 4 -25,8 мг/дм³; УП «Санаторий «Криница» - скв. № 2/69 - 4,05 мг/дм³; УЗ «Ветковская центральная районная больница» - скв. № 3 - 3,75 мг/дм³; СООО «Малиновщизненский спиртоводочный завод» «Аквадив» - скв. № Мл-4 - 3,51 мг/дм³; Санаторий «Подбельники» Узденского р-на «Подбельницкая» - скв. № 1 - 2,89 мг/дм³; Санаторий «Белорусочка» пос. Ждановичи Минского р-на «Белорусочка» - скв. № 1 - 2,5 мг/дм³; Филиал «Детский санаторий «Случь» ОАО «Белагроздравница» - скв. №3 - 2,49 мг/дм³; ЗАО «Минский завод безалкогольных напитков» «Минская-4» - скв. № 3 - 2,35 мг/дм³; № 4- 2,28 мг/дм³; № 5 - 2,5 мг/дм³; ДРОЦ «Сидельники» «Полесская» - скв. №2 - 1,9 мг/дм³; Филиал «Санаторий «Радон» ОАО «Белагроздравница» - скв. № 2-Р - 1,71 мг/дм³; ГУ «Санаторий «Юность» - скв. № 0189/2017 - 1,57 мг/дм³; Могилевский пивзавод ПО «Могилевпищепром» «Аквасельтерская» - 1,5 мг/дм³; Бобруйский пивзавод «Бобруйская» -скв. №1 и скв. № 2 - 1,5 мг/дм³; Могилевский завод напитков «Могилевская» - 1,5 мг/дм³.

Заключение

Таким образом, проведено исследование содержания некоторых специфических компонентов (ионы кремния, брома, фтора) в минеральных водах Республики Беларусь. При их бальнеологической оценке определено биологическое и лечебное действия. Природные минеральные воды в зависимости от ионного состава, уровня минерализации, содержания основных действующих компонентов, бальнеологической формулы рекомендованы (показаны): - для наружного использования по рекомендации врача в виде ванн, в бассейне, гидромассажа, гинекологических и стоматологических орошений, дозированного вытяжения позвоночника вне фазы обострения при болезнях органов кровообращения, дыхания и пищеварения, нервной системы, опорно-двигательного аппарата, гинекологических, урологических заболеваниях и нарушениях обмена веществ; - для использования в виде питья в качестве столового напитка не систематически и по рекомендации врача вне фазы обострения при: хронических заболеваниях пищевода, желудка и кишечника, почек и мочевыделительной системы, нарушениях обмена веществ, эндокринных и неврологических заболеваниях. Минеральные воды с биологически активными специфическими компонентами используются на территории Республики Беларусь для лечебных, лечебно-профилактических и реабилитационно-оздоровительных целей в санаториях. Таким образом, широкое и разностороннее использование минеральных вод существенно расширяет возможности и экономическую эффективность лечебных и реабилитационно-оздоровительных мероприятий.

Список литературы

1. Курорты и здравницы Беларуси Справочное издание / Ю.М. Досин, Л.В. Ловчая, И.И. Пирожник [и др.]; под ред. Ю.М. Досина, И.И. Пирожника. – Минск: Белорусская Энциклопедия им. Петруся Бровки, 2008. – 344 с.
2. Гудак, С.П. Характеристика и применение минеральных вод Беларуси / С. П. Гудак, Э. С Кашицкий // Здоровоохранение. Минск, 2002. – № 5. – С. 9-11.
3. ГОСТ Р 54316-2011 Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2011. – 45 с.
4. Аношко, Я.И. Минерально-сырьевые ресурсы в народнохозяйственном комплексе Республики Беларусь / Я.И. Аношко, А.В. Унукович, В.В. Варакса // Белор. эконом.журнал. – 2010.–№4.–С.133–142.
5. Кудельский, А.В. Гидрогеология и минеральные воды Беларуси / А.В. Кудельский. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 285 с.
6. Семенова, Н.А. Кремний элемент жизни. Экология и медицина / Н.А. Семенова, А.П. Холопов, В.А. Шашель, Н.А. Чаплыгина, Н.Г. Морозов. – СПб.: «Издательство «ДИЛЯ»», 2011. 448 с.
7. Филатов, Д.Г. Бромные подземные минеральные воды: генезис и бальнеологические свойства // Вестник ВГУ, серия: Геология. – 2012. – № 2. – С. 229-235.
8. Райцес В.С. Нейрофизиологические основы действия микроэлементов.– М., 1981.–152с.

УДК 556.314(476)

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ И РЕКРЕАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ УШАЧСКОЙ КУРОРТНОЙ ЗОНЫ

В.Н. ГРИНКЕВИЧ¹, В.И. ПАШКЕВИЧ², Т.В. КАРАВАЙ³,
Д.Э. КАШИЦКИЙ⁴, В.В. МИРЕНКОВ¹, Э.С. КАШИЦКИЙ⁵

¹Санаторий «Лесные озера», Витебская область

²Институт природопользования НАН Беларуси

³Белорусский государственный университет

⁴5-ая городская клиническая больница

⁵Институт физиологии НАН Беларуси

(Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Проведены обследование гидрогеологических условий формирования и оценка геоэкологического состояния родников санатория «Лесные озера», расположенного в Ушачской курортной зоне. Установлено наличие специфических биологически активных компонентов в разных источниках, что позволяет дать рекомендации по их дифференцированному использованию в комплексе реабилитационно-оздоровительных технологий в здравнице.

Ключевые слова: Ушачская курортная зона, родники Барковщины.

MINERAL AND RECREATIONAL FEATURES OF THE USHACH RESORT ZONE

V.N. GRINKEVICH¹, V.I. PASHKEVICH², T.V. CARAVAY³, D.E. KASHITSKY⁴, V.V.
MIRENKOV¹, E.S. KASHITSKIY⁵

¹Sanatorium "Forest Lakes", Vitebsk region

²Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus

³Belarusian State University

⁴5th City Clinical Hospital

⁵Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus,

(Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. A survey of the hydrogeological conditions of formation was carried out, as well as an assessment of the geoecological state of the springs of the sanatorium "Forest Lakes", located in the Ushachi resort area. The presence of specific biologically active components in different sources has been established, which allows us to give recommendations on their differentiated use in the complex of rehabilitation and health-improving technologies in the health resort.

Keywords: Ushachi resort area, springs of Barkovshchina.

Введение

Ушачско-Лепельская территория характеризуется разнообразием наземных и водных экосистем. На территории Ушачского района Витебской области в старинной курортной зоне Барковщины в сосновом бору находится санаторий «Лесные Озера». На его территории находятся два озёра (Должина и Барковщина), питающихся из шести лечебных родников. Для отнесения родников республики к статусу памятников природы необходимо рассмотреть, в первую очередь, геоэкологическое состояние родника и важное рекреационно-оздоровительное значение объекта [1]. При этом особое внимание требуется обратить на то, что значимость ряда предлагаемых факторов прямо или опосредовано зависит от качества их вод.

Цель исследования – оценка гидрогеологических условий формирования и геоэкологического состояния родников санатория «Лесные озера» (Витебская область).

Методы: Обследование и оценка геоэкологического состояния родниковых источников (область водного питания родниковых источников и характер проводимой на ней хозяйственной деятельности, способной повлиять на качество подземных вод, питающих родники) выполнялось в соответствии с существующими методическими рекомендациями [2, 3]. Опробование родников включало измерение температуры воды, измерение их дебита и отбор проб воды на химический и микробиологический анализы.

Результаты и обсуждение

Ушачская озёрная группа, насчитывающая более 60 крупных и мелких озёр, является одной из крупнейших в Беларуси. Эти озёра, сохранившие свою естественную чистоту, а также соединяющие их реки и протоки являются важными элементами уникального природного ландшафта с преобладанием соснового леса. Богатые и водные ресурсы озёр и рек региона дополняются огромными запасами гидроминеральных ресурсов пресных и минеральных подземных вод. История их использования насчитывает несколько столетий. В 1524 году на картах Великого Княжества Литовского отмечены знаменитые «Барковщинские целебные воды» и река Ушача.

Санаторий «Лесные озера» расположен вблизи озёр Барковщина, Должина и Вечелье, которые входят в состав Ушачской озёрной группы. Регион обладает уникальными по объёму и качеству ресурсами поверхностных, а также пресных и минеральных подземных вод. Они являются важнейшими компонентами его бальнеологического потенциала.

В южной части Ушачской конечно-моренной возвышенности вблизи ее границы с Чашникской водноледниковой низменностью находится санаторий «Лесные озера», относящихся к геоморфологической области Белорусской провинции Поозерья [4]. В пределах геоморфологического района Ушачской возвышенности покровная толща, формирующая современный рельеф, представлена в основном моренными и конечно-моренными отложениями поозерского возраста (*g,gtIIIpз*). Это преимущественно моренные сулинки и супеси с прослоями и линзами песчаных и песчано-гравийных пород. В разрезе конечно-моренных отложений (*gtIIIpз*), залегающих с поверхности на наиболее возвышенных участках, количество песчаных прослоев особенно велико. В толще этих прослоев создается невыдержанный по простиранию первый от поверхности безнапорный водоносный горизонт грунтовых вод. Формирование родниковых выходов обеспечивается здесь эрозийным врезом, роль которого играет озерная котловина, в борту которой эти обводненные прослои выходят на поверхность и питают родники. Выше по склону от родниковых выходов располагается область их питания (точнее область питания подземных вод, формирующих родниковые выходы).

На территории санатория «Лесные озера» имеется две группы хорошо каптированных родниковых источников. Первая группа (источники №№ 1, 2, 3, 4) находятся в борту котловины озера Барковщина, вторая, включающая два источника (№№ 5 и 6) – в борту котловины озера Должина (фактически на территории санатория). По данным химических анализов этих вод определены следующие гидрохимические типы: *Барковщинская-1*: природная столовая минеральная вода гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-магниевая слабощелочная с повышенным содержанием железа слабощелочной реакции; *Барковщинская-2*: природная столовая минеральная вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая слабощелочная с повышенным содержанием железа слабощелочной реакции; *Барковщинская-3*: природная столовая минеральная вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая с повышенным содержанием кремния слабощелочной реакции; *Барковщинская-4*: природная столовая минеральная вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая слабощелочной реакции; *Должицкая-5*: природная столовая минеральная вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая с повышенным содержанием сульфатов слабощелочной реакции; *Должицкая-6*: природная столовая минеральная вода гидрокарбонатная кальциево-магниевая с повышенным содержанием сульфатов нейтральной реакции.

Родники «Барковщина» объявлены гидрогеологическим памятником природы местного значения решением Ушачского районного исполнительного комитета №263 от 11 апреля 2011 г.

Заключение

Сравнительная характеристика вод санатория «Лесные озера» свидетельствует о содержании специфических биологически активных компонентов в разных источниках, что позволяет дать рекомендации по их дифференцированному использованию в комплексе реабилитационно-оздоровительных технологий в здравнице.

Установлено благоприятное физиологическое действие биологически активных специфических компонентов [5-7]. Источники № 1 и 2 могут быть рекомендованы при анемиях, источники №№ 1,2 и 3 – для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения, опорно-двигательного аппарата, мочевыделительной системы [5-7].

В целом родниковые источники могут быть охарактеризованы как имеющие достаточно хорошее геоэкологическое состояние. В воде источников отсутствует такой характерный компонент антропогенного загрязнения, как нитраты (NO_3^-). По всем изученным микробиологическим показателям (ОМЧ при 37°C, ОКБ, ТКБ) воды также соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам, установленным для питьевых вод.

Наличие специфических компонентов подчеркивает уникальность родниковых вод санатория «Лесные озера» и обосновывает перспективность их использования как для оздоровления и санаторного лечения, так и для широкого промышленного розлива.

Список литературы:

1. Пашкевич В.И., Пашкевич Н.Н., Каравай Т.В., Кашицкий Э.С. Ультрапресные подземные воды Беларуси и перспективы их использования // *Новости медико-биологических наук*. – Т. 21, № 1, 2021. – с.103-106.
2. Кузовлев В.В. Методические рекомендации по изучению и охране родников Тверской области. – Тверь: ТГТУ, 2008, 23 с.
3. Справочное руководство гидрогеолога. Под ред. Максимова В.М. – Л.: «Недра», 1967. Том 1, 592 с.
4. Геамарфалагічная карта Беларусі // *Нацыянальны атлас Беларусі*. Мінск, Белкартаграфія, 2005. Т.3. С.
5. Вологовская А.В., Кашицкий Э.С., Крипиневиц Т.В., Каравай Т.В., Попова Н.В., Ясюченя Р.Н. Минеральные воды Беларуси с биологически активными специфическими компонентами // *Новости медико-биологических наук* – Т.20, №4. -2020. – С. 158-168.
6. Кашицкий Э.С., В.И. Пашкевич, Т.В. Каравай, М.А. Дмитренко, В.З. Дашкевич. Основные направления использования ультрапресных подземных вод Беларуси // *Сборник тезисов докладов VI Международного Водного Форума «Родники Беларуси», 3-4- июня 2021 г. : тез. докл. / РУП «ЦНИИКИВР»: редкол.: А.Д. Гриб [и др.]. – Минск, 2021. – С. 128-131.*
7. Матюхин В.А. Экологическая физиология человека и восстановительная медицина / В.А. Матюхин, А.Н. Разумов; под ред. И.Н. Денисова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2009. – 424 с.

УДК 004.4

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВОТОКА АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА ЧЕЛОВЕКА

И.И. КУДРЕНОК, В.А. ШУТОВИЧ, М.В. ДАВИДОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В работе выполнено имитационное моделирование кровотока аортального клапана человека при патологиях. Были визуализированы такие результаты как: скорость, давление. Исходя из полученных результатов, установлено, что при прохождении кровотока на участке аортального клапана наблюдается изменение скорости и давления. Из чего сделаны выводы о необходимости замены клапана.

Ключевые слова: аорта, клапан, аортальная недостаточность.

SIMULATION MODELING OF HUMAN AORTIC VALVE BLOOD FLOW

ILYA.I. KUDRENOK, VICTOR.A. SHUTOVICH, MAXIM.V. DAVIDOV

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. In this work we performed simulation modeling of the blood flow of the human aortic valve under pathologies. Such results as: velocity, pressure were visualized. Based on the results, it was found that when the blood flow in the area of the aortic valve, there is a change in velocity and pressure. From what the conclusions about the necessity of the valve replacement were made.

Keywords: aorta, valve, aortic insufficiency.

Введение

Аортальный клапан находится на границе левого желудочка сердца и аорты – самой крупной артерии тела. Аортальный клапан состоит из трех плотно прилегающих, треугольных лоскутов ткани, которые называются створки (см. рис. 1). Эти створки крепятся к аорте через так называемое кольцо. Сердечные клапаны открываются только в одну сторону. Створки аортального клапана могут открываться только в левый желудочек и кровь выбрасывается в аорту. Когда кровь прошла через клапан и левый желудочек расслабился, створки закрываются, чтобы кровь, которая только что прошла в аорту не забрасывалась в левый желудочек.[1]

Недостаточность аортального клапана является одним из видов приобретенных пороков сердца. На данный период времени клапанные пороки составляют 25% от всех заболеваний сердца. При недостаточности происходит неполное открытие или закрытие клапана, что приводит к обратному току крови из аорты в левый желудочек.

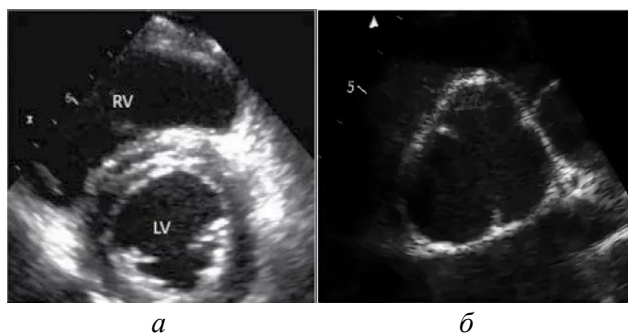


Рис. 1. Аортальный клапан: а – открытый; б - закрытый

Аортальная недостаточность характерна для пациентов любого возраста. Бывают случаи когда дети рождаются с 2-створчатый аортальным клапаном, что делает их больными с рождения, часто заболевание выявляется при присоединении грозного осложнения - инфекционного эндокардита или расслоения аорты. [2]

Степени порока по количеству регургитируемой крови:

- I степень — объем забрасываемой обратно крови не превышает 15 %;
- II степень — количество крови колеблется в диапазоне от 15 % до 30 %;
- III степень — объём крови составляет до 50 % от сердечного выброса;
- IV степень — в желудочек возвращается более половины от всей крови.

Методика проведения моделирования

Для более наглядного понимания было выполнено моделирование аорты с патологиями аортального клапана с использованием программного комплекса SolidWorks. Аорта подразделяется на 3 составные части: восходящая часть, дуга аорты и нисходящая часть. [3]

Построение клапана рассмотрим на модели закрытого клапана при стенозе. Так как аортальный клапан находится под корнем аорты, диаметр которого 30 см. То в первую очередь создаём эскиз окружности с радиусом 15 см и через операцию «Вытянутая бобышка/основание» вытягиваем эскиз (см. рис. 2). На одной из граней создадим эскиз патологии (см. рисунок 3). Далее с помощью операции «Вытянутый вырез» вырезаем наш эскиз (см. рис. 4).

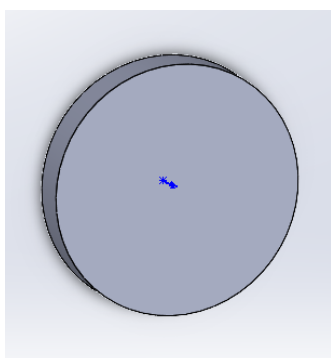


Рис. 2. Вытянутый эскиз

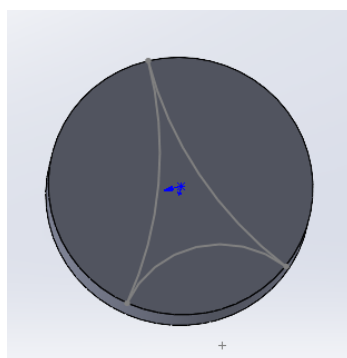


Рис. 3. Эскиз патологии

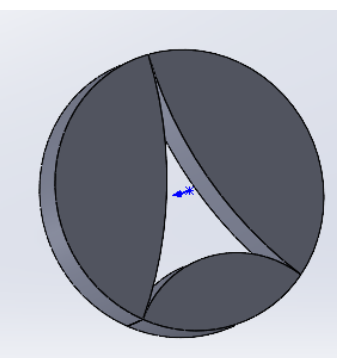


Рис. 4. Модель закрытого аортального клапана при стенозе

По таким же шагам создаём модель открытого клапана, закрытого клапана и открытого клапана при стенозе (см. рис. 5).

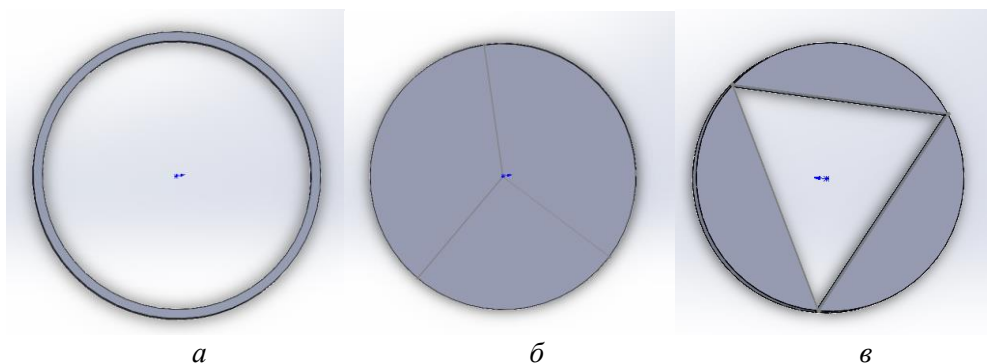


Рис. 5. Модель клапана: а - открытого; б - закрытого; в - открытого клапана при стенозе

Для моделирования кровотока необходимо построить модель аорты с левым желудочком (см. рис. 6).

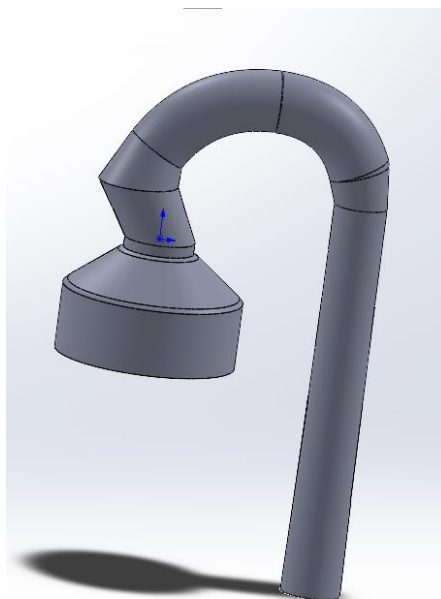


Рис. 6. Модель аорты с левым желудочком

Начальные условия при настройке FlowSimulation: массовый расход на входе 10kg/s, статическое давление при запуске 101325 Pa. Для запуска визуализации моделирования потока крови необходимо выбрать тип жидкости и задать её параметры (см. рис. 7).

Свойство	Значение
Имя	Кровь
Комментарии	
Плотность	1050 kg/m ³
Динамическая вязкость	0.003 Pa*s
Удельная теплоемкость (Cp)	3900 J/(kg*K)
Коэффициент теплопроводности	0.58 W/(m*K)
Эффект кавитации	<input type="checkbox"/>
Радиационные свойства	<input type="checkbox"/>

Рис. 7. Основные параметры крови

Результаты и их обсуждение

Исходя из полученных результатов, установлено, что при прохождении кровотока на участке аортального клапана наблюдается изменение скорости и давления. При клапане с закрытым стенозом скорость и давление кровотока после прохождения через клапан будут уменьшаться. При открытом стенозе – давление уменьшается, а скорость – увеличивается.

В программе построены графики, отражающие зависимости давления крови от поперечного диаметра аортального клапана (см. рис. 8 - 9).

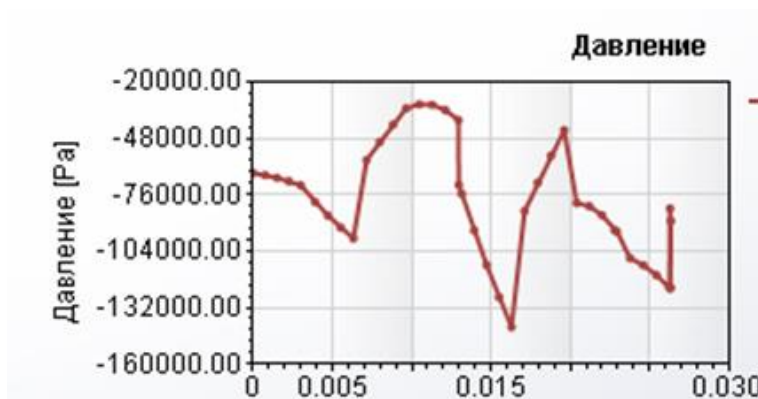


Рис. 8. График изменения давления кровотока в аорте при открытом стенозе клапана

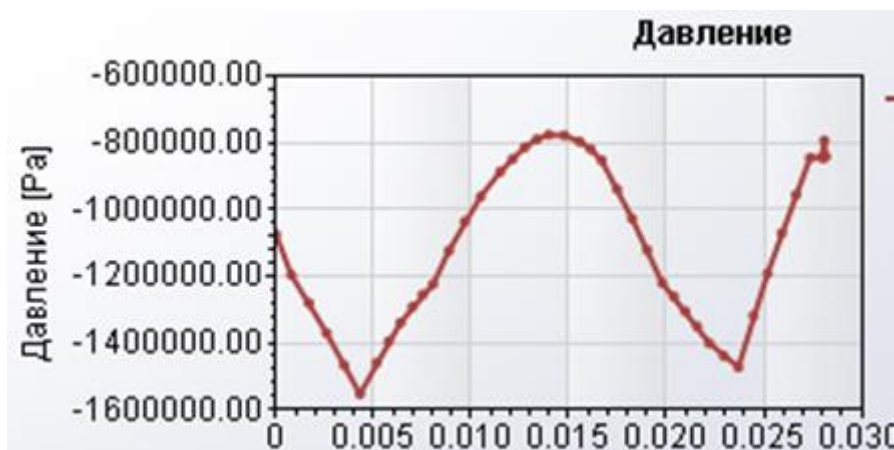


Рис. 9. График изменения давления кровотока в аорте при закрытом стенозе клапана

Исходя из полученных результатов, установлено, что на стенках аортального клапана наблюдается изменение давления по мере вхождения клапана в аорту. Мгновенное значение давления на границе клапана и аорты при патологиях приблизительно равны. Это может говорить о том, что наблюдается обратный ток крови.

Из-за неполного смыкания створок клапана происходит регургитация крови из аорты в желудочек во время систолы желудочков. Исходя из построенных моделей клапанов с патологиями можно определить по визуализированному кровотоку их степени порока исходя из регургитации. Наиболее отчетливая регургитация была показана при визуализации скорости кровотока. При построенной модели клапана с закрытым стенозом наблюдался объем регургитации крови почти 50 % от сердечного выброса, что соответствует III степени порока клапана. При построенной модели клапана с открытым стенозом наблюдался объем регургитации крови приблизительно 20 % от сердечного выброса, что соответствует II степени порока клапана.

При прохождении кровотока на участке аортального клапана наблюдается изменение скорости и давления. При клапане с закрытым стенозом скорость и давление кровотока после прохождения через клапан будут уменьшаться. При открытом стенозе – давление уменьшается, а скорость – увеличивается.

Наибольшее давление при прохождении кровотока в обоих случаях наблюдалось при прохождении дуги аорты.

Заключение

Предложенная имитационная модель позволяет произвести соответствующую оценку давления и скорости при прохождении кровотока в аорте в норме и при различных патологиях клапана. Полученная модель может быть персонализирована на основе данных УЗИ сердца. Полученные данные могут быть использованы при принятии решения о необходимости протезирования клапана сердца при аортальной недостаточности во избежание регургитации и обеспечению стабильной жизнедеятельности человека. В качестве протеза клапана рекомендуется использовать трехстворчатый механический протез.

Список литературы

1. Аортальный клапан [Электронный ресурс]. – Электронные данные – Режим доступа: cardiokurort.ru.
2. Аортальная недостаточность сердца [Электронный ресурс]. — Режим доступа: med-practic.com
3. Аорта, части аорты. Артерии и вены сердца [Электронный ресурс].

УДК [004.42-027.45]:61

НАДЁЖНОСТЬ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

С.М. БОРОВИКОВ, С.К. ДИК, С.С. ДИК

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники (Минск, Республика Беларусь)»*

Аннотация. В работе обсуждаются общие вопросы обеспечения эксплуатационной надёжности электронных систем медицинского назначения. На основе анализа работ в открытой печати установлено, что в качестве основной характеристики безошибочности выполнения прикладной компьютерной программой своих функций в электронной системе медицинского назначения можно рассматривать вероятность того, что компьютерная программа правильно выполнит обработку одного произвольного набора исходных данных из числа наборов, которые могут поступать при выполнении электронной системой лечебных и/или диагностических процедур. Рассматриваются подходы к обеспечению эксплуатационной надёжности прикладных компьютерных программ, которые планируются к разработке для использования в составе таких электронных систем. Показано, как может быть спрогнозирована эксплуатационная интенсивность отказов компьютерной программы до начала процесса её разработки и описана применяемая для достижения этой цели математическая модель надёжности компьютерной программы. Приводятся рекомендации по выбору метрик, рассматриваемых в качестве поправочных коэффициентов для интенсивности отказов компьютерной программы.

Ключевые слова: электронная система медицинского назначения, прикладная компьютерная программа, эксплуатационная надёжность, модель надёжности компьютерной программы.

RELIABILITY OF APPLIED COMPUTER PROGRAMS AS A FACTOR OF THE EFFECTIVE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN MEDICINE

SERGEI M. BOROVIKOV, SERGEI.K DICK, SERGELS. DICK

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. The paper discusses general issues of ensuring the operational reliability of electronic medical systems. Based on the analysis of works in the open press, it has been established that, as the main characteristic of the error-free performance of an application computer program of its functions in an electronic medical system, one can consider the probability that the computer program will correctly process one arbitrary set of initial data from among the sets that can come with performing medical and/or diagnostic procedures by the electronic system. Approaches to ensuring the operational reliability of applied computer programs that are planned to be developed for use as part of such electronic systems are considered. It is shown how the operational failure rate of a computer program can be predicted before the start of its development process, and the mathematical model of computer program reliability used to achieve this goal is described. Recommendations are given on the choice of metrics considered as correction factors for the failure rate of a computer program.

Keywords: medical electronic system, applied computer program, operational reliability, computer program reliability model.

Введение

В электронных системах медицинского назначения, использующих компьютерную технику и достижения информационных технологий, можно выделить три основные составляющие части:

- электронное лечебно-диагностическое оборудование, включающее встроенную и/или автономную компьютерную технику;
- программное обеспечение, включающее совокупность системных и прикладных компьютерных программ;
- технический персонал, обслуживающий оборудование, включая компьютерную технику, и медицинский персонал, использующий оборудование совместно с компьютерной техникой для выполнения диагностических и/или лечебных процедур.

При оценке ожидаемой надёжности проектируемых компьютерных систем медицинского назначения важно учесть надёжность трёх её составных функциональных частей. Тенденция перехода в Республике Беларусь на импорт замещение предполагает создание отечественных компьютерных систем медицинского назначения. Возникает вопрос о проектной надёжности таких компьютерных систем.

В самом общем виде структурная схема надёжности (ССН) компьютерной системы медицинского назначения имеет вид, показанный на рис. 1. Эта схема является моделью надёжности системы. Если хотя бы одна из частей системы неработоспособна, то при переходе от точки *a* к точке *b* на схеме отсутствует замкнутый путь. Это означает, что отказ любой из указанных частей приводит к отказу системы в целом, что символизируется разрывом цепи на ССН компьютерной системы. Функциональные части системы на схеме обозначены прямоугольниками, в которые записан примерный вклад соответствующей функциональной части в ненадёжность компьютерной системы.

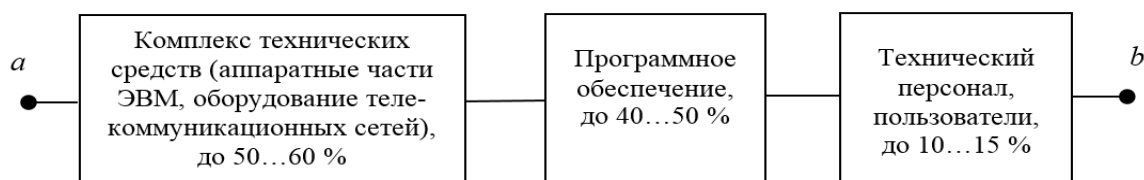


Рис. 1. Структурная схема надёжности компьютерной системы медицинского назначения

Этапы проведения исследования

На основе анализа установлено, что к настоящему времени методы оценки надёжности комплекса технических средств достаточно хорошо разработаны. Для ознакомления с подходами и методиками, которые могут быть использованы для расчёта надёжности аппаратных частей компьютерной техники и лечебно-диагностического оборудования, можно обратиться к зарубежному источнику [1], российскому справочнику [2] или отечественной работе [3]. Достигнут определённый уровень в разработке подходов к оценке надёжности технического персонала и пользователей (в нашем случае медицинских работников) при их взаимодействии с комплексом технических средств и программным обеспечением системы медицинского назначения. С методологией и описанием этих подходов можно ознакомиться в зарубежной [4] или российской [5] литературе.

Используемое для компьютерной техники системное программное обеспечение разработано ведущими мировыми IT-компаниями, обладает достаточно высоким уровнем надёжности и экономически его целесообразно заимствовать (покупать). Прикладные компьютерные программы являются объектно-ориентированными и должны разрабатываться отечественными IT-специалистами.

Возможные отказы разрабатываемых прикладных компьютерных программ объясняются следующим. Из-за многофункциональности и специфики решения медицинских задач объём компьютерных программ оказывается очень большим (десятки тысяч и более строк программного кода). На этапе тестирования не удаётся в проектные сроки проверить правильность работы всех ветвей и возможных трасс обработки входных данных с учётом большой степени их изменчивости. При тестировании и отладки прикладных компьютерных программ выявляются наиболее критичные ошибки с точки зрения выполнения программами своих функций. По этой причине в компьютерной программе, прошедшей тестирование,

остаются скрытые ошибки. И в зависимости от характера исходной информации и трасс обработки данных эти скрытые ошибки могут себя проявить. Уместно привести пример: компьютерную программу, выполняющую функцию оперативной системы Windows, тестировали 100 программистов в течение трёх лет. И тем не менее, по оценке специалистов в ней имеется примерно 200 скрытых ошибок. При использовании компьютера по его функциональному назначению эти скрытые ошибки иногда себя проявляют, что вызывает необходимость перезагрузки операционной системы. Проявление ошибки (отказ) в прикладной компьютерной программе в нашем случае приведёт к срыву выполнения лечебно-диагностической процедуры и может вызвать дополнительных проблемы для пациента.

Большинство моделей надёжности компьютерных программ (оценочные и измерительные) исходят из того, что имеются определённые данные о результатах тестирования разработанной компьютерной программы после устранения в ней ошибок, вызванных нарушениями правил языка программирования [6]. Прогнозирующие модели надёжности, такие как модель Холстеда и Мотли-Брукса основаны на экспертной оценке характеристик создаваемой компьютерной программы: размер, количество операторов, количество и типы переменных (операндов), характеристики интерфейсов и др. [7]. Эти модели позволяют спрогнозировать ожидаемый уровень надёжности планируемых к разработке компьютерных программ. Однако на практике в большинстве случаев возникает проблема с определением характеристик будущей прикладной компьютерной программы. Обычно перед разработкой программного средства для компьютерной системы медицинского назначения удаётся относительно чётко указать функциональное назначение и область применения программного средства, а также спрогнозировать примерный объём его прикладной компьютерной программы в строках программного кода. Важным является вопрос, как оценить надёжность прикладной компьютерной программы в таких случаях. Решение этого вопроса рассматривалось в работе [8].

Результаты и их обсуждение

Установлено, что в качестве основной характеристики безошибочности выполнения прикладной компьютерной программой своих функций можно рассматривать вероятность того, что компьютерная программа правильно (безошибочно) выполнит обработку одного произвольного набора исходных данных из числа наборов, которые могут поступать в условиях функционирования компьютерной программы в составе электронной системы медицинского назначения. Эту вероятность p_1 согласно [7] определяют по экспоненциальной функции:

$$p_1 = \exp(-\lambda_{\text{экс}} \cdot t_1), \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{экс}}$ – эксплуатационная интенсивность отказов компьютерной программы; t_1 – среднее время обработки компьютерной программой одного набора исходных данных.

Вероятность p_1 , рассчитываемая по формуле (1), отражает число оставшихся в компьютерной программе скрытых ошибок и их размещение в структуре программы, изменчивость реального потока наборов исходных данных на входе компьютерной программы и нагрузку на компьютерную программу со стороны эксплуатационной среды (загрузка и выгрузка программы из памяти, нахождение операций ввода-вывода в очереди, наличие состояний ожидания и т.д.).

Уточнив интенсивность обращения к компьютерной программе, т. е. среднее число сеансов («прогонов») программы за один час η (1/ч) в процессе функционирования компьютерной системы медицинского назначения, можно определить вероятность того, что оставшиеся дефекты в компьютерной программе не проявятся в течение заданного календарного времени τ :

$$P(\tau) = (p_1)^{\eta \cdot \tau}. \quad (2)$$

Если значение вероятности $P(\tau)$, полученное по выражению (2), не отвечает требованиям заказчика, то как выход из положения, следует предпринять меры по увеличению вероятности p_1 , определяемой по формуле (1), путём уменьшения интенсивности отказов $\lambda_{\text{экс}}$ компьютерной программы за счёт её дополнительного тестирования.

В работе [8] показано, что эксплуатационная интенсивность отказов компьютерной программы $\lambda_{\text{экс}}$ может быть спрогнозирована до начала процесса её разработки. Модель для прогнозирования $\lambda_{\text{экс}}$ имеет вид

$$\lambda_{\text{экс}} = \frac{60}{Q} \cdot \frac{R_{\text{пик}}}{B} K_{\Sigma} \cdot A \cdot D \cdot K_{\text{слож}} \cdot K_{\text{С.Р}} \cdot K_{\text{нов}} \cdot K_{\text{мод}} \cdot L \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}, \quad (3)$$

где Q – коэффициентом эффективности тестирования компьютерной программы; $R_{\text{пик}}$ – пиковое быстродействие процессора, указываемое производителем в технической документации, размерность: операций в секунду; B – прогнозируемое число команд (операторов) в компьютерной программе; K_{Σ} – суммарный коэффициент увеличения интенсивности отказов, обусловленный совместным действием изменчивости входных данных и рабочей нагрузки на компьютерную программу; A – средняя или базовая плотность ошибок для компьютерных программ, используемых в данной отрасли, области применения; D – метрика (коэффициент), учитывающая производственную среду разработки программного обеспечения: особенность организации, разрабатывающей компьютерную программу, характеристику группы программистов, их квалификацию; S_i – метрики, учитывающие характеристики планируемой к разработке компьютерной программы: $K_{\text{слож}}$ – коэффициент, учитывающий категорию сложности компьютерной программы; $K_{\text{С.Р}}$ – коэффициент, учитывающий используемые средства разработки компьютерной программы; $K_{\text{нов}}$ – коэффициент, учитывающий степень новизны компьютерной программы; $K_{\text{мод}}$ – коэффициент, характеризующий степень использования стандартных модулей в компьютерной программе; L – объем компьютерной программы в исполняемых строках программного кода.

В табл. 1 указываются значения и/или диапазоны изменения коэффициентов K_{Σ} , A , D , $K_{\text{слож}}$, $K_{\text{С.Р}}$, $K_{\text{нов}}$, $K_{\text{мод}}$, Q модели (3) и литературные источники выбора их конкретных значений.

Таблица 1. Выбор значений коэффициентов

Коэффициент	Значение (диапазон)	Литературный источник
K_{Σ}	8,83	[8]
A	0,0087 ошибка/строка кода	[8]
D	0,35...4,0	[8–10]
$K_{\text{слож}}$	1,0...1,47	[9–11]
$K_{\text{С.Р}}$	0,19...1,0	[8, 10, 11]
$K_{\text{нов}}$	0,63...1,58	[10, 11]
$K_{\text{мод}}$	0,55...1,0	[8, 9–11]
Q	Выбирается с учётом обеспечения эксплуатационной интенсивности отказов компьютерной программы	[12]

В табл. 1 для коэффициентов K_{Σ} и A , согласно [8], указаны средние значения.

Заключение

Использование в составе электронных систем медицинского назначения прикладных компьютерных программ высокого уровня надёжности является важным фактором эффективного использования информационных технологий при выполнении лечебно-диагностических процедур. Описанный в работе подход даёт приближенные результаты ожидаемой надёжности разрабатываемой прикладной компьютерной программы для электронной системы медицинского назначения. Однако даже такой ориентировочный расчёт полезен, так как позволяет получить представление о надёжности медицинской компьютерной системы на раннем этапе её разработки и при необходимости определить организационно-технические мероприятия по обеспечению требуемой надёжности системы.

Список литературы

1. Denson W.K. Reliability Prediction Models. Notice 1: HDBK-217Plus™. 2nd ed. Washington: Quanterion Solutions Incorporated; 2015.
2. Прытков С.Ф., Горбачева В.М., Мартынова М.Н., Петров Г.А. Надёжность электрорадиоизделий, 2006: справочник. Москва: ФГУП «22 ЦНИИИ МО РФ»; 2008.
3. Боровиков С.М., Шнейдеров Е. Н., Матюшков В. Е., Цырельчук И.Н. Разработка методики прогнозирования надёжности электронных устройств для системы АРИОН. Доклады БГУИР. 2011; 4 (58): С. 93-100.
4. Hollnagel, E. Human Reliability Analysis: Context and Control. London: Academic Press; 1993.
5. Бодров В.А., Орлов В.Я. Психология и надёжность: человек в системах управления техникой. Москва: Изд-во «Институт психологии РАН»; 1998.
6. Лю М.Р. Справочник по надёжности программного обеспечения. Нью-Йорк: McGraw-Hill; 1996.
7. Шубинский И. Б. Функциональная надёжность информационных систем. Методы анализа. Москва: «Журнал Надёжность»; 2012.
8. Боровиков С.М., Казючиц В.О., Хорошко В.В., Дик С.С., Клинов К.И. Оценка ожидаемой надёжности прикладных программных средств для компьютерных информационных систем. Информатика. 2021; 1: С. 84-95. DOI
9. Боровиков С.М., Дик С.С., Лэ Ван Там, Клинов К.И. Возможный подход к оценке надёжности разрабатываемых программных средств на ранних этапах проектирования информационно-компьютерных систем. Globus: технические науки – от теории к практике: сборник научных публикаций. 2020;.
10. Боровиков С.М., Дик С.С. Метод оценки ожидаемой надёжности прикладных компьютерных программ систем медицинской электроники. Доклады БГУИР. 2018; 7(117): С. 112–117.
11. Боровиков С.М., Дик С.С., Лэ Ван Там, Клинов К.И. Модель прогнозирования надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ. Интернаука. 2020; 12(141). Ч. 1: С. 68-72.
12. Боровиков С.М., Казючиц В.О., Дик С.К., Дик С.С. Методика обеспечения эксплуатационной надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ для информационных систем. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня, Минск, 11-12 мая 2022 года. Минск: БГУИР; 2022: С. 162-173.

УДК 615.275

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТОГЕНОВ ПРИ ЖЕНСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА

О.Л. БОГДАНОВИЧ¹, Н.А. ОГРЕНИЧ², Д.Э. КАШИЦКИЙ³, Е.В. РОЗАРЁНОВА⁴

¹ЧТУП «Универсальные технологии здоровья», Минск, Беларусь

²Барановичский родильный дом, Барановичи, Беларусь.

³5-ая городская клиническая больница, Минск, Беларусь.

⁴Дочернее унитарное предприятие «Санаторий «Нарочанка», Минская обл.,
Мядельский р-н, курортный поселок Нарочь, Беларусь.

Аннотация. Рассмотрено применение природных адаптогенов в гинекологии в сочетании с комплексной терапией.

Ключевые слова: адаптогены, гинекология.

THE USE OF ADAPTOGENS IN FEMALE INFLAMMATORY DISEASES OF THE PELVIC ORGANS

O.L. BOGDANOVICH¹, N.A. OGRENICH², D.E. KASHITSKIY³, E.V. ROZARENOVA⁴

¹ChTUP "Universal Health Technologies", Minsk, Belarus.

²Baranovichi Maternity Hospital, Baranovichi, Belarus.

³5th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus.

⁴Subsidiary unitary enterprise "Sanatorium "Narochanka", Minsk region, Myadelsky district,
resort village of Naroch Belarus.

Abstract. The use of natural adaptogens in gynecology in combination with complex therapy is considered.

Keywords: adaptogens, gynecology.

Введение

Актуальность проблемы воспалительных заболеваний женских половых органов определяется их высокой частотой и склонностью к длительному течению. Воспалительные процессы матки и ее придатков наряду с патологией шейки матки занимают первое место в структуре гинекологических заболеваний.

Основным принципом лечения заболеваний матки и ее придатков должна являться терапия тех изменений в организме, которые способствуют возникновению патологического процесса и поддерживают длительное течение заболевания.

Используемые в настоящее время в гинекологии лекарственные препараты нередко оказывают побочное действие, а часть средств имеет определенные ограничения ввиду имеющихся противопоказаний к их применению. Медикаментозные методы терапии не всегда позволяют добиться полной реабилитации пациенток и предотвратить рецидивы воспалительного процесса. Это в определенной степени можно объяснить тем, что при заболеваниях матки и ее придатков в патологический процесс вовлекаются все звенья репродуктивной системы, нарушаются гемостаз и обмен веществ, что приводит к нарушению специфических функций женского организма.

В связи с этим тактика лечения предполагает более широкое использование средств, направленных на повышение собственных защитных сил организма, оказывающих действие на различные звенья патологического процесса, обеспечивающих комплексное воздействие на организм, позволяющих провести коррекцию имеющихся обменных, иммунологических сдвигов и устраняющих по возможности сопутствующие заболевания.

Основная часть

Адаптогены – фармакологическая группа препаратов природного или искусственного происхождения, предположительно способных повышать неспецифическую сопротивляемость организма к широкому спектру вредных воздействий физической, химической и биологической природы. Открытие Н.В. Лазаревым и его школой состояния неспецифически повышенной сопротивляемости (СНПС) одно из крупнейших в прошлом веке. Доказано, что организм в этом состоянии обладает повышенной резистентностью по отношению к различным повреждающим воздействиям, включая биологические факторы, вызывающие различные заболевания. Ввести организм в это состояние возможно, в частности, с помощью адаптогенов, причем наиболее эффективными оказались средства природного происхождения. Кроме неспецифического общетонизирующего действия на ЦНС, эти лекарственные вещества улучшают эндокринную регуляцию и обменные процессы, а также повышают адаптацию организма к неблагоприятным факторам.

Средства растительного и животного происхождения — это химически сложившиеся комплексы, которые родственны организму человека, так как они вместе и во взаимодействии совершали и совершают эволюцию основных процессов жизнеобеспечения клеток. К наиболее важным источникам адаптогенов, получившими широкое распространение, являются растения и животные Дальнего Востока и Сибири: женьшень, элеутерококк колючий, родиола розовая, лимонник китайский, аралия маньчжурская, заманиха великолепная, левзея сафлоровидная, панты и кровь алтайского марала (пантогематоген) и др., которые используются для дифференцированной иммунокоррекции, воздействия при гипофункции яичников.

Технология производства средства для микроклизм «Эндогем» позволяет сохранить весь комплекс биологически активных веществ исходной природной субстанции «пантогематоген» из донорской крови самки алтайского оленя, взятой у животного в период наивысшей биологической активности и переработанной по запатентованной технологии низкотемпературного обезвоживания и стерилизации. Присутствие множества макро- и микроэлементов, незаменимых аминокислот, пептидов, фосфолипидов, насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, высокой концентрации гормоноподобных веществ оказывает разностороннее действие на организм [4].

По данным исследований кафедры гинекологии Сибирского государственного медицинского университета включение микроклизм с пантогематогеном «Эндогем» в схему лечения сопровождается восстановлением количественных и качественных характеристик нейтрофильных гранулоцитов, выраженным повышением фагоцитарной активности клеток, усилением экспрессии С3b- и Fc γ -рецепторов и их аффинности, повышает концентрацию лизоцила в периферической крови, нормализует показатели системного и местного иммунитета, факторы неспецифической защиты.

Вторым активным веществом, входящим в состав средств «Эндогем», является сухой экстракт ортилии однобокой (СЭОО) или боровой матки. Ортилия однобокая (боровая матка) - *Orthilia secunda* L. (House) или рамишия однобокая – *Ramischia secunda* (L.) Garcke (*Pyrola secunda* L.), семейство вересковые - *Ericaceae* - многолетнее зимнезеленое растение с длинным разветвленным корневищем [1,3]. Показано, что СЭОО содержит комплекс биологически активных веществ, представленный флавоноидами, иридоидами, производными кумарина, фенологликозидами, тритерпеновыми сапонинами, аминокислотами, дубильными веществами [1,3]. Кроме того, установлено, что антиокислительная активность СЭОО равна 47,6 г/л [3].

Проведенные исследования [2] свидетельствуют, что испытанное новое лекарственное средство – сухой экстракт ортилии однобокой – оказывает выраженное противовоспалительное действие при экспериментальном повреждении маточных труб – остром сальпингите у кроликов.

Можно полагать, что молекулярно-клеточным механизмом, определяющим эффективность СЭОО в качестве средства для лечения воспалительных заболеваний, является его способность ингибировать процессы перекисного окисления липидов, обусловленная воздействием комплекса биологически активных веществ, содержащимся в испытуемом фитоэкстракте. Эти вещества оказывают опосредованное антиоксидантное действие, выражающееся в способности защищать от окислительной деструкции важнейшие эндогенные

антиоксиданты: аскорбиновую кислоту, адреналин, тиоловые соединения, способствуя усилению и пролонгированию их эффекта [2,4].

Полученные данные аргументируют целесообразность применения СЭОО в гинекологической практике в качестве противовоспалительного средства в комплексе с другими лечебно-профилактическими мероприятиями.

Средство для интимной гигиены серии «Эндогем» с пантогематогеном в комплексе СЭОО для женщин активизирует защитные силы организма, повышает устойчивость к инфекционным заболеваниям, оказывает выраженное противовоспалительное, обезболивающее, рассасывающее действие, улучшает кровообращение органов малого таза. Реальным резервом оптимизации купирования воспалительного процесса является применение преформированных физических факторов с препаратами природного происхождения, действие которых не столь специфично, но более физиологично.

Адаптогены повышают сопротивляемость ко многим заболеваниям, усиливают обмен веществ в организме, стимулируют гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, способствуют процессам синтеза, улучшают транспорт кислорода к мышцам, к нервной системе, увеличивая образование эритроцитов и препятствуя действию гипоксических стрессов [5,6].

Каждый практикующий врач имеет определенные навыки применения адаптогенов и, если изначально наблюдать развитие терапевтического эффекта с учетом дозы препарата, то контролируемый и желаемый эффект наблюдается в подавляющем большинстве случаев. При назначении этих препаратов всегда учитываются не только возраст, общее состояние, сопутствующие заболевания, но и пол пациента. При составлении фитотерапевтических программ с адаптогенами женщинам детородного возраста ориентируются на фазу менструального цикла и гормональную активность организма. При супружеском бесплодии это порой имеет определенное значение. Так, по нашим наблюдениям, назначая адаптогены в первую фазу менструального цикла при бесплодии на фоне эндометриоза, в некоторых случаях отмечен отрицательный эффект. А именно, отсутствие роста доминирующего фолликула и овуляции; появление анэхогенных включений в яичниках; отсутствие нарастания эндометрия во вторую фазу менструального цикла.

Но при применении сборов с адаптогенами во вторую фазу менструального цикла у женщин с эндометриозом практически всегда наблюдали положительные эффекты.

В лечении супружеского бесплодия адаптогены в сборах или отдельно используем на всех этапах помощи как у мужчин, так и у женщин с учетом индивидуальности и фазы менструального цикла. Если причиной бесплодия является воспалительный процесс, на первом этапе супругам назначается противовоспалительное лечение и адаптогены. Мужчинам и женщинам в первую и вторую фазу назначаем сбор цельных трав «Антибактериально-противовоспалительный» (состав: лист березы, василек шероховатый, зверобой продырявленный, кора осины, тысячелистник обыкновенный, вереск обыкновенный, кладония лесная). Одновременно супруги применяли отвар подмора пчел и экстракт элеутерококка. В последующем при необходимости назначали адаптогены, но только во вторую фазу менструального цикла [3].

Такой тактики придерживаемся и при лечении мочеполовой инфекции у супругов, когда причиной бесплодия был эндометриоз или поликистоз яичников. Лишь после коррекции второй фазы в течение 4-6 менструальных циклов (с этой целью чаще использовали сбор цельных трав «Эндометриоз» - состав: манжетка, тысячелистник, лабазник, вереск, боровая матка, зимолобка зонтичная, василек луговой, спорыш) при отсутствии овуляции активируем первую фазу менструального цикла. Для этого женщины принимали с 4-5-го по 14-15-ый дни менструального цикла сбор цельных трав «Женский первой фазы» (состав: полынь обыкновенная, серпуха венценосная, спорыш, вероника длиннолистная, зверобой продырявленный, дербенник иволистный). В некоторых случаях к приему этого сбора добавляли боровую матку и отдельно настойку красной щетки или элеутерококка.

При гипоплазии матки, гипоменструальном синдроме и при отсутствии сопутствующего поликистоза яичников, воспалительного процесса в малом тазу и эндометриоза этот фитотерапевтический комплекс изначально назначали женщинам в первую фазу менструального цикла.

При мужском бесплодии на первом этапе проводили противовоспалительное лечение и применялся сбор цельных трав «Простато-аденоматозный» (состав: горец птичий, василёк шероховатый, кора осины, золотарник канадский, лист берёзы, эхинацея пурпурная, донник) одновременно назначали отвар подмора пчёл.

При лечении воспалительных заболеваний органов малого таза необходима комплексная терапия, включающая лечение сопутствующих заболеваний, нарушений функций всех звеньев нейроэндокринной системы, центральной и вегетативной нервной, сердечно-сосудистой, мочевыделительной, иммунной системы, гемостаза и обмена веществ.

Применение природных адаптогенов в гинекологии в сочетании с комплексной терапией успешно развивается в санаториях «Альфа-радон», «Радон», «Лётцы», «Нарочь», «Рассвет-Любань», «Спутник», «Нарочанка» и др.

Список литературы

1. <http://travnick-altay.com›borovaja-matka-ortilija-odnobokaja.html>. -Дата доступа: 26.11.11.
2. Ботоева, Е. А. Экспериментальная фармакотерапия повреждений матки и ее придатков сухим экстрактом ортилии однобокой: автореф. дисс. канд. мед. наук. / Е.А, Ботоева, -Улан-Удэ, 2003, -23 с.
3. Антиоксидантные и мембраностабилизирующие свойства сухого экстракта ортилии однобокой / С.А. Чукаев [и др.] // Человек и лекарство: мат. VIII Рос.нац.конгр.-М.,2001. – С.636.
4. Бураева Л.Б. Противовоспалительное действие сухого экстракта ортилии однобокой / Л.Б. Бураева, С.С. Ломбоева // Разработка и внедрение новых методов и средств традиционной медицины. - М. 2001. – Т.2. – С. 182-183.
5. Суховершин А.В. Перспективы лечебно-профилактического использования продуктов пантового оленеводства в санаторно-курортной практике. / Курортные ведомости, №3 (78), 2013. – С. 50-52.
6. Козлов В.И. Отчет «Изучение эффективности и безопасности применения пантовых ванн «О панто» для женщин в пременопаузальном, климактерическом и постменопаузальном периоде». Барнаул, 2019.

УДК 537.523

ГЕНЕРАЦИЯ АЭРОИОНОВ ПЛАЗМЕННЫМ ФАКЕЛОМ АРГОНА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Ю.В. ЗАПОРОЖЧЕНКО, А.В. АКСЮЧИЦ, Д.А. КОТОВ, А.Н. ОСИПОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)

Аннотация. Представлены результаты исследований условий генерации аэроионов и распределения их концентраций относительно плазменного факела, создаваемого системой формирования диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении. Измерения выполнялись при помощи прибора АИМ-1, который позволяет измерять концентрацию положительных и отрицательных аэроионов. Установлено пространственное распределение концентрации, в различных положениях относительно системы генерации, отрицательных и положительных аэроионов. Проведенные исследования, позволяют сделать вывод, что система генерации плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении позволяет генерировать отрицательных аэроионов для терапевтического применения в медицине.

Ключевые слова: положительные и отрицательные аэроионы, плазменный факел, плазма диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении.

RESEARCH OF AIR IONS DISTRIBUTION THAT GENERATED BY DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE PLASMA

YLIYA V. ZAPARAZHCHANKA, ALEXANDER V. AKSIUCHYTS, DMITRY A. KOTOV,
ANATOLY N. OSIPOV

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The results of research of conditions of generation of aerions and distribution of their concentrations relative to the plasma torch created by the dielectric barrier discharge system at atmospheric pressure are presented. Measurements were performed using the AIM-1 device, which allows to measure the concentration of positive and negative aeroions. The spatial distribution of the concentration, in different positions relative to the generation system, of negative and positive air ions has been established. The conducted studies allow us to conclude that the system for generating plasma of a dielectric barrier discharge at atmospheric pressure makes it possible to generate negative air ions for therapeutic use in medicine.

Keywords: positive and negative air ions, plasma torch, dielectric barrier discharge plasma at atmospheric pressure.

Введение

Чистота и физико-химический состав воздуха, которым мы дышим, во многом определяют продолжительность жизни человека. При развитии любого заболевания происходит нарушение обмена веществ в клетках организма, в результате чего уменьшается их отрицательный заряд. Для восстановления количества отрицательных аэроионов в воздушной среде до нормального используются различные системы генерации. В нашем исследовании источником отрицательных и положительных аэроионов является плазма, генерируемая в коаксиальной системе с диэлектрическим барьерным разрядом при атмосферном давлении. Нами было исследовано пространственное распределение концентрации отрицательных и положительных аэроионов в пространстве вокруг разрядной системы.

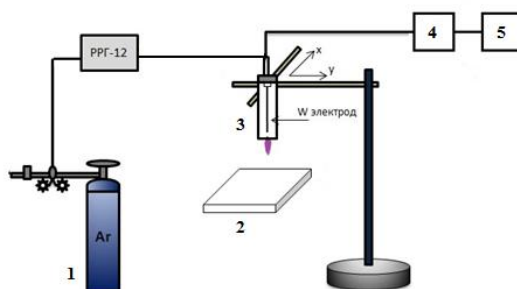
Методика проведения эксперимента

Аэроионы — это частицы атмосферного воздуха, несущие на себе положительный или отрицательный заряд и получаемые с помощью ионизаторов или другими способами.

Источником их образования являются космические или ультрафиолетовые лучи, атмосферные разряды, радиоактивность почвы и др. Среди аэроионов наибольшей химической активностью обладают следующие ионы: O_3^+ , O_2^- , CO^+ , NO_2 . В лечебной практике используют преимущественно отрицательно заряженные аэроионы. Недостаток легких отрицательных ионов угнетающе сказывается на окислительно-восстановительных процессах в организме человека, животных и растений, на поддержании процесса гомеостаза, на состоянии иммунной системы. Для восстановления количества отрицательных аэроионов в воздушной среде до нормального используются различные системы генерации. В нашем исследовании источником отрицательных и положительных аэроионов является плазма, получаемая в коаксиальной системе с диэлектрическим барьерным разрядом.

Под плазмой понимают квазинейтральную среду, содержащую положительно и отрицательно заряженные частицы. Это частично ионизованный газ (степень ионизации меньше 10^{-4} %), в котором концентрация заряженных частиц (электронов, положительных и отрицательных ионов), достаточная для обеспечения квазинейтральности, поддерживается за счет атомов и молекул газов, ускоряемых во внешнем электрическом поле. Холодная атмосферная плазма может быть получена путем ограничения количества высокоэнергетических электронов с использованием импульсной системы питания (порядка 30-200 кГц). Плазма созданная при атмосферном давлении производит химически активные частицы путем воздействия потока частично ионизированного газообразного аргона на молекулы кислорода, азота и других элементов и компонентов окружающего воздуха с образованием газообразных активных форм этих веществ, более того она обладает зарядом и генерирует потоки излучение в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах [1].

Для проведения исследований использовался экспериментальный стенд, который включает в себя газовую систему, разрядную систему и систему питания. Схема экспериментального комплекса представлена на рисунке 1. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон.



1 – баллон с газом–носителем аргоном (Ar); 2 – подложка;
3 – штатив; 4 – высоковольтный трансформатор;
5 – импульсный блок питания

Рис. 1. Внешний вид экспериментальной системы

При проведении исследований уровень ионизации воздушной среды определяли с помощью прибора АИМ-1, позволяющего одновременно измерять концентрацию положительных и отрицательных легких аэроионов. Диапазон измеряемых прибором концентраций легких аэроионов составляет $100 \dots 1,9 \cdot 10^3$ ион/см³. Для поддержания нормальной жизнедеятельности человеческого организма необходимо по СанПиН минимум 600 ионов/см³ отрицательных аэроионов [2].

В случае искусственной аэроионизации время жизни аэроиона составляет несколько секунд. Поскольку источник аэроионов локальный, то распределение аэроионов в пространстве особенно неоднородно и исследование концентрации аэроионов существенно зависит от выбора точки в пространстве, для которой проводятся измерения. В данном исследовании проверялись положения перед экспериментальным комплексом по схеме,

приведенной на рисунке 2. Расстояние между разрядной системой и полем измерений составило 10 см.

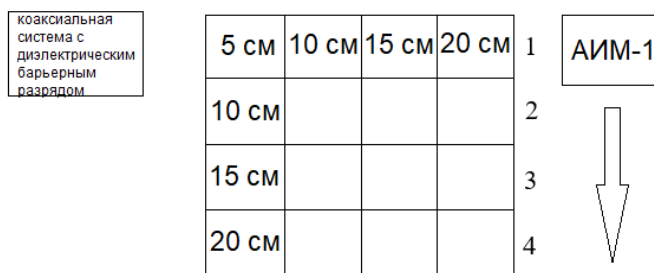


Рис 2. Схема взаимного расположения приборов

В ходе исследования были получены значения распределения концентрации отрицательных и положительных аэроионов в различных положениях относительно разрядной системы (рисунок 3).

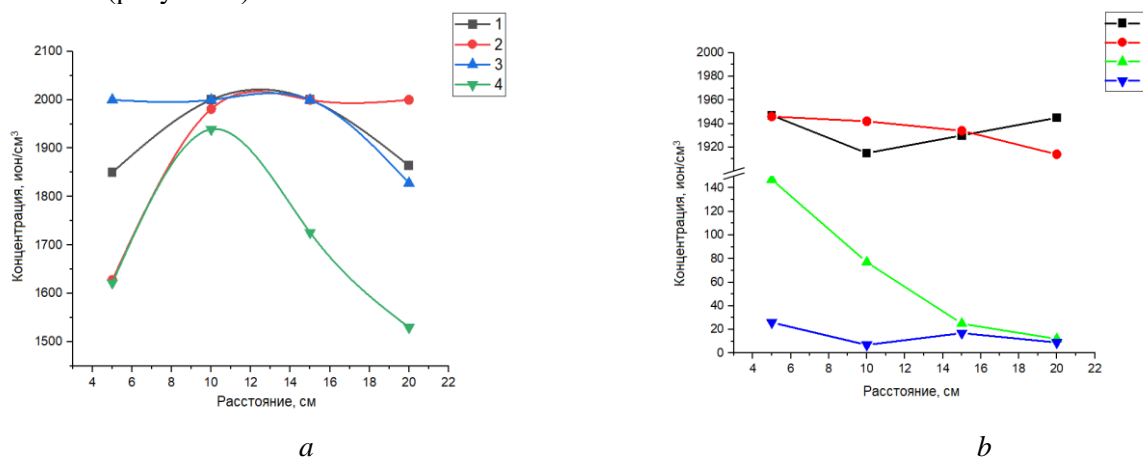


Рис. 3. *a* - Распределение концентрация отрицательных аэроионов перед разрядной системой;
b - Распределение концентрация положительных аэроионов перед разрядной системой

Заключение

В ходе исследований было установлено, что с увеличением расстояния прибора АИМ-1 от экспериментального комплекса уровень положительных аэроионов уменьшается, а уровень отрицательных аэроионов практически во всех точках остается достаточно высоким.

При анализе графиков пространственного распределения концентрации положительных и отрицательных аэроионов можно сделать вывод, что на третьем положении взаимного расположения приборов среднее количество отрицательных аэроионов ≈ 1957 ион/см³, а положительных ≈ 65 ион/см³, в остальных случаях концентрация положительных аэроионов не входила в допустимые значения норм СанПиН. Можно предположить, что плазма, получаемая в коаксиальной системе с диэлектрическим барьерным разрядом может применяться как источник отрицательных аэроионов для терапевтического применения в медицине.

Список литературы

1. Bekeschus, S., Lippert, M., Diepold, K. et al. Physical plasma-triggered ROS induces tumor cell death upon cleavage of HSP90 chaperone. Sci Rep 9, 4112 (2019)
2. H.F. Tammet. Air ion counter. Methodological guide / Compiler – Haapsalu 1985. - 44 s

УДК.615.838.9

БАЛЬНЕОТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ НА БАЗЕ САНАТОРИЯ «СВИСЛОЧЬ»

Д.В. БАРАНОВСКИЙ

*Дочернее унитарное предприятие «Свислочь»
а/г. Свислочь, Осиповичский район, Могилевская область, Республика Беларусь*

Аннотация. Цель работы – исследование применения минеральной воды из скважины №2 санатория «Свислочь» в комплексной терапии различной патологии у детей. В исследовании участвовало 48 разновозрастных детей с различными нарушениями здоровья. Применялась комплексная терапия с использованием минеральной воды из скважины №2 санатория «Свислочь». Применение методов бальнеотерапии с использованием минеральной воды из скважины №2 санатория «Свислочь» в лечении различных заболеваний органов и систем у детей имело положительный терапевтический эффект. Наилучшие результаты были получены при использовании минеральной воды в лечении функциональных нарушений органов кровообращения, а в отдельных случаях нервной системы и психических расстройств. Полученные данные программы по использованию природной минеральной воды из скважины №2 в ДУП «Свислочь», можно рекомендовать к применению в санаторно-курортных организациях Республики Беларусь. Область ее применения -наружное использование в детской практике, при различной патологии и в сочетании с другими физиотерапевтическими методами.

Ключевые слова: бальнеотерапия, дети и подростки, различная патология, природные факторы, минеральная вода санатория «Свислочь».

BALNEOTHERAPY IN THE TREATMENT OF CHILDREN WITH VARIOUS PATHOLOGIES ON THE BASIS OF THE SANATORIUM «SVISLOCH»

DMITRY V. BARANOVSKY

Subsidiary unitary enterprise «Svisloch» a/Svisloch, Osipovichi district, Mogilev region, Republic of Belarus

Annotation. The purpose is to study the use of mineral water from well No. 2 of the sanatorium «Svisloch» in the complex therapy of various pathologies in children. The study involved 48 children of different ages with various health disorders. Complex therapy was applied using mineral water from well No. 2 of the sanatorium «Svisloch». The use of balneotherapy methods using mineral water from well No. 2 of the sanatorium «Svisloch» in the treatment of various diseases of organs and systems in children had a positive therapeutic effect. The best results were obtained when using mineral water in the treatment of functional disorders of the circulatory organs, and in some cases of the nervous system and mental disorders. The obtained data of the program on the use of natural mineral water from well No. 2 in the DUP «Svisloch» can be recommended for use in sanatorium-resort organizations of the Republic of Belarus. Its field of application is external use in children's practice, with various pathologies and in combination with other physiotherapeutic methods.

Keywords: balneotherapy, children and adolescents, various pathologies, natural factors, mineral water of the sanatorium «Svisloch».

Введение

Санаторно-курортное лечение детей представляет собой один из этапов педиатрической помощи, которая предусматривает преемственность и непрерывность лечения на разных этапах педиатрической службы - поликлиника, стационар, санаторий [1].

Методы физиотерапии и физиопрофилактики широко используются при многих болезнях детей различного возраста и в свою очередь оказывают активное влияние на многие системы организма, стимулируют защитные силы, способствуют ликвидации воспалительных и дистрофических нарушений, совершенствуют адаптационные способности организма [2].

Физиотерапевтические методы являются неотъемлемой частью лечения и медицинской реабилитации детей при многих болезнях. Особо важную роль приобретают методы немедикаментозной физической терапии при различных заболеваниях у детей, позволяя уменьшить дозу лекарств и снизить степень их побочного действия [3].

Бальнеотерапия является одним из методов оздоровления детей. Бальнеотерапия — метод воздействия на организм природных минеральных вод. Применение бальнеологических методов в педиатрии имеет свои особенности, обусловленные своеобразием возрастной реактивности детского организма [4].

В последние годы вопросы бальнеотерапии в детском возрасте приобретают особую значимость в связи с увеличением частоты функциональных изменений нервной и сердечно-сосудистой систем, неблагоприятных влияний длительной лекарственной терапии. Минеральные воды используют у детей в виде ванн, ингаляций и внутреннего приема. Минеральные ванны — ванны из природных минеральных вод с содержанием различных солей, газов, микроэлементов и других биологически активных веществ, а также из искусственно приготовляемых их аналогов [4].

В решении задач по оздоровлению детей на территории Беларуси, внедрению инноваций, в подборе новых методов терапии внес и санаторий «Свислочь». Расположенный в месте богатой и своей историей, и природными данными. Это и красивые пейзажи на берегах, протекающих близ территории санатория двух рек - Свислочи и Березины, наличие скважин и бювета минеральной воды.

Территория и постройки, на которой расположен санаторий в XVII-XIX вв. принадлежала помещикам Незабытовским. В зданиях, частично сохранившихся по настоящее время, ими был организован приют для сирот. В послевоенные годы приют был преобразован в школу-интернат. В 1975 году здания были отданы под пионерский лагерь «Свислочь», а в 1991 году его перепрофилировали под санаторий с одноименным названием.

Медицинские профили санатория: болезни органов дыхания, болезни органов пищеварения, болезни системы кровообращения. В санатории проходят лечение и оздоровление дети от 7 до 18 лет. Основными лечебными факторами являются: климатические условия и лечебные минеральные воды двух типов - хлоридные натриевые высокоминерализованные бромные лечебные минеральные воды и хлоридные натриевые маломинерализованные лечебно-столовые минеральные воды; лечебные грязи. Все это в сочетании с аппаратной физиотерапией, лечебной физкультурой и питанием, массажем и другими физическими факторами оказывают положительный терапевтический эффект. Анализ данных последних трех лет о патологии детей, прибывающих в центр на лечение и оздоровление отражен в таблице 1.

Таблица 1. Анализ данных о патологии детей, получивших лечение и оздоровление

Годы	2019		2020		2021		2022 (6 мес)	
	Кол-во чел.	%	Кол-во чел.	%	Кол-во чел.	%	Кол-во чел.	%
Патология								
Органов дыхания	1238	56,7	1254	58,8	1338	59,5	747	5,9
Органов пищеварения	239	10,9	212	9,9	174	7,7	87	6,7
Системы кровообращения	220	10,8	175	8,21	282	12,53	170	13,18
Психические расстройства и расстройства поведения	189	8,6	197	9,2	173	7,7	105	8,1
Костно – мышечной системы и соединительной ткани	139	6,4	166	7,8	180	8,00	97	7,5
Прочие	157	17,4	128	6,1	103	4,57	84	58,6

Важная роль в оздоровлении, реабилитации и санаторно-курортном лечении принадлежит природным минеральным водам.

Целебные свойства минеральных вод в первую очередь определяются наличием шести основных ионов, к которым относятся анионы – хлориды Cl^- , сульфаты SO_4^{2-} , гидрокарбонаты HCO_3^- , а также катионы – натрий Na^+ , кальций Ca^{2+} и магний Mg^{2+} . При бальнеологической оценке минеральной воды учитывается биологическое и лечебное действие преобладающих катионов и анионов. [5].

Природная минеральная вода один из важнейших компонентов в реабилитации и восстановительном лечении при различных заболеваниях взрослых и детей.

Использование такой воды для наружного применения имеет ряд своих преимуществ. Так как действие различных минеральных вод имеет много общих черт, связанных с температурным, механическим и первичным механизмом реагирования организма на ионный и газовый состав вод.

На температурное раздражение водой кожных покровов организм отвечает сложной реакцией терморегуляции, играющей важную роль в лечебном действии ванн и других водных процедур. Именно кожа препятствует распространению тепла внутрь организма и способствует сохранению внутренними средами постоянной температуры. Поверхностный же слой кожи может изменять температуру. Кроме того, кожа богата нервными окончаниями, специализированными на восприятие температурных раздражителей. Изменение температуры поверхностных слоев кожи, раздражение терморцепторов сопровождается рефлекторными и гуморальными эффектами, сосудистыми реакциями, что приводит к изменению реакции многих систем организма, включая процессы обмена и иммуногенеза. Механическое влияние воды через влияние на механорецепторы дополняет и усиливает действие температурного фактора.

Кроме того, под влиянием механического (гидростатического) давления воды происходит увеличение массы циркулирующей крови, увеличение венозного возврата к сердцу с соответствующим увеличением сердечного выброса, усилением кровообращения. И поэтому на основании результатов оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, сократительной способности сердца проводится дозировка наружных бальнеотерапевтических процедур: ванны, полуванны, ванны для конечностей (местные). [4].

Каждый тип минеральной воды отличается своими физико-химическими особенностями, своей структурой, обладает определенными лечебными качествами, точно так же, как любое фармакотерапевтическое средство в зависимости от химической структуры обладает своим избирательным лечебным действием. [6].

Именно со специфическим действием минеральных вод связано влияние различных видов бальнеотерапии на выраженность температурных сдвигов (наибольшее – при хлоридных натриевых); на степень изменения центральной, периферической гемодинамики, микроциркуляции; на нервную систему, в том числе и на вегетативную; на эндокринные функции; иммунитет и др.

Ванны из минеральной воды оказывают на организм температурное, механическое и химическое воздействие. Химические вещества влияют на экстерорецепторы, заложенные в коже, интерорецепторы сосудов внутренних органов и непосредственно на клеточные структуры организма. Среди минеральных ванн с профилактической целью как обшлетонизирующие процедуры детям и подросткам наиболее показаны хлоридные натриевые ванны (природные или искусственно приготовленные). Соляные или соляно-хвойные ванны (с добавлением хвойного экстракта) влияют на состояние нервной системы ребенка, улучшают обменные и иммунные процессы, стимулируют функцию сердечно-сосудистой системы. [4].

Конечными, регистрируемыми в клинике основными эффектами хлоридных натриевых ванн являются - изменения микроциркуляторной, регионарной и центральной гемодинамики, улучшение венозного кровообращения, обезболивающее и противовоспалительное действие, улучшение обменных процессов и психоэмоционального статуса. [7].

Пациенты и методы

В бальнеотерапии заболеваний органов с различной патологией у детей мы использовали природную минеральную воду для наружного применения получаемую из скважины №2.

Природная минеральная вода скважины №2 – относится к классу хлоридных, подклассу – натриевых и бромных минеральных вод по Иванову-Невраеву. Химический состав в мг/дм: натрий – 8750,0; калий – 110,0; кальций – 1382,4; магний – 552,7; хлориды – 15974,0; сульфаты – 2156,7; гидрокарбонаты – 85,4; бром – 40,49; железо (II, III) – 12,03; бор – 3,0; кремниевая кислота – 7,20; общая минерализация – 29000; Глубина скважины 500м. Бальнеологическое заключение № 8/6-2014, от 12.12.2014. Соответствует требованиям СТБ 2436-2016 (РБ) и ТР ЕАЭС 044/2017.

Наличие в минеральной воде ионов Mg^{2+} , Br^- , кремниевой кислоты, позволило провести исследование среди детей различного возраста с патологией органов кровообращения и детей имеющих неврологическую характеристику в анамнезе, в том числе и девиантное поведение.

По химическим характеристикам минеральная вода с ионами:

- кремния, оказывают свое положительное воздействия при наличии патологии органов сердечно-сосудистой системы, периферической нервной системы, кожных и эндокринных заболеваний;

- брома, оказывает регулирующее действие на работу центральной нервной системы усиливая тормозные рефлексы [6].

Стоит указать, что нервная система ребенка характеризуется незавершенностью развития, повышенной чувствительностью и широкой иррадиацией, быстрой истощаемостью, что может обусловить неадекватную реакцию на действие метода физиотерапии т.к. кожа ребенка тоньше, ее барьерная функция выражена слабее. Вследствие обильной васкуляризации и повышенного содержания влаги кожа ребенка обладает высокой всасывающей способностью, поэтому резорбтивное действие химических ингредиентов минеральных вод, лечебных грязей, лекарственных препаратов для ЭФ у детей больше. Капиллярно – сосудистая сеть в детском возрасте хорошо развита, тонус сосудов лабильный и реакция покраснения, характерная для действия многих физических факторов, появляется у ребенка быстрее и при меньших дозах. Относительная площадь поверхности кожи у ребенка больше, чем у взрослого. [7]. Структурно данная патология отражена в рисунке 1.

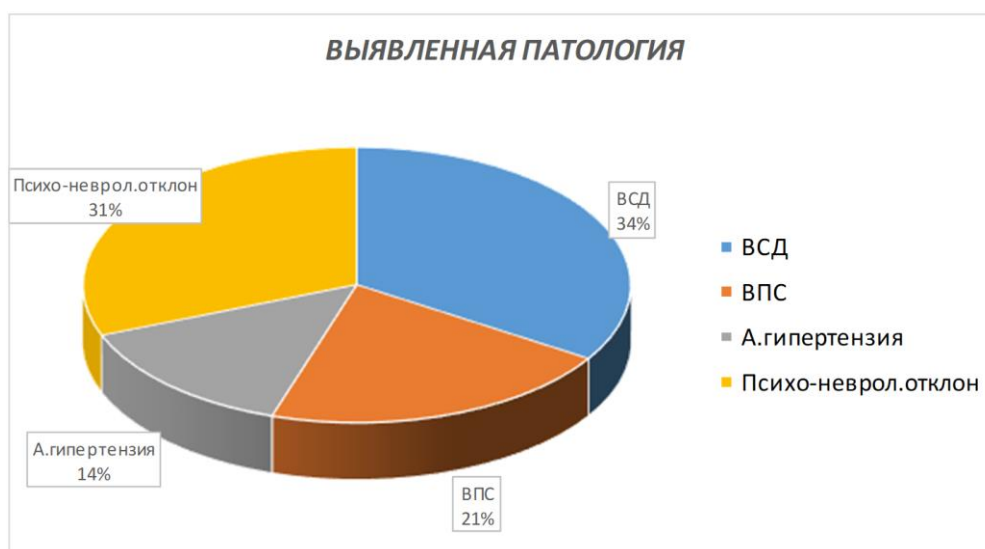


Рис. 1. Структура выявленной патологии

Всего в исследовании приняло участие за 9 месяцев 2022 года– 48 пациентов. Дети делились на 2 группы: контрольную и группу пациентов, принимавших лечение с использованием природной минеральной воды в виде ванн из скважины №2 ДУП «Свислочь». Предварительно

с детьми проводилась беседа и опрос. Далее пациентам обеих групп проводились лабораторные и функциональные методы исследования, назначалась соответствующая диета. По необходимости проводилась медикаментозная терапия.

В качестве контрольной оценки взяты основные симптомы, встречающиеся при вышеуказанных патологических состояниях (нарушение настроения, головные боли, повышенная утомляемость, эмоциональная лабильность).

Всем пациентам рекомендовано строгое соблюдение режима дня, фитотерапия, ЛФК, климатотерапия, терренкур. При лечении признаков вегетосудистой дистонии применялась седативная терапия в виде токов Д'арсонваля воротниковой зоны, психорелаксирующая терапия в виде вибромассажа, аэрофитотерапия как элемент тонизирующей терапии, гелиотерапия в качестве психостимулирующей терапии. Исследуемым назначали ванны с минеральной водой по схеме, чередуя их через день. После наполнения ванны солевым рассолом ее разбавляли горячей водопроводной водой. Минерализация ванны составляла в среднем 10- 20г/л, температура воды 35-37⁰С, продолжительность процедуры 10-12мин. Курс составлял в среднем 8-10 процедур.

При лечении ВПС (в основном I группы) широко использовали дозированную ходьбу, климатотерапию, ЛФК, массаж успокаивающий, аэрофитотерапию. Для исследуемых минеральные ванны по схеме с минерализацией 5-10 г/л.

В лечении артериальной гипертензии с целью седатирующей терапии применяли электросонтерапию, вегетокорригирующего эффекта достигали с применением прогулок по терренкуру, воздушных ванн, гелиотерапии. Минеральные ванны с концентрацией химических веществ 10 г/л, температура воды 36 °С, продолжительность процедуры 8—12 мин, через день; курс 8—12 ванн.

Психоневрологические отклонения и поведенческие девиации корректировались с применением таких методов физиотерапии как электросонтерапию для достижения седатирующего эффекта. Вегетокорригирующий эффект получали применяя эндоназальную гальванизацию. Применением минеральных ванн с концентрацией химических веществ 10 г/л, температурой воды 36 °С, продолжительностью процедуры 8—12 мин, через день; курсом 8—12 ванн получали дополнительно успокаивающий и нормализующий общее состояние эффект.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований было выявлено, что с применением ванн из минеральной воды скважины №2 ДУП «Свислочь» пациенты скорее достигали терапевтического эффекта в сравнении с контрольной группой. Так уже на первой неделе отмечалось отсутствие жалоб на головные боли и улучшение настроения. Несколько позже, на второй неделе пребывания, отмечалась нормализация эмоционального состояния. Дети становились более уравновешенными, менее реактивными на внешние раздражители. Недостаток в плане повышенной утомляемости связан скорее с общей культурой населения, недостатком двигательной активности. Разница в достижении терапевтического эффекта между контрольной группой и группой исследуемых составляла в среднем 3-6 дней.

Обобщенные данные о положительных результатах лечения различной патологии отражены на рисунке 2.

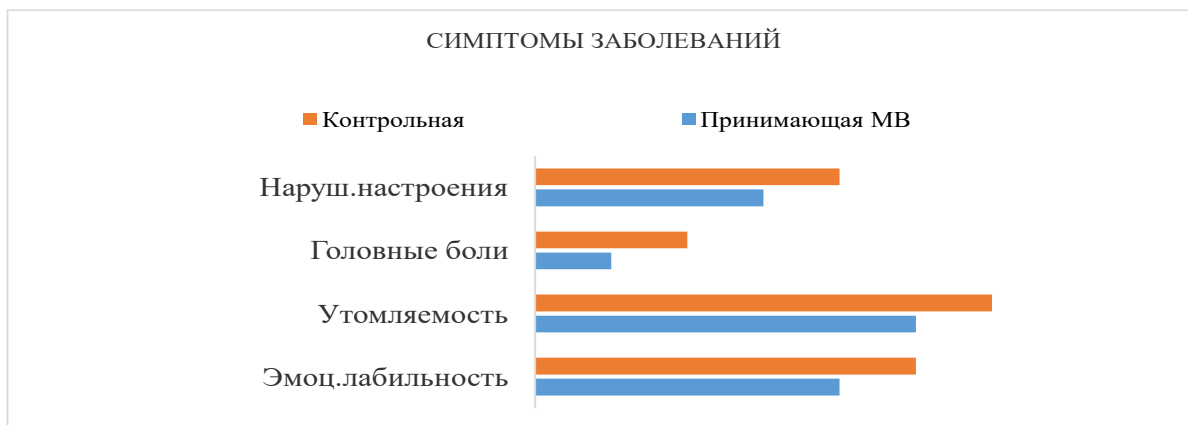


Рис.2. Клинический эффект применения природной минеральной воды скважины №2 санатория «Свислочь» у детей с различной патологией.

Заключение

Таким образом, применение природной минеральной воды из скважины №2 санатория «Свислочь» в комплексной терапии различной патологии органов у детей дает положительный терапевтический эффект. Лучшие результаты достигаются при лечении таких симптомов как головная боль и нарушение настроения. Более слабым оказался результат устранения повышенной утомляемости у детей.

Полученные данные программы по использованию природной минеральной воды из скважины №2 санатория ДУП «Свислочь», можно рекомендовать к применению в санаторно-курортных организациях Республики Беларусь с оговоркой о необходимости продлить данные исследования с целью выявления других терапевтических эффектов. Область ее применения - использование в детской практике, при различной патологии и в сочетании с другими физиотерапевтическими методами.

Список литературы

1. Курортология /под ред. Разумова А.Н., Турова Е.А.– Москва, 2016. – С. 639.
2. Применение физиотерапии в педиатрии. /Методические указания / А.С.Сенаторова, О.В.Николаева. – Харьков: ХГМУ, 2005, С. -3
3. Актуальные проблемы педиатрии., под редакцией Русаковой Е.М., Минск, Экоперспектива, 2009, С.171.
4. Хан М.А., Вахова Е.Л. Оздоровительные технологии в педиатрии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2012,-89(4). С.53-56.
5. Минеральные воды Беларуси с биологически активными специфическими компонентами А.В. Вологовская, Э.С. Кашицкий и др. / Новости медико-биологических наук, Т. 20, №4 / 2020, С.155-164.
6. Справочник по курортологии и курортотерапии. / под редакцией проф. Ю.Е.Данилова, проф. П.Г.Царфиса / Москва «Медицина» 1973. С.8
7. Учебник по восстановительной медицине/ под ред.Разумова А.Н., Бобровницкого И.П., Василенко А.М., Москва, 2009. С. 98-100, 360, 545.

УДК 535.37+543.545.2

ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА ГЕЛЬ-ЭЛЕКТРОФОРЕГРАМ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Д.С. ТАРАСОВ^{1,2}, М.П. САМЦОВ¹, Е.В. МАЛЮШКОВА¹, И.И. ХЛУДЕЕВ², И.В. СЕМАК²

¹НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ (Минск, Беларусь)

²Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь)

Аннотация. В работе предложен макет сканирующего лазерного устройства с высоким спектральным разрешением для детектирования флуоресцирующих белков на электрофореграммах. Его конструкция основана на перемещаемой микрометрическими винтами платформы, на которой перпендикулярно исследуемой плоскости закреплен держатель световода лазерного флуоресцентного спектрометра. Устройство разрабатывалось для анализа связывания трикарбоцианиновых красителей с белками плазмы крови с помощью электрофореза белков (метод Лэммли в полиакриламидном геле с додецилсульфатом натрия в восстанавливающих условиях). Для возбуждения флуоресценции использован лазер с длиной волны 684 нм. Подвод возбуждающего излучения к исследуемому образцу и свечения флуоресценции в полихроматор осуществлялся с помощью оптоволоконка. Показано, что регистрация спектров флуоресценции дает дополнительную информации для идентификации флуоресцентной метки и анализа ее состояния. На примере исследования с помощью гель-электрофореза окрашенных трикарбоцианиновыми красителями растворов бычьего сывороточного альбумина показана возможность обнаружения комплексов флуорофоров с белковыми молекулами.

Ключевые слова: трикарбоцианиновые красители, комплексобразование, белки плазмы крови, гель-электрофорез, лазерная флуоресцентная спектроскопия.

FLUORESCENT METHOD FOR ANALYSIS OF ELECTROPHOREGRAMS WITH SPECTRAL RESOLUTION

DMITRI S. TARASAU^{1,2}, MICHAEL P. SAMTSOV¹, ELENA V. MALIUSHKOVA²,
IVAN I. KHLUDEEV², IGOR V. SEMAK²

¹A.N Sevchenko Institute for Applied Physical Problems of BSU (Minsk, Belarus)

²Belarussian State University (Minsk, Belarus)

Abstract. The paper proposed model of the scanning laser device with high spectral resolution for detecting fluorescent proteins on electrophoregrams. Its design is based on the movable by micrometric screws platform, on which the holder of the optical fiber of the laser fluorescence spectrometer is fixed perpendicular to the plane under study. The device was developed to analyze the binding of tricarbocyanine dyes to blood plasma proteins using protein electrophoresis (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis under reducing conditions, Laemmli method). A laser with a wavelength of 684 nm was used to excite fluorescence. The supply of exciting radiation to the sample under study and the fluorescence into the polychromator was carried out using an optical fiber. It is shown that the fluorescence spectra registration provides additional information for the identification of the fluorescent label and analyze its condition. On the example of a study using gel electrophoresis of solutions of bovine serum albumin stained with tricarbocyanine dyes, the possibility of detecting and identifying complexes of dyes with blood serum proteins has been shown.

Keywords: tricarbocyanine dyes, complexation, blood plasma proteins, gel-electrophoresis, laser-induced fluorescence spectroscopy.

Введение

Гель-электрофорез один из основных инструментов молекулярной биологии и биохимии для разделения и анализа белков. Разделение происходит за счёт разницы скоростей движения анализируемых макромолекул с разным соотношением молекулярной массы к заряду в постоянном электрическом поле. Путем использования флуоресцентных меток становится

возможным определением молекулярной массы белковых макромолекул и их фрагментов. Детектирование осуществляется по специфическому цвету флуоресценции метки.

При этом для обнаружения на электрофореграммах флуоресцирующих белков широкое распространение получила регистрация их изображений с помощью чувствительных CCD-матриц [1]. Как правило, флуоресцентное изображение в интересующем спектральном диапазоне регистрируется при использовании соответствующего набора фильтров. Такой мультиспектральный подход обеспечивает высокое пространственное разрешение при приемлемом уровне чувствительности. В то же время, спектральная селективность составляет от десятков до сотен нанометров. Во многих задачах информация о состоянии метки содержится в ее спектрально-люминесцентных характеристиках, что требует более высокого спектрального разрешения. Решение такой задачи возможно с использованием гиперспектральной аппаратуры, которая позволяет производить сканирование объекта при высоком спектральном разрешении. Для такого рода исследований возможно использовать сканирующую систему на основе платформы с координатным позиционированием световолоконного коллектора, который собирает регистрируемое излучение и доставляет его на вход спектрометра с использованием Y-образного зонда.

В данной работе предложен макет сканирующего устройства со спектральным разрешением для исследования взаимодействия индотрикарбоцианиновых красителей с белками плазмы крови [2].

Методика проведения эксперимента

Основным объектом исследования выступал разработанный в лаборатории спектроскопии НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ симметричный индотрикарбоцианиновый краситель ПК1 (рис. 1), который по многим параметрам перспективен для использования в качестве фотосенсибилизатора для ФДТ [3], а также два близких по структуре красителя – ПК2 и ПК3. У первого по сравнению с ПК1 отсутствуют полиэтиленгликоли на концевых группах, а у второго – хлорзамещенный ортофениленовый мостик.

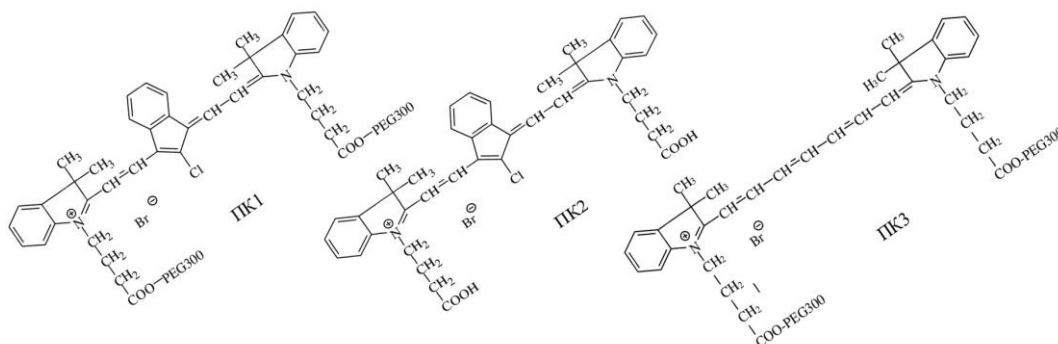


Рис. 1. Структура исследованных индотрикарбоцианиновых красителей

В качестве модельной биологической среды использовался раствор бычьего сывороточного альбумина (концентрация белка 2 г/л). Растворы готовились в натрий-калиевом фосфатном буфере Дюльбекко (0,14 моль/л) с pH=7,4 (ФСБ). Концентрация белков в анализируемых на электрофорезе образцах составляла 30 мкМ. Стоковые растворы красителей готовились в ФСБ. Краситель ПК2 обладает низкой растворимостью в воде, в связи с чем стоковый раствор для него готовился с 5 % содержанием этанола. Исследования проводились при двух концентрациях красителей – 30 мкМ и 10 мкМ. Исследования на электрофорезе проводились для двух серий образцов: при комнатной температуре (22 °С) и при инкубации в течение 120 минут при 37 °С.

Анализ связывания красителей с белками в растворах БСА выполнялся с помощью электрофореза белков по методу Лэммли в полиакриламидном геле с додецилсульфатом натрия в восстанавливающих условиях (SDS-PAGE). Электрофоретическое разделение белков проводили в 15 % полиакриламидном геле в диссоциирующих условиях. В связи с тем, что на стадии окрашивания используются агрессивные среды, которые приводят к необратимой

деструкции индотрикарбоцианиновых красителей, места локализации красителей на электрофореграмме определяли до начала процедуры окрашивания раствором Кумасси для визуализации полос белков. В обоих случаях координаты фиксировались относительно границ гелей, что позволило совместить распределение белков и индотрикарбоцианиновых красителей на электрофореграмме. После детектирования красителя осуществляли осаждение белков в геле с помощью 30% раствора трихлорукусной кислоты. Далее проводили окрашивание раствором Кумасси. После окрашивания, гель отмывали 7% уксусной кислотой до полного обесцвечивания фона. Имеющееся в распоряжении оборудование позволяет исследовать на одной электрофореграмме до 9 образцов. Для определения молекулярной массы белков в одну из лунок вносили набор белков стандартов с известными молекулярными массами – от 10 кДа до 200 кДа.

Макет сканирующего устройства со спектральным разрешением конструктивно состоит из перемещаемой микрометрическими винтами платформы, на которой перпендикулярно исследуемой плоскости закреплен держатель световода лазерного флуоресцентного спектрометра, в котором для возбуждения флуоресценции использован лазер с длиной волны 684 нм. Подвод возбуждающего излучения к исследуемому образцу и свечения флуоресценции в полихроматор осуществлялся с помощью оптоволокну. Путем перемещения светоколлектора вдоль белковых полос на электрофореграмме по флуоресценции определяли координаты молекул красителей. При этом информационным считался сигнал флуоресценции красителей в случае его устойчивого превышения по сравнению с фоновым. Полученные визуализированные электрофореграммы исследуемых образцов фиксировались с помощью фотоаппарата, и на снимки переносились координаты обнаружения красителей.

Результаты и их обсуждение

Спектральные характеристики красителей в ФСБ определяются процессом агрегации молекул в водном окружении. Краситель ПК2 без ПЭГ является гидрофобным и в водном окружении агрегирует с образованием Н- и J-ассоциатов. В спектрах поглощения его растворов в ФСБ обнаруживаются полосы, соответствующие мономерам, Н- и J-агрегатам (рис. 2а).

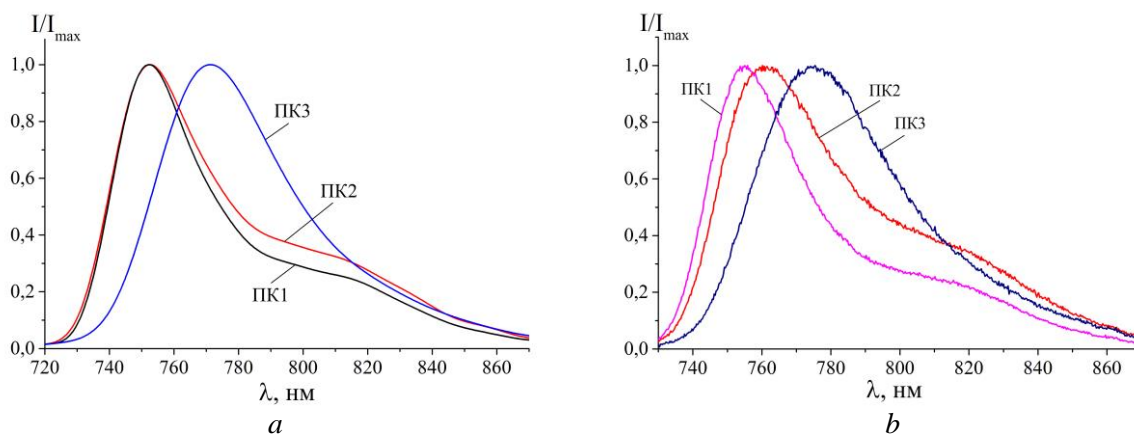


Рис. 2. Нормированные спектры флуоресценции трикарбоцианиновых красителей при возбуждении излучением с длиной волны 684: *a* – в ФСБ, концентрация красителей 10 мкМ; *b* – в растворах БСА в ФСБ, концентрация красителей 30 мкМ

Максимум полосы мономеров располагается вблизи 707 нм. Краситель ПК1 гидрофильный, его растворы в ФСБ представляют собой равновесную смесь мономеров и димеров Н-типа. Максимум поглощения мономеров располагается на длине волны 708 нм. Следует отметить, что при одинаковой концентрации краситель ПК1 в ФСБ агрегирован в меньшей степени по сравнению с его прекурсором без ПЭГ – ПК2. Анализ спектрально-люминесцентных свойств ПК3 в растворах в ФСБ позволяет утверждать, что его молекулы находятся преимущественно в форме мономеров (максимум поглощения – 746 нм).

Спектральные параметры растворов ПК1 и ПК2 в растворах БСА (рис. 2б) резко отличаются от таковых в ФСБ: наблюдается смещение максимума поглощения (ПК1 – 724 нм, ПК2 – 734 нм) и флуоресценции (ПК1 – 755 нм, ПК2 – 761 нм) в длинноволновую область, уменьшается поглощение в полосе агрегатов, возрастает квантовый выход и время жизни флуоресценции. Не обнаружено влияние молекул БСА на спектрально-люминесцентные свойства ПК3, у которого отсутствует хлорзамещенный ортофениленовый мостик на полиметиновой цепи сопряжения.

В результате сканирования лазерным флуоресцентным спектрометром геле-электрофореграммы обнаружено несколько позиций с выраженным сигналом, близким по спектральному составу со спектром флуоресценции исследованных красителей. На фотографиях гелей после окрашивания эти позиции отмечены метками (рис. 3). В пределах полос, соответствующих движению растворов БСА не окрашенных красителями не наблюдается никакого свечения при возбуждении лазером с длиной волны 684 нм.

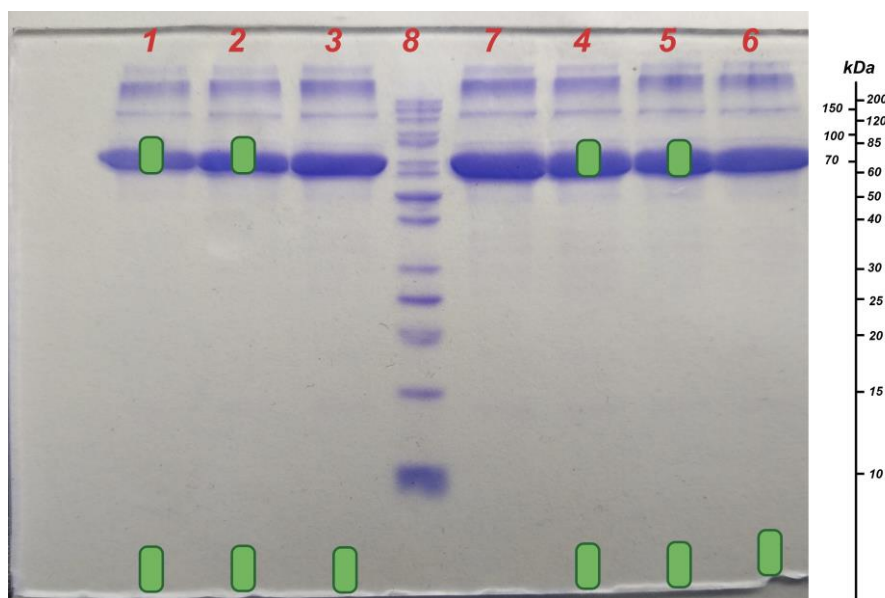


Рис. 3. Электрофореграмма растворов БСА, предварительно обработанных трикарбоцианиновыми красителями: 1 – ПК1, 22 °С; 2 – ПК2, 22 °С; 3 – ПК3, 22 °С; 4 – ПК1, 37 °С; 5 – ПК2, 37 °С; 6 – ПК3, 37 °С; 7 – раствор без красителей; 8 – набор белков стандартов с известными молекулярными массами

Молекулярная масса бычьего сывороточного альбумина – 69 кДа, на электрофореграмме ей соответствует полоса вблизи (72 ± 4) кДа. Здесь наблюдается выраженный сигнал флуоресценции образцов окрашенных красителями ПК1 и ПК2 для обеих серий (рис. 4). Учитывая пространственное разрешение сканирующей системы, можно утверждать, что флуоресценция в данной области соответствует ковалентным комплексам ПК1 и ПК2 с альбумином. Максимум флуоресценции красителей ПК1 и ПК2 в комплексах с альбумином располагается на 754 нм и 762 нм соответственно (рис. 4а), что в пределах погрешности коррелирует со значением данного параметра в исходных растворах красителей в БСА. Это указывает на то, что гель практически не оказывает влияние на спектры флуоресценции молекул красителя.

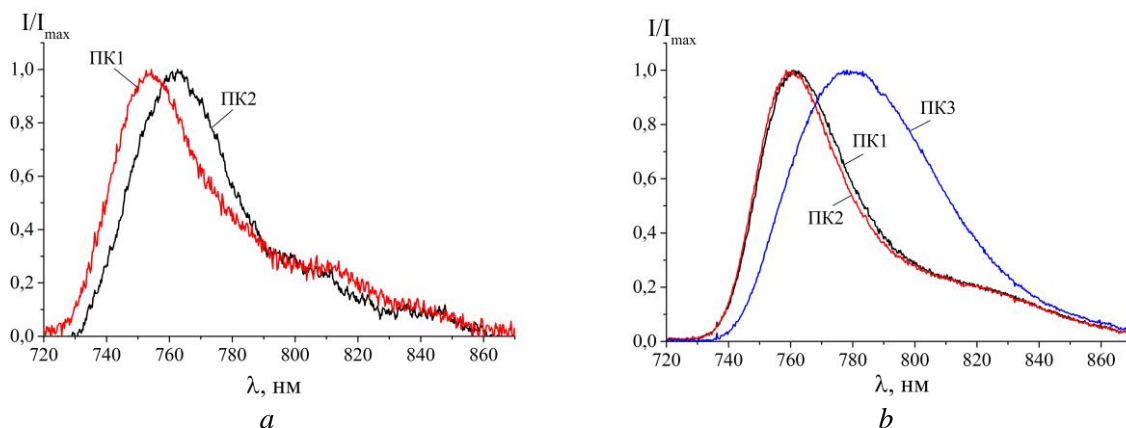


Рис. 4. Нормированные спектры флуоресценции комплексов трикарбоцианиновых красителей с альбумином на электрофореграмме (а) и несвязанных с белками трикарбоцианиновых красителей (b) при возбуждении излучением с длиной волны 684 нм

Для всех красителей обнаружен интенсивный сигнал флуоресценции на нижнем краю геля. Согласно экстраполяции стандарта, молекулярная масса объектов в этой области, соответствует приблизительно 1,5-6,0 кДа. При этом после окрашивания геля здесь не обнаруживаются визуально присутствие каких-либо белков. Молекулярная масса исследованных красителей: ПК1 – 1270 Да, ПК2 – 740 Да, ПК3 – 1117 Да. Учитывая точность определения координаты, справедливо утверждать, что в данной области обнаруживаются несвязанные с белками красители. Происходит батохромное смещение максимумов спектров флуоресценции на ~8 нм по сравнению со спектрами красителей в ФСБ (рис. 4б). Такое же смещение наблюдается при капельном нанесении растворов красителей в ФСБ на поверхность чистого геля. Разумно предположить, что в геле краситель переходит в окружение с более низкой полярностью по сравнению раствором ФСБ.

Заключение

В работе предложен макет сканирующего лазерного устройства с высоким спектральным разрешением для детектирования флуоресцирующих белков на электрофореграммах. Показано, что регистрация спектров флуоресценции дает дополнительную информацию для идентификации флуоресцентной метки и анализа ее состояния. На примере исследования с помощью гель-электрофореза окрашенных трикарбоцианиновыми красителями растворов бычьего сывороточного альбумина показана возможность обнаружения комплексов флуорофоров с белковыми молекулами.

Список литературы

1. Patton W.F. A thousand points of light: The application of fluorescence detection technologies to two-dimensional gel electrophoresis and proteomics. *Electrophoresis: An International Journal*. 2000;21(6):1123–1144.
2. Самцов М.П., Тарасов Д.С., Малюшкова Е.В. и др. Анализ свойств комплексов полиметиновых красителей с белками сыворотки крови методом гель-электрофореза. *Актуальные вопросы биологической физики и химии*. 2021;6(3):499-504.
3. Lugovski A.A, Samtsov M.P., Kaplevsky K.N., et al. Novel indotricarbocyanine dyes covalently bonded to polyethylene glycol for theranostics. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2016;316:31-36.

УДК 65.011.56

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МЕДОСМОТРОВ В УЧРЕЖДЕНИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

М.А. КРУПСКАЯ, Е.К. ПРИГОЖАЯ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Цель работы — создание информационной системы для контроля процесса проведения медосмотров в учреждении здравоохранения с возможностью формирования всех видов отчетных документов. Проведен анализ предметной области и существующих решений, выполнено функциональное моделирование в нотациях IDEF0, спроектированы логическая и физическая модель реляционной базы данных, диаграмма вариантов использования, реализованы представления, хранимые процедуры и функции, триггеры и события, создано и протестировано программное обеспечение системы, включающее графический интерфейс клиентской части и все пользовательские сценарии на сервере. Внедрение системы значительно улучшило качество и производительность труда врача по медосмотрам.

Ключевые слова: обязательный медицинский осмотр, профмаршрут, отчетная документация, модель базы данных.

INFORMATION SYSTEM TO CONTROL MEDICAL EXAMINATIONS IN A HEALTH CARE INSTITUTION

M.A. KRUPSKAYA, L.K. PRYHOZHAYA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The aim of the work is to create an information system to control the process of medical examinations in the health care institution with the possibility of forming all kinds of reporting documents. The analysis of the subject area and existing solutions was carried out, functional modeling in the notation of IDEF0 was performed, logical and physical model of the relational database, diagram of the use cases were designed, views, stored procedures and functions, triggers and events were realized, system software was created and tested, including the client part graphic interface and all the user scenarios on the server were created. The implementation of the system has significantly improved the quality and productivity of the doctor's medical examinations.

Keywords: compulsory medical examinations, occupational history, reporting documentation, database model.

Введение

Повышение качества результатов трудовой деятельности человека и сокращение затрачиваемого на это времени неразрывно связано с использованием информационных технологий. Во многих медицинских направлениях давно невозможно обойтись без компьютера и специального программного обеспечения к нему. Однако рутинные процессы, такие как систематизация данных, ведение картотек, составление отчетной документации различного вида, не всегда используют современные подходы, в частности это относится к проведению диспансеризации и обязательных медицинских осмотров.

В Республике Беларусь согласно постановлениям Министерства Здравоохранения лица, работающие во вредных условиях труда, должны ежегодно проходить периодический медицинский осмотр и по его результатам получать допуск к работе. К таким лицам относятся и сами сотрудники медицинских учреждений, причем по профилю работы медосмотр может проводиться самим этим учреждением, что экономически выгодно для бюджетной организации и значительно сокращает время прохождения медицинского осмотра сотрудником, так как

обследования, консультации специалистов и принятие решения о допуске к работе проводятся на рабочем месте.

В большинстве медицинских учреждений для проведения медосмотров выделена отдельная ставка врача-терапевта, однако есть случаи, когда этим занимаются врачи по совместительству со своей основной ставкой. Объем работ достаточно большой, кроме проведения ежегодного периодического медицинского осмотра сотрудников в обязанности врача входят:

- контроль за ежегодным прохождением всеми сотрудниками учреждения (порядка 750 человек) флюорографического обследования;
- ежемесячный учет и систематизация заболеваемости сотрудников с временной нетрудоспособностью с составлением поквартальной и годовой государственной отчетности;
- сбор и актуализация сведений о прививках против вирусного гепатита, дифтерии и столбняка, кори, новой вирусной инфекции COVID-19.

Все расчёты и бумажная документация ведутся вручную, что может отражаться на достоверности важных статистических данных и требует серьезных временных затрат, кроме того документы о медосмотрах требуют специально выделенного места для хранения. Особенно сложным является процесс формирования личного профмаршрута для направления сотрудника на медосмотр – в нем должны суммироваться вредности с выведением объединяющих их требований к количеству тех или иных медицинских обследований. Все эти недостатки устраняет предлагаемая информационная система.

Основная часть

В результате проведения анализа предметной области все механизмы и особенности функционирования системы проведения периодического медицинского осмотра медработников в соответствии с официальными документами, основным из которых является Постановление Министерства Здравоохранения Республики Беларусь от 29 июля 2019 г. № 74 «О проведении обязательных и внеочередных медицинских осмотров работающих» были отражены на диаграмме потоков данных с использованием методологии IDEF0. Для хранения данных была составлена информационная модель в графической нотации Crows Foot, для чего выделены базовые сущности и связи между ними (рисунок 1).

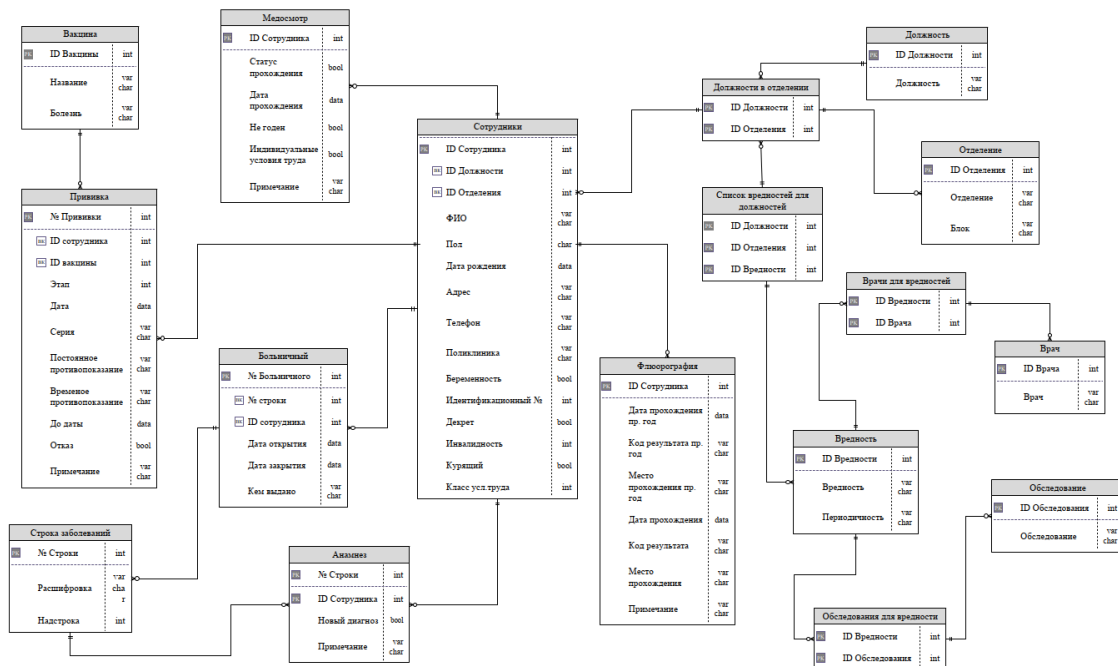


Рис.1 Модель сущность-связь в графической нотации Crows Foot

Такая модель базы данных позволила относительно просто реализовать и контролировать логику составления профмаршрута в таблице со списком вредностей для должностей (для каждой должности в определённом отделении сопоставляются существующие вредности и в зависимости от них назначаются врачи и обследования). Для реализации модели в качестве СУБД выбрана MySQL из-за ее нулевой стоимости, гибкости и простоты использования.

Конкретный функционал системы для целевой аудитории (врачей по медосмотрам) лег в основу проектирования диаграммы вариантов использования, на которой подпроцессы объединены по группам, что позволило в итоге грамотно организовать работу пользовательского интерфейса.

В целом система хранит, обрабатывает и выдает данные для следующих отчетных документов:

- профмаршрут периодического медосмотра;
- отчёт периодического медосмотра;
- отчёт о причинах временной нетрудоспособности;
- анализ заболеваемости с временной нетрудоспособностью;
- отчёт о флюорографическом обследовании;
- отчёт о вакцинации сотрудников.

В системе создан механизм добавления и удаления сотрудников с архивацией данных уволенных сотрудников, реализована возможность получения профмаршрута по ФИО сотрудника – одного из самых сложных документов при его ручном составлении, предусмотрена возможность подсчета количества человек, обследованных по каждой вредности, а также количества случаев и дней заболеваемости с временной нетрудоспособностью за указанный период. Все алгоритмы работы с разделами общей информации и алгоритмы работы с разделом медосмотров разработаны в среде проектирования и конструирования Sparx Enterprise Architect и реализованы в среде разработки Visual Studio 2019 на языке программирования C#.

Также создан удобный, интуитивно понятный пользовательский графический интерфейс на платформе WPF с использованием .NET Framework., благодаря которому быстро и удобно осуществлять навигацию, формировать и выводить различные журналы, списки, отчёты (рисунок 2).

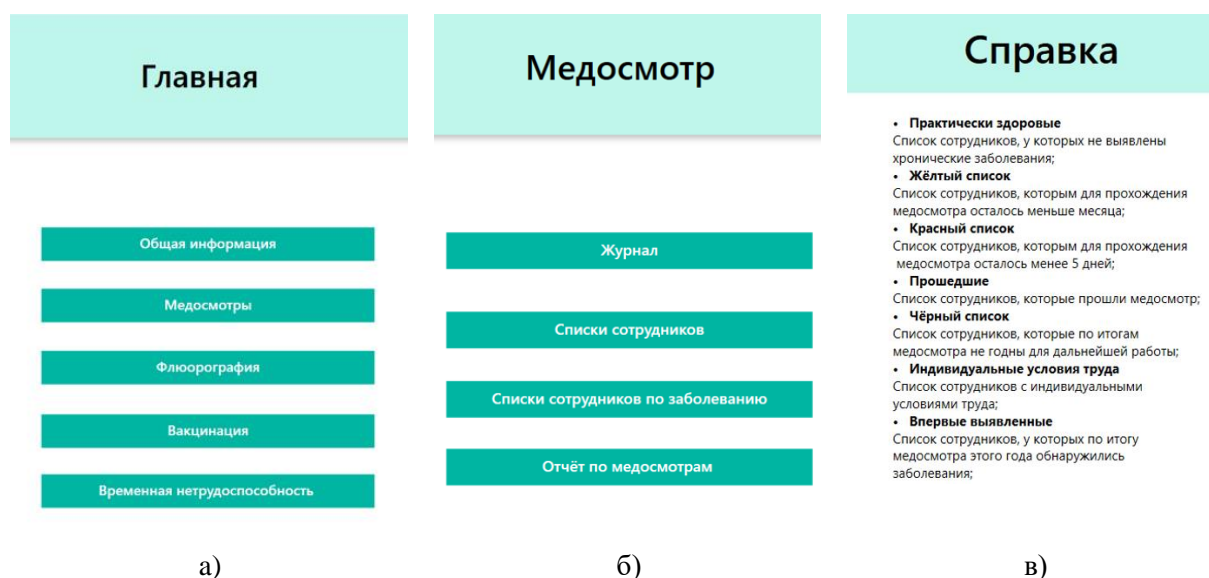


Рис. 2 Макеты страниц а) - «главная», б) - «медосмотр», в) - «справка»

Для физической реализации системы разработана структурная схема системы, представляющая организацию в общую сеть основных функциональных частей, задействованных в процессе медосмотра. В связи с тем, что в БД хранится конфиденциальная

информация, на сервере СУБД элементы триггеров, представлений и событий физически отделены от БД анализов, что позволяет настроить санкционированный доступ. Выделенное автоматизированное рабочее место врача по медосмотрам с клиентской частью разработанной системы позволяет получить из БД анализов агрегированные данные (данные с АРМ врачей медкомиссии и анализах с АРМ лаборатории), составить отчетность, заверить в администрации и при необходимости передать по сети в центральную поликлинику.

Заключение

Созданная информационная система способствует повышению качества проведения периодических медосмотров сотрудников медучреждений, улучшению профилактики профессиональных болезней и ранней выявляемости хронических заболеваний, что особенно актуально в рамках выполнения целевых показателей и мероприятий Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 годы.

Система внедрена в Гомельской клинической больнице №3 и имеет перспективы развития функциональности и масштабируемости и как самостоятельная система и как модуль, встраиваемый в более масштабные системы здравоохранения.

Список литературы

1. Сорокин, А.В.: Разработка баз данных: М.: 2008. - 285 с.
2. Хомоненко, А.Д., Цыганков В. М., Мальцев М. Г. Базы данных: Учебник для высших учебных заведений. – СПб.: КОРОНА принт, 2000. – 416с.
3. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных. - 8-е издание.: Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. ISBN 5-8459-0788-8– 832 с.
4. Гайдамакин, Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. – М.: Гелиос, 2002. – 280 с
5. Вендров, А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 758 с.
6. Gerardus Blokdyk, “Sparx Systems Enterprise Architect Third Edition” – Publisher: 5STARCooks (September 2, 2021) – 315 с.
7. Charles Bell, “Introducing the MySQL 8 Document Store” – Publisher: Apress; 1st ed. edition (June 21, 2018) – 555 с.
8. Matthew MacDonald, “Pro WPF 4.5 in C#: Window Presentation Foundation in .NET 4.5” – Publisher: Apress; 4th ed. edition (November 27, 2012) – 1111 с.

УДК 615.47-027.31

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР И ЮЗАБИЛИТИ-ИНЖИНИРИНГ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ УСТРОЙСТВ

В.Ф. АЛЕКСЕЕВ, Г.А. ПИСКУН

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Показано что компании, производящие медицинское оборудование, должны учитывать человеческий фактор и удобство использования, чтобы понять и смягчить потенциальные источники риска, связанные с устройством, при создании более безопасных и эффективных средств медицинской электроники. Отмечается, что инженеры по человеческому фактору должны работают над тем, чтобы понять, как предполагаемые пользователи устройства будут взаимодействовать с устройством. Рассмотрены шаги по учету человеческого фактора в производстве медицинских устройств.

Ключевые слова: средства медицинской электроники, медицинское устройство, юзабилити-инжиниринг, человеческий фактор, интерфейс «устройство-пользователь», управление рисками.

HUMAN FACTORS AND USABILITY ENGINEERING IN THE DESIGN PROCESS OF INNOVATIVE MEDICAL DEVICES

VIKTOR F. ALEXEEV, GENNADY A. PISKUN

*Educational Institution «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics»
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. It is shown that medical device companies must take into account the human factor and usability in order to understand and mitigate potential sources of risk associated with the device while creating safer and more efficient medical electronics. It is noted that human factors engineers should work to understand how the intended users of the device will interact with the device. Considered steps to take into account the human factor in the production of medical devices.

Keywords: medical electronics, medical device, usability engineering, human factor, device-user interface, risk management.

Введение

Компании, производящие медицинское оборудование, должны учитывать человеческий фактор и удобство использования, чтобы понять и смягчить потенциальные источники риска, связанные с устройством, при создании более безопасных и эффективных средств медицинской электроники (СМЭ) для конечных пользователей. Инженеры по человеческому фактору работают над тем, чтобы понять, как предполагаемые пользователи устройства будут взаимодействовать с устройством, чтобы разработать интерфейс пользователь-устройство, который способствует правильному и безошибочному использованию устройства, не подвергая опасности пользователя [1–8].

Инженеры понимают систему «пользователь-устройство», анализируя способы, которыми пользователи устройств:

- воспринимают информацию от устройства, инструкции и другие источники;
- когнитивно интерпретируют эту информацию и принимают решения о том, как они будут управлять устройством;
- взаимодействуют с устройством, манипулируя его компонентами или элементами управления (изменяя настройки, изменяя компонент и т.д.) для достижения желаемого результата и способов, которыми устройства: получает информацию от пользователей,

обрабатывает этот ввод, создает ответ, который предоставит пользователю информацию об эффективности его действий.

Поскольку медицинские устройства становятся все более сложными необходимо уделять больше внимания обеспечению безопасности и эффективности этих устройств. Любой, кто использует СМЭ, будь то врач или пациент, должен иметь возможность делать это без ошибок, которые могут поставить под угрозу безопасность конечного пользователя.

Юзабилити-инжиниринг в медицинских устройствах

Юзабилити-инжиниринг является жизненно важным аспектом в разработке безопасных и эффективных медицинских устройств и выполнении медико-технических требований. В медицинских устройствах он относится к процессу, который помогает определить приемлемые риски безопасности, связанные с удобством использования медицинского устройства. Юзабилити обычно используется как синоним таких выражений, как эргономика, пользовательский опыт, простота использования, доступность, обучаемость или удобство для пользователя. Однако значение юзабилити при проектировании и разработке медицинских изделий весьма специфично – юзабилити рассматривается как средство повышения безопасности и минимизации рисков для пациента и оператора. Обычные атрибуты удобства использования могут использоваться для оценки проекта, но они должны поддерживать безопасное использование или рассматриваться как дополнительное удобство использования помимо аспектов, связанных с безопасностью.

Сфера применения инженерии юзабилити шире, чем безопасность. Это связано с тем, что инженерия удобства использования также связана с тем, насколько хорошо и легко пользователь может взаимодействовать с конкретным медицинским устройством для достижения желаемых результатов. Таким образом, проектирование юзабилити также влияет на качество обслуживания и удовлетворенность клиентов.

Производители медицинских устройств должны начинать процесс проектирования удобства использования с самого начала этапа разработки продукта.

Ведущими стандартами безопасности для разработки удобства использования медицинских устройств являются ИЕС 62366-1:2015 «Медицинские устройства. Часть 1» – Применение инженерии удобства использования к медицинским устройствам и ГОСТ Р МЭК 62366-2013 «Изделия медицинские» – Проектирование медицинских изделий с учетом эксплуатационной пригодности. В них подробно описан процесс, который помогает производителям оценивать и снижать риски, связанные с правильным использованием и ошибками использования. Стандарты исключают неправомерное использование и злонамеренное использование — проверьте словарь управления рисками медицинских устройств, чтобы узнать значение этих или любых других слов.

Модель взаимодействия пользователя и устройства помогает производителям прогнозировать потенциальные сбои при использовании, которые могут привести к возникновению опасной ситуации, и определять необходимые возможности человека для взаимодействия с медицинским устройством. Модель взаимодействия пользователя с устройством включает в себя две части:

- пользователь вводит неверный ввод в медицинское устройство через пользовательский интерфейс, что, в свою очередь, создает опасный вывод;
- в результате ошибки восприятия (например, видения и ощущения) или ошибки восприятия (например, интерпретации) пользователь предпринимает действие (например, касание и нажатие), которое создает опасность.

Неудачи при использовании обычно являются результатом противоречия между мысленной моделью пользователя и реальным поведением системы. Они могут быть вызваны одним или несколькими из следующих конструктивных факторов:

- амбициозные или неясные настройки устройства;
- недостаточная видимость, тактильность или слышимость;
- плохое сопоставление элементов управления с действиями;
- плохое отображение информации, связанной с фактическим состоянием устройства;

– сложные или запутанные системы управления.

Неудачи при использовании также могут быть вызваны факторами окружающей среды, такими как температура, акустический шум, физическое окружение, влажность и т.д. Следует отметить, что не все ошибки при использовании приводят к возникновению опасности.

Требования к проектированию медицинского устройства

Понимание того, как люди взаимодействуют с технологиями, и изучение того, как дизайн пользовательского интерфейса влияет на взаимодействие людей с технологиями, находится в центре внимания инженерии человеческого фактора (ИЧФ) и инженерии удобства использования (ИУИ).

Соображения ИЧФ/ИУИ при разработке медицинских устройств включают три основных компонента системы «устройство-пользователь»: пользователи устройств, среды использования устройств и пользовательские интерфейсы устройств. Взаимодействия между тремя компонентами и возможные результаты показаны на рис. 1.

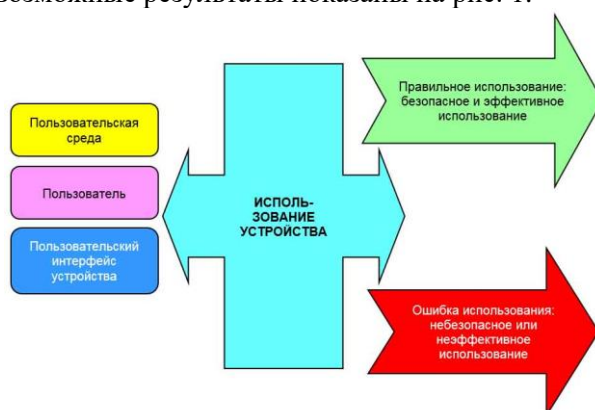


Рис. 1. Основные компоненты системы «устройство-пользователь»

Как и в других отраслях, инновации в области медицинских технологий начинаются с анализа и определения рынка, потребности которого не используются или не удовлетворяются,

Очевидным требованием при разработке нового медицинского устройства или любого другого устройства является то, что оно должно функционировать по назначению. Дизайн, ориентированный на человека, требует рассмотрения «работает ли это устройство так, как должно?» и можно ли пользователям успешно использовать устройство так, как оно предназначено для использования. Кроме этого, необходимо ответить на вопросы:

- понятны ли инструкции по применению, прилагаемые к этому медицинскому изделию, для врача, который будет его эксплуатировать?
- вписывается ли метод использования этого устройства для лечения?
- могут ли пользователи правильно манипулировать устройством или изменять настройки?

Человеческий фактор и проектирование удобства использования могут выполняться по-разному в зависимости от устройства и его требований. На высоком уровне шаги по учету человеческого фактора в производстве медицинских устройств следующие (рис. 2):

- 1 – Разработайте план инженерии человеческого фактора.
- 2 – Соберите ранние исследования пользователей.
- 3 – Определите отдельные группы пользователей, поймите их потребности и попытайтесь предугадать, как они будут взаимодействовать с устройством.
- 5 – Примените результаты исследования пользователей, чтобы изменить дизайн устройства и создать прототип.
- 6 – Проведите формирующие исследования с несколькими людьми из каждой группы пользователей (5–9 человек на отдельную группу пользователей).
- 7 – Внесите необходимые изменения в устройство на основе результатов, а затем при необходимости выполните дополнительные формирующие исследования.

Когда устройство и маркировка будут близки к завершению, завершите валидационное исследование с участием не менее 15 человек из каждой значимой группы пользователей.

8 – Разработка концепции.

9 – Инженерное проектирование.

10 – Прототипирование и тестирование.

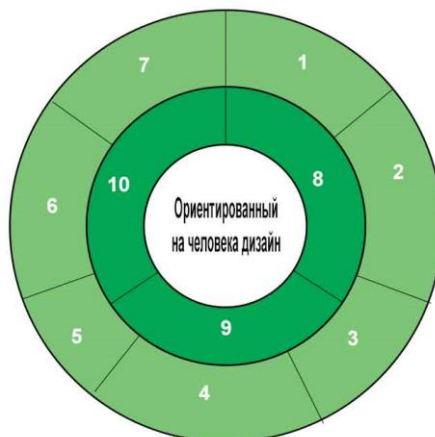


Рис. 1. Основные компоненты системы «устройство-пользователь»

Неправильное использование медицинского устройства может привести к серьезной травме или даже смерти. Инвестирование в человеческий фактор в процессе проектирования и разработки может помочь выявить потенциальные проблемы и снизить риск неправильного использования устройства еще до того, как оно появится на рынке.

Учет человеческого фактора на ранних стадиях процесса проектирования медицинского устройства имеет важное значение для снижения ошибок и рисков, связанных с использованием.

Человеческий фактор и удобство использования играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности медицинского изделия. Большое количество медицинских устройств используется для критического наблюдения за пациентами, и ошибки в использовании, приводящие к причинению вреда пациенту, постепенно становятся основной причиной беспокойства как производителей, так и пациентов. Причиной таких ошибок часто может быть плохо спроектированный пользовательский интерфейс устройства, особенно когда речь идет о сложной пользовательской системе.

Инфузионные насосы, аппараты ИВЛ, автоматические электронные дефибрилляторы и устройства, сочетающие лекарство и лекарство (например, автоинъекторы), признаны потенциально имеющими проблемы, связанные с пользовательским интерфейсом, которые могут привести к серьезным опасностям, таким как передозировки и опасные задержки или трудности с доставкой лекарств.

Подсчитано, что до 50% отказов медицинских устройств связаны с проблемами конструкции, которые приводят к ошибкам пользователя. Около 36% случаев отзыва изделий медицинского назначения инициируются из-за проблем с конструкцией медицинского изделия.

Поскольку медицинские устройства все больше зависят от технологий, сбои в разработке программного обеспечения стали основной причиной отзывов медицинских устройств. Компании-производители медицинского оборудования, которые не обеспечивают должным образом качество программного обеспечения своих устройств, создают дополнительный риск программных аномалий, которые могут привести к дорогостоящим ошибкам.

Основная цель исследований человеческого фактора заключается в обеспечении того, чтобы конструкция медицинского изделия способствовали безопасному и эффективному использованию со стороны конечного пользователя. Исследования человеческого фактора позволяют инженерам-конструкторам включать эргономичный дизайн в свои основные требования.

Предварительные анализы и оценки

Предварительный анализ и оценка выполняются для выявления пользовательских задач, компонентов пользовательского интерфейса и проблем с использованием на ранних этапах процесса проектирования. Эти анализы помогают сосредоточить процессы ИЧФ/ИУИ на дизайне пользовательского интерфейса по мере его разработки, чтобы его можно было оптимизировать с точки зрения безопасного и эффективного использования. Одним из наиболее важных результатов этого анализа является всесторонняя идентификация и категоризация пользовательских задач, что приводит к списку критических задач.

Человеческий фактор и инженерия удобства использования предлагают множество методов для изучения взаимодействия между устройствами и их пользователями. Выбор подходов при разработке нового или модифицированного устройства зависит от многих факторов, связанных с усилиями по разработке конкретного устройства, таких как уровень новизны планируемого устройства, начальный уровень знаний о типе устройства и пользователях устройства.

Часто используемые методы анализа и оценки ИЧФ/ИУИ можно использовать для выявления проблем, о которых известно, что они существуют в предыдущих версиях устройства.

Аналитические и эмпирические методы могут быть полезны для выявления связанных с использованием опасностей и опасных ситуаций. Эти методы взаимозависимы и должны использоваться взаимодополняющими способами. Результаты этих анализов и оценок следует использовать для обоснования усилий по управлению рисками.

Анализ последствий режима отказа (АПРО)

Применение подхода к анализу безопасности использования, основанного на анализе последствий вида отказа, является наиболее успешным, когда его выполняет команда, состоящая из специалистов соответствующих областей специализации. В группу анализа могут входить лица, имеющие опыт использования устройства, например, пациент, использующий устройство, или клинический эксперт, а также инженер-конструктор и специалист по человеческому фактору. Командный подход гарантирует, что анализ включает несколько точек зрения на потенциальные ошибки использования и вред, который может быть нанесен. Команда проводит «мозговой штурм» возможных сценариев использования, которые могут привести к «режиму отказа», и рассматривает задачи и потенциальный вред для каждой возможной ошибки использования.

Анализ дерева отказов (АДО)

Анализ дерева отказов отличается от анализа последствий режима отказа тем, что он начинается с определения и рассмотрения «ошибок» (опасностей, связанных с использованием), связанных с использованием устройства (подход «сверху вниз»), тогда как АПРО начинается с взаимодействия с пользователем («подход «снизу вверх») и исследует, как они могут привести к отказам. Как и в случае с АПРО, АДО лучше всего выполняется разнообразной командой, использующей метод мозгового штурма. Еще больше, чем для АПРО, анализ задач важен для построения дерева отказов АДО, которое включает все аспекты взаимодействия пользователя и устройства. Хотя АПРО и АДО часто используются для выявления и классификации опасностей, связанных с использованием, их эффективность зависит от того, в какой степени члены команды могут аналитически вывести все опасности и ошибки использования, которые могут причинить вред при использовании устройства.

АПРО, АДО и родственные подходы могут использоваться для выявления и классификации опасностей, связанных с использованием, но затем результаты следует использовать для информирования планов испытаний с имитацией использования, которые могут подтвердить и дополнить результаты процессов аналитического анализа рисков. Аналитические процессы не включают реальных пользователей и не представляют собой реальное использование. Ошибки использования часто «неожиданны» для аналитиков. По этой причине рекомендуется выполнить тестирование с имитацией использования, которое должно быть разработано для выявления ошибок использования, которые ранее не были обнаружены или идентифицированы.

Важной целью процесса предварительного анализа и оценки является определение важнейших задач, которые пользователи должны выполнять правильно, чтобы использование медицинского изделия было безопасным и эффективным.

Необходимо классифицировать пользовательские задачи на основе серьезности потенциального вреда, который может возникнуть в результате ошибок использования, как это определено в анализе рисков. Цель состоит в том, чтобы определить задачи, которые в случае их неправильного выполнения или невыполнения могут причинить серьезный вред. Для этой цели может использоваться анализ рисков в виде анализа последствий видов отказов и анализа дерева отказов.

Все риски, связанные с предупреждениями, предостережениями и противопоказаниями, должны быть включены в оценку рисков.

Список критических задач является динамическим. Он будет меняться по мере развития конструкции устройства и продолжения процесса предварительного анализа и оценки. По мере того, как взаимодействие пользователя с пользовательским интерфейсом станет более понятным, вероятно, будут определены и добавлены в список дополнительные критические задачи. Окончательный список критических задач используется для структурирования проверочного теста с человеческим фактором, чтобы убедиться, что он сосредоточен на задачах, связанных с безопасностью и эффективностью использования устройства. Следует учесть, что некоторые потенциальные ошибки использования могут быть не распознаны до тех пор, пока не будет проведено валидационное тестирование человеческого фактора, поэтому протокол тестирования должен включать механизмы для обнаружения ранее непредвиденных ошибок использования.

Заключение

Ошибки, связанные с использованием медицинских устройств, могут оказаться очень вредными для пациентов, поэтому повышение стандартов удобства использования приводит к интерактивным устройствам, которые уменьшают риск человеческих ошибок. В статье подчеркивается важность юзабилити-инжиниринга в процессе проектирования инновационного медицинского устройства и анализа рисков на протяжении всего процесса разработки юзабилити.

Список литературы

1. R. J. Branaghan, L. B. Foster, M. Palmer, and J. Crosby, "Design Considerations for Life-Sustaining Medical Devices Used at Home," *Proc. Int. Symp. Hum. Factors Ergon. Heal. Care*, vol. 6, no. 1, pp. 185–188, 2017.
2. J. Zhang, T. R. Johnson, V. L. Patel, D. L. Paige, and T. Kubose, "Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices," *J. Biomed. Inform.*, vol. 36, no. 1–2, pp. 23–30, 2003.
3. P. A. Doyle, A. P. Gurses, and P. J. Pronovost, "Mastering Medical Devices for Safe Use: Policy, Purchasing, and Training," *Am. J. Med. Qual.*, vol. 32, no. 1, pp. 100–102, 2017.
4. "ISO 9241-210:2010 - Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems." [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/52075.html>. [Accessed: 18-Jul-2019].
5. L. Heinemann, D. Drossel, G. Freckmann, and B. Kulzer, "Usability of Medical Devices for Patients with Diabetes Who Are Visually Impaired or Blind," *J. Diabetes Sci. Technol.*, vol. 10, no. 6, pp. 1382–1387, 2016.
6. D. Quesada-González and A. Merkoçi, "Nanomaterial-based devices for point-of-care diagnostic applications," *Chem. Soc. Rev.*, vol. 47, no. 13, pp. 4697–4709, 2018.
7. M. Schmettow, R. Schnittker, and J. M. Schraagen, "An extended protocol for usability validation of medical devices: Research design and reference model," *J. Biomed. Inform.*, vol. 69, pp. 99–114, 2017.
8. S. Borsci, P. Buckle, and G. B. Hanna, "Why you need to include human factors in clinical and empirical studies of in vitro point of care devices? Review and future perspectives," *Expert Rev. Med. Devices*, vol. 13, no. 4, pp. 405–416, 2016.

УДК 544.032.65+615.277.3+ 615.831.7

СРАВНЕНИЕ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ИНДОТРИКАРБОЦИАНИНОВОГО КРАСИТЕЛЯ И ФОТОЛОНА

М.П. САМЦОВ¹, Д.С. ТАРАСОВ^{1,2}, А.П. ЛУГОВСКИЙ¹,
Е.С. ВОРОПАЙ², Р.Д. ЗИЛЬБЕРМАН³, А.О. САВИН³

¹НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ (Минск, Беларусь)

²Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь)

³ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Беларусь)

Аннотация. В работе проведено сравнение противоопухолевой активности нового индоотрикарбоцианинового фотосенсибилизатора и разрешенного для клинического применения фотосенсибилизатора Фотолон. Исследования противоопухолевой активности фотосенсибилизаторов проводились на половозрелых инбредных мышках-самках линии C57BL/6, которым на наружную поверхность бедра перевивали асцитную карциному Эрлиха. Доза препарата, время начала фотовоздействия, длина волны излучения, энергия и плотность мощности облучения для обоих фотосенсибилизаторов выбирались в соответствии с протоколом его использования. Для фотодинамической активации индоотрикарбоцианинового фотосенсибилизатора использовался полупроводниковый лазерный источник света собственной разработки (длина волны излучения 750 нм). Фотовоздействие с фотосенсибилизатором Фотолон проводилось с помощью лазерного терапевтического аппарата «ФДТ-лазер» (длина волны излучения 660 нм). На основе анализа динамики роста опухоли в течение 21 суток после проведения фотодинамической терапии, установлено, что новый фотосенсибилизатор обладает противоопухолевой фотодинамической активностью не хуже, чем для применяемого в клинической практике Фотолон, а по некоторым важным для фотосенсибилизаторов параметрам превосходит его.

Ключевые слова: индоотрикарбоцианиновые красители, фотодинамическая терапия, фотосенсибилизатор.

COMPARISON OF THE ANTI-TUMOR PHOTODYNAMIC ACTIVITY OF THE PHOTOSENSITIZER BASED ON INDOTRICARBOCYANINE DYE AND PHOTOLON

MICHAEL P. SAMTISOV¹, DMITRI S. TARASAU^{1,2}, ANATOLY P. LUGOVSKI¹,
EUGENE S. VOROPAY², ROMAN D. ZILBERMAN³, ALEXANDER .O. SAVIN³

¹A.N Sevchenko Institute for Applied Physical Problems of BSU (Minsk, Belarus)

²Belarussian State University (Minsk, Belarus)

³Institute of Bioorganic Chemistry NAS of Belarus (Minsk, Belarus)

Abstract. The paper compares the antitumor activity of a new indotricarboyanine photosensitizer and Photolon, a photosensitizer approved for clinical use. Studies of the antitumor activity of photosensitizers were carried out on mature inbred female mice of the C57BL/6 line, which were transplanted onto the outer surface of the thigh with Ehrlich's ascitic carcinoma. The dose of the drug, the time of the start of photoexposure, the wavelength of radiation, the energy and power density of irradiation for both photosensitizers were chosen in accordance with the protocol of its use. For photodynamic activation of the indotricarboyanine photosensitizer, a semiconductor laser light source with a radiation wavelength of 750 nm of our own design was used. Photoexposure with a photosensitizer Photolon was carried out using a laser therapeutic device "PDT-laser" with a wavelength of 660 nm. Based on the analysis of tumor growth dynamics within 21 days after photodynamic therapy, it was found that the new photosensitizer has antitumor photodynamic activity no worse than that of Photolon used in clinical practice, and surpasses it in some important parameters for photosensitizers.

Keywords: indotricarboyanine dyes, photodynamic therapy, photosensitizer.

Введение

Фотодинамическая терапия (ФДТ) занимает одну из ведущих позиций среди современных методов лечения злокачественных новообразований. Дальнейшее развитие метода ФДТ связывают с созданием фотосенсибилизаторов (ФС) нового поколения, требования к которым не ограничиваются только высоким терапевтическим эффектом. Научным сообществом ведется разработка новых ФС, которые активируются световым излучением в окне прозрачности биотканей (700-900 нм). Это позволяет повысить глубину как повреждения, так и диагностики новообразований. По результатам комплексных исследований фотофизических свойств ряда индотрикарбоцианиновых красителей в модельных средах и опухолевых моделях на экспериментальных животных *in vivo* выделен краситель с оптимальными свойствами для тераностики злокачественных новообразований [1]. На данном этапе разработки отработана схема синтеза и лабораторный регламент получения нового ФС, разработан прототип лекарственной формы препарата на основе глюкозы, определены оптимальные условия проведения сеанса фотодинамической терапии в экспериментах с перевивными опухолями на лабораторных животных. В данной работе представлены результаты сравнения его терапевтических свойств с разрешенным к применению в клинической практике ФС Фотолон (РУП «Белмедпрепараты», Беларусь).

Методика проведения эксперимента

Исследование противоопухолевой активности фотосенсибилизаторов проводились на половозрелых инбредных мышках-самках линии С57BL/6 массой 18-20 г (получены в виварии ИБОХ НАНБ). В качестве модели опухолевого роста использовали аденокарциному Эрлиха (АКЭ), инокулированную подкожно на наружную поверхность бедра. Поддержание опухолевой линии осуществлялось на мышках линии ICR путем перевивки неразведенного асцита опухоли от животного-донора животному-реципиенту каждые 9-11 дней. Для перевивки опухоли мышкам подкожно вводился разведенный в стерильном 0,9 % растворе натрия хлорида АКЭ до концентрации $1 \cdot 10^6$ клеток на 0,1 мл. Подсчет количества клеток проводили с помощью камеры Горяева в 100 больших квадратах. Эксперимент для двух фотосенсибилизаторов проводили через 10 дней после перевивки животным в одном эксперименте. Опытные и контрольные группы формировались из животных с опухолями, объем которых достиг 30-40 мм³ (линейные размеры опухолевого узла порядка 4-6 мм).

Доза препарата, время начала фотовоздействия, длина волны излучения, энергия и плотность мощности облучения для обоих ФС выбирались в соответствии с протоколом его использования. Для нового фотосенсибилизатора исходили из результатов собственных исследований. Так индотрикарбоцианиновый ФС использовался в виде прототипа лекарственной формы: смесь хроматографически чистого красителя с безводной глюкозой в соотношении 1:30. Начало фотовоздействия осуществлялось в соответствии с его фармакокинетикой через час после введения ФС. Для облучения использовался полупроводниковый лазерный источник света собственной разработки, с длиной волны излучения 750 нм.

Для Фотолона ориентировались на протокол и результаты исследования его противоопухолевой активности, выполненные разработчиками. Облучение проводилось с помощью лазерного терапевтического аппарата «ФДТ-лазер» (Институт физики НАНБ), который разрешен к применению в медицинской практике и предназначен для ФДТ с использованием ФС Фотолон (длина волны излучения 660 нм).

При этом параметры проведения ФДТ были идентичными по следующим пунктам (таблица 1): одинаковая опухолевая модель, способ введения препарата, параметры светового пятна на поверхности опухолевого узла. Животные во время эксперимента находились под общим тиопенталовым наркозом, дополнительно обездвигивались на специальной площадке с помощью фиксаторов. С целью обеспечения одинаковых условий фотовоздействия на образцы подвод светового излучения от разных лазеров осуществлялся с помощью одного и того же световода и линзового растрового рассеивателя.

Противоопухолевая активность фотосенсибилизаторов оценивалась согласно рекомендациям Фармкомитета по доклиническим исследованиям лекарственных средств [2]. Для объективной оценки противоопухолевой активности рассчитывался коэффициент торможения роста опухоли (ТРО):

$$TPO, \% = \frac{V_{\text{контроль}} - V_{\text{опыт}}}{V_{\text{контроль}}} \times 100\% \quad (1)$$

где $V_{\text{контроль}}$ – средний объем опухоли (мм³) контрольной группы; $V_{\text{опыт}}$ – средний объем опухоли (мм³) опытной группы.

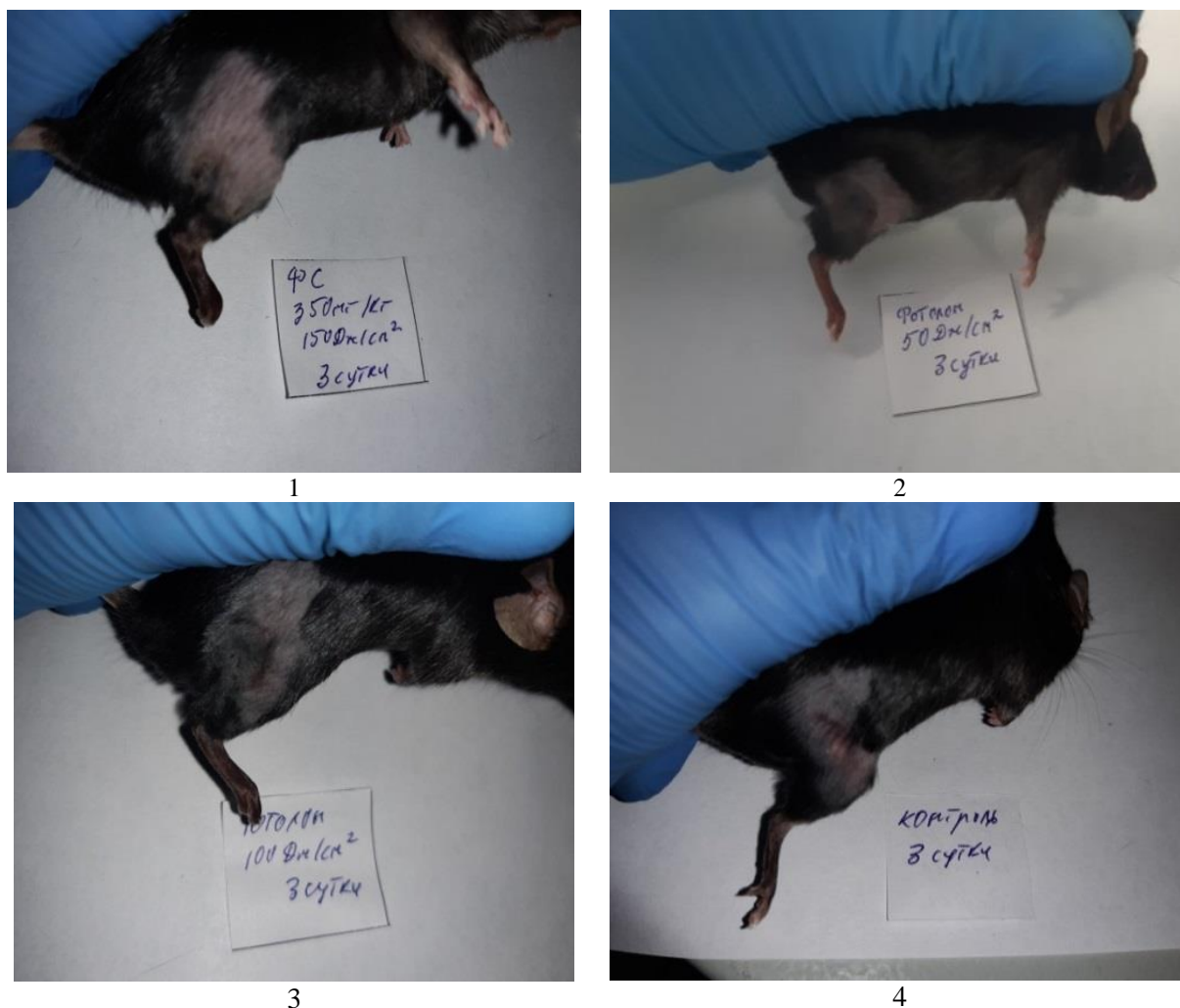
Таблица 1. Параметры исследования противоопухолевой активности ФДТ при использовании нового ФС и Фотолон

	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Опухолевая модель	Аденокарцинома Эрлиха на мышцах линии С57В1/6		
Фотосенсибилизатор	Фотолон (РУП «Белмедпрепараты»)		Индотрикарбоцианиновый ФС
Кол-во животных	10		
Источник фотовоздействия	660 нм	660 нм	750 нм
Световая доза ФДТ	50 Дж/см ²	100 Дж/см ²	140 Дж/см ²
Плотность мощности	150 мВт/см ²	150 мВт/см ²	100 мВт/см ²
Доза ФС	5 мг/кг	5 мг/кг	10,7 мг/кг
Введение	внутривенно		
Начало облучения после введения	60 минут		
Длительность облучения	5,5 минут	11 минут	23 минут
Длительность наблюдения после ФДТ	21 сутки		

Результаты и их обсуждение

В течение 21 суток проводилось наблюдение за состоянием животных и динамикой роста опухолей в опытных и контрольных группах. Для обоих исследованных ФС наблюдается одинаковая динамика роста опухоли после ФДТ. На 3-5 сутки после проведения ФДТ у животных испытываемых группах 1-3 на месте локализации опухоли наблюдались ожоги с формированием струпа, наблюдалось нарушение функционирования лапы (особенно в группе 2). Нормализация состояния лапы происходит через 7 – 14 суток после облучения.

На 3 сутки у животных опытных групп среди пораженных ожогом тканей опухолевые узлы не обнаруживались (рисунок 1). Заживление ран у животных протекало достаточно быстро, однако неравномерно для разных опытных групп. Наиболее медленно этот процесс протекал у животных, которым вводился ФС Фотолон и проводилось облучение при энергетической экспозиции 100 Дж/см².



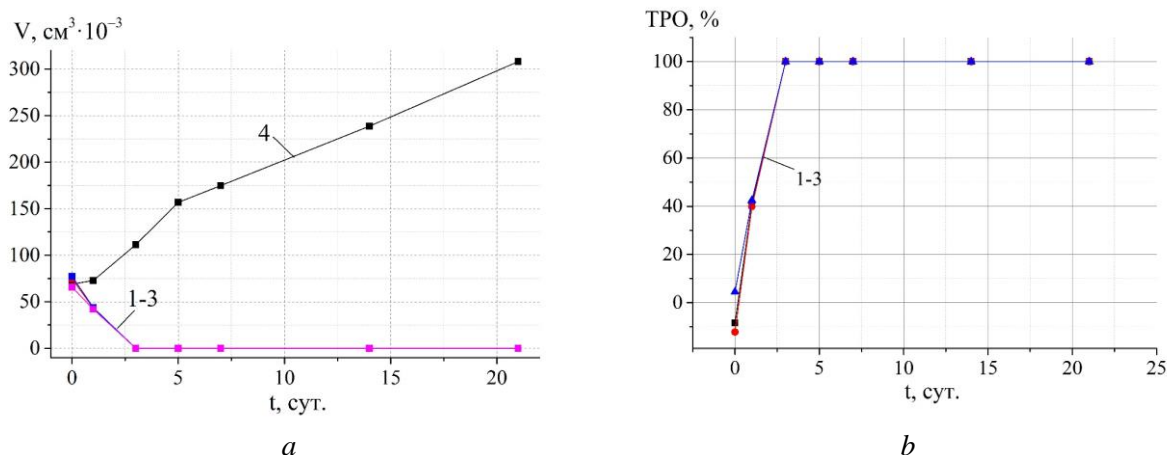
1 – индотрикарбоцианиновый ФС $10,7\text{ мг/кг}$ + облучение 750 нм , 140 Дж/см^2
2 – ФС Фотолон 5 мг/кг + облучение 660 нм , 50 Дж/см^2
3 – ФС Фотолон 5 мг/кг + облучение 660 нм , 100 Дж/см^2
4 – контроль

Рис. 1. Динамика роста опухоли и ТРО у мышей C57BL/6 с привитой АКЭ после в/в введения индотрикарбоцианинового ФС или ФС Фотолон и проведения ФДТ

На 14 и 21 сутки после проведения ФДТ опухоли не выявлялись ни в одной из испытуемых групп. В контрольных группах рост опухоли продолжается, на 21 сутки объем опухоли увеличился в 6-8 раз. Анализ динамики роста опухоли и ТРО позволяет заключить, что при обеспечении оптимальных условий фотодинамической терапии ФС Фотолон и новый ФС демонстрируют одинаковую противоопухолевую активность для опухолевого штамма асцитной карциномы Эрлиха (рисунок 2).

Фотолон относится к фотосенсибилизаторам второго поколения, в то время как индотрикарбоцианиновый краситель по многим параметрам соответствует третьему и четвертому поколению ФС [3-5]. Новый ФС характеризуется интенсивным поглощением и флуоресценцией в области $700 - 800\text{ нм}$, где максимально пропускание биологических тканей. Использование источников возбуждения с длиной волны в этом диапазоне повышает глубину повреждения опухолевых тканей (до $20 - 30\text{ мм}$) и глубину регистрации флуоресценции (до 15 мм), что расширяет терапевтический и диагностический потенциал нового ФС [6]. Индекс контрастности накопления индотрикарбоцианинового красителя в зависимости от опухолевого штамма лежит в диапазоне 4-7, тогда как для ФС Фотолон этот параметр составляет ~ 2 . В экспериментах с лабораторными животными для индотрикарбоцианинового красителя выявлена высокая скорость выведения: через сутки после сеанса ФДТ его концентрация в

тканях снижается на порядок. Для него установлена низкая общая токсичность и низкий уровень светобоязни после терапии.



- 1 – индотрикарбоцианиновый ФС 10,7 мг/кг + облучение 750 нм, 140 Дж/см²
2 – ФС Фотолон 5 мг/кг + облучение 660 нм, 50 Дж/см²
3 – ФС Фотолон 5 мг/кг + облучение 660 нм, 100 Дж/см²
4 – контроль

Рис. 2. Динамика роста опухоли и ТРО у мышей С57ВL/6 с привитой АКЭ после в/в введения индотрикарбоцианинового ФС или ФС Фотолон и проведения ФДТ

Заключение

Таким образом установлено, что новый фотосенсибилизатор обладает противоопухолевой фотодинамической активностью не хуже, чем для применяемого в клинической практике Фотолона, а по некоторым важным для фотосенсибилизаторов параметрам превосходит его.

Список литературы

1. Lugovski A.A., Samtsov M.P., Kaplevsky K.N., et al. Novel indotricarbocyanine dyes covalently bonded to polyethylene glycol for theranostics. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2016;316:31-36.
2. Миронова А.Н. *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая*. Москва: Гриф и К; 2012.
3. Oniszczyk A., Wojtunik-Kulesza K.A., Oniszczyk T., Kasprzak K. The potential of photodynamic therapy (PDT)—Experimental investigations and clinical use. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2016;83:912-929.
4. Abrahamse H., Hamblin M.R. New photosensitizers for photodynamic therapy. *Biochemical Journal*. 2016;473(4):347-364.
5. Lange N., Szlasa W., Saczko J., Chwiłkowska A. Potential of cyanine derived dyes in photodynamic therapy. *Pharmaceutics*. 2021;13(6):818.
6. Самцов М.П., Тарасов Д.С., Горященко А.С., Казачкина Н.И., Жердева В.В., Савицкий А.П., Меерович И.Г. Оптимизация параметров фантома для диффузионной флуоресцентной томографии биотканей in vivo. *Журн. Белорус. гос. ун-та. Физика*. 2018;1:33-40.

УДК 615.478.5

ОПТОРЕЛЕ МОДУЛЯ ПИТАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ТЕРМОШКАФА

В.В. ПАШКИЛЕВИЧ, А.М. СТАСИШИНА

*УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В данной работе разработан модуль питания для медицинского термошкафа с усовершенствованным оптореле на основе доступной элементной базы. В результате разработки соблюдены все технические характеристики и выполняются все функции оптореле внутри платы питания. Установлена возможность экономии денежных средств по изготовлению данной разработки в 10 раз. Предполагается, что применение данного модуля в медицинском термошкафу повысит безопасность и непрерывность подогрева воздуха внутри термошкафа, а также находящихся в нем предметов.

Ключевые слова: медицинский термошкаф, гипотермия, оптореле, модуль питания.

OPTO RELAY FOR POWER SUPPLY MODULE OF MEDICAL HEATING CABINET

V.V. PASHKILEVICH, A.M. STASISHINA

The Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Annotation. In this work, the power supply module is designed for the medical heating cabinet with the improved opto-relay on the basis of the accessible elemental base. As a result of the development, all technical characteristics are obeyed, and all functions of the opto-relay inside the power board are performed. The possibility of saving money for manufacturing of this design by 10 times is established. It is assumed that the use of this module in the medical heating cabinet will increase the safety and continuity of air heating air inside the heating cabinet, as well as objects located in it.

Key words: medical heating cabinet, hypothermia, opto-relay, power supply module.

Введение

Понижение температуры тела ниже, чем требуется для нормального обмена веществ (гипотермия — типовая форма расстройства теплового обмена организма, возникающая в результате действия на него низкой температуры внешней среды или значительного снижения теплопродукции в нем и характеризующаяся нарушением механизмов терморегуляции, что проявляется снижением температуры тела ниже нормы), часто возникает в до-, интра- и послеоперационные периоды.

В некоторых больничных помещениях температура находится ниже комфортного уровня для человека. Это не только операционные палаты, но и предоперационные отделения, палаты пробуждения, отделения радиологии, гинекологии, отделения неотложной помощи и другие помещения, где пациентам оказывают медицинскую помощь.

Кроме внешних факторов у пациента может быть понижена температура тела по другим причинам: введение холодных инфузионных растворов, воздействие фармакологических препаратов с сосудорасширяющим действием и миорелаксантов, отсутствие «теплой» одежды, чувство беспокойства. Возраст, вес, рост и физическое состояние пациента могут также влиять на температуру тела. Особого внимания требуют больные повышенной группы риска: дети и пожилые люди, больные со сниженной массой тела, обширными ожогами, нарушениями метаболизма, мышечными атрофиями различного генезиса, сахарным диабетом. Гипотермия у новорожденных, в частности у недоношенных, — прямая угроза жизни.

Низкие температуры могут оказывать неблагоприятное воздействие на пациента. Дооперационная гипотермия связана с более высокими показателями смертности,

продолжительным временем кровотечения, увеличением нагрузки на сердечно-сосудистую систему, появлением неврологических отклонений. Интра- и постоперационная гипотермия осложняет послеоперационный уход, нарушает процесс заживления ран, увеличивает частоту возникновения инфекций, медикаментозную нагрузку, что в целом увеличивает время пребывания пациента в медицинском учреждении.

Чтобы избежать неблагоприятных последствий медицинский персонал должен заранее предпринимать действия для предотвращения гипотермии на всех этапах, начиная с предоперационного периода и заканчивая послеоперационным. Медицинский термошкаф предназначен для подогрева и хранения медицинских изделий, растворов и жидкостей для инфузионной терапии, парафиновых и церезиновых производных, больничных одеял и другого текстиля, нательного и постельного белья при заданной температуре.

Разрабатываемый модуль питания позволяет совместить в себе плату питания для медицинского термошкафа с усовершенствованным оптореле, созданным на базе доступной элементной базы. Описанный вариант модуля питания с программируемой защитой от перегрева является надёжным, достаточно прост в эксплуатации, отвечает всем требованиям, предъявляемым к медицинской технике.

Таким образом, целью данной работы является разработка модуля питания с программируемой защитой от перегрева (срабатывающая при достижении температуры в 60°C), реализующейся с использованием усовершенствованного оптореле на основе доступной элементной базы.

Результаты и их обсуждение

Твердотельное реле CX380D5, часто использующееся в термошкафах медицинских учреждений нашей страны, является дорогостоящим элементом американского происхождения. На рис. 1 представлена электрическая принципиальная схема разработанного оптореле модуля питания медицинского термошкафа на основе доступной элементной базы, не уступающая по техническим характеристикам американскому аналогу CX380D5.

Разработанная электрическая схема замены оптореле предназначена для управления различными нагрузками, подключаемыми к сети переменного тока (220 В), и реализуется следующим образом.

При отсутствии управляющего постоянного напряжения (УН) на контактах разъема XS1, оптрон DA1 "закрыт" и не пропускает ток через свою выходную цепь, управляющую работой двух силовых тиристоров. В этом положении, тиристоры также "закрыты" и не пропускают ток через подключенную нагрузку. При подаче УН, оптрон "открывается" и подает ток на ножки управления тиристоров, которые в свою очередь тоже "открываются", подключая нагрузку к сети. Когда УН снимается, схема возвращается в исходное состояние.

Электрическая схема разработанного оптореле должна:

- обеспечивать гальваническую развязку цепей управления от сети;
- включать/выключать нагрузку в момент перехода сетевого напряжения через ноль;
- управлять самой нагрузкой мощностью до 1000 Вт.

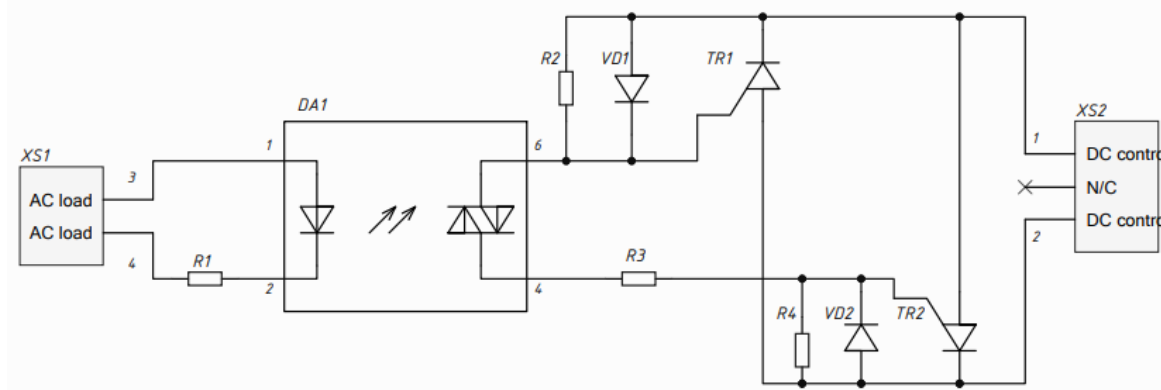


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная разработанного оптореле модуля питания медицинского термошкафа

Выбор элементной базы проводится на основе схемы электрической принципиальной с учетом требований, изложенных техническим заданием. Эксплуатационная надежность элементной базы во многом определяется правильным выбором типа элементов при проектировании и использовании в режимах, не превышающие допустимые значения, а именно для нашей схемы: потребляемая мощность – до 1000 Вт, температура – до 85 °С. Подобрать элементную базу (табл. 1), разработана печатная плата в комплексной системе автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств (САПР) Altium Designer.

Таблица 1. Перечень элементов печатной платы оптореле

DA1	Оптопара МСC3063SM SMD-6
R1-R3	Резисторы SMD 0805 0,25 Вт, 240 Ом±5%
R4	Резистор SMD 1206 0,5 Вт, 360 Ом±5%
TR1, TR2	Тиристоры MCR708AG
VD1, VD2	Диоды RS21 DO-214
XS1	Вилка MPW-2R
XS2	Вилка MPW-3R

С помощью САПР Altium Designer разработана интегрированная библиотека, содержащая в себе ряд необходимых компонентов и соответствующих им посадочных мест, создан проект печатной платы, проведена трассировка печатной платы (рис.2) и создана 3D модель.

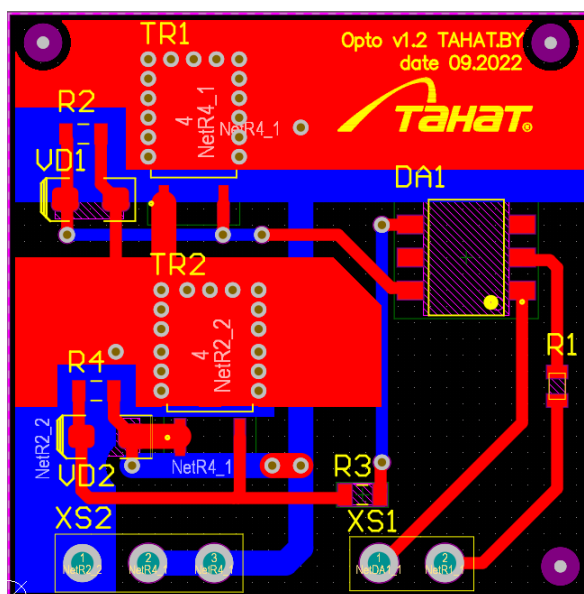


Рис. 2. Трассировка печатной платы оптореле

В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF). Файл Gerber – это файл, который содержит информацию необходимую для производства печатных плат, благодаря которому после создания проекта печатной платы оптореле реализуется на предприятии ОДО «ТахатАкси» (г. Минск, Республика Беларусь) и будет запущено в экспериментальную эксплуатацию в ближайшее время для дальнейшего анализа работы модуля питания медицинского термощафа (рис. 3).

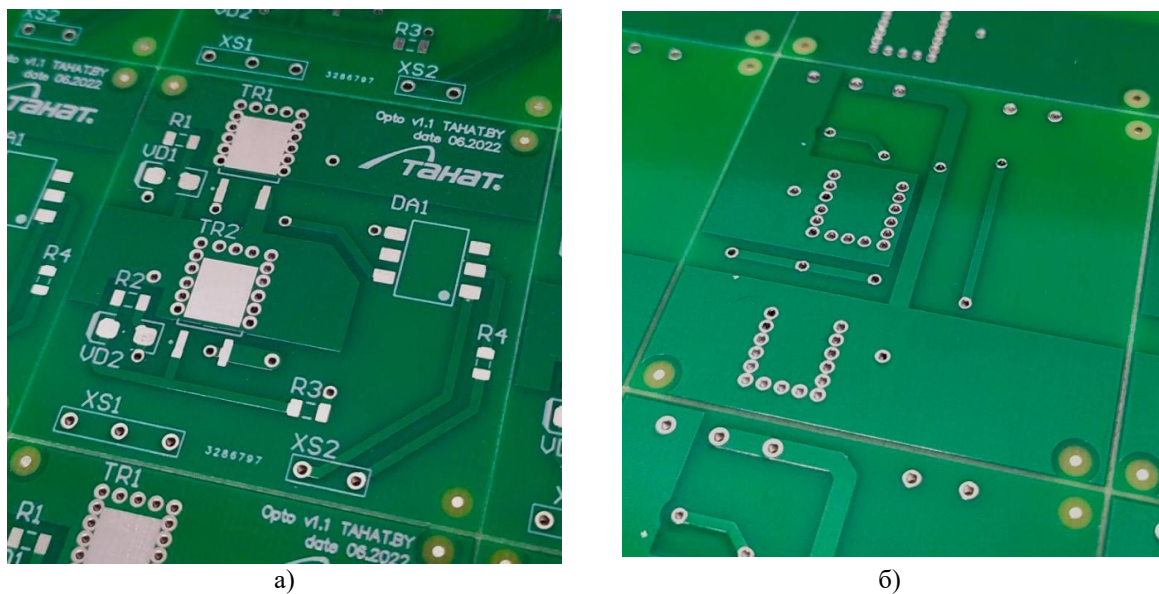


Рис. 3. Печатная плата оптореле: а – вид сверху; б – вид снизу

Заклучение

С помощью комплексной системы автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств Altium Designer создана печатная плата оптореле модуля питания медицинского термощафа, основывающаяся на использовании доступной элементной базы и позволяющая, таким образом, сэкономить денежные средства по ее изготовлению до 10 раз, а также позволяющая повысить безопасность и непрерывность подогрева воздуха внутри термощафа и находящихся в нем предметов.

УДК 537.636

ИНДУЦИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Г.А. ГОВОР¹, Ю.В. ТИМОШКОВ², А.О. ЛАРИН¹, А.В. МАТЮШКО³

¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» (г. Минск, Беларусь)

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (г. Минск, Беларусь)

³ООО «Технология и медицина 2030»

Аннотация. В настоящее время проблема заболевания различных внутренних органов, центральной и периферической нервных систем человека является актуальной задачей, требующей своего решения. В работе приводятся результаты исследований влияния индуцированного электрического воздействия на нервно-мышечную, репродуктивную, костную и другие системы организма с целью стабилизации их работы. Аппараты индукционной терапии обеспечивают бесконтактное воздействие импульсным магнитным полем и применяются как в условиях медицинских учреждений, так и на дому, при заболеваниях суставов, мышц, ЦНС и бронхолегочной системы, мочеполовых органов и других систем организма. Разработка и изготовление соответствующей аппаратуры для реализации разработанного способа, позволит, с одной стороны, проводить лечение заболеваний населения, с другой стороны расширит экспортные возможности предприятий.

Ключевые слова: магнитное поле, импульсное воздействие, магнитная стимуляция, магнитная индукция, удельное сопротивление, напряженность, аппарат индукционной терапии.

INDUCED IMPACT BY A PULSED MAGNETIC FIELD

GENNADI.A. GOVOR¹, YURI.V. TIMOSHKOV², ARTEM.O. LARIN¹, ALEXEY.V. MATUSHKO³

¹SSPA "Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus"

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

³LLC "Technology and Medicine 2030"

Abstract. Currently, the problem of diseases of various internal organs, the central and peripheral nervous systems of a person is an urgent task that needs to be solved. The paper presents the results of studies of the effect of induced electrical effects on the neuromuscular, reproductive, bone and other systems of the body in order to stabilize their work. Induction therapy devices provide non-contact exposure to a pulsed magnetic field and are used both in medical institutions and at home, for diseases of the joints, muscles, central nervous system and bronchopulmonary system, genitourinary organs and other body systems. The development and manufacture of appropriate equipment for the implementation of the developed method will, on the one hand, allow for the treatment of diseases of the population, on the other hand, it will expand the export opportunities of companies.

Keywords: magnetic field, pulse action, magnetic stimulation, magnetic induction, resistivity, field strength, induction therapy apparatus.

Введение

Живой организм, состоящий из большого количества взаимосвязанных биоэлектрических систем с вольтовым потенциалом, по той или иной причине допускает нарушения их работы, приводящие к тем или иным заболеваниям.

Сравнительная оценка различного рода воздействий для исправления нарушений в работе систем, в первую очередь в нарушении электрического потенциала взаимодействия, показывает, что индукционное воздействие импульсными определенной частоты магнитными полями высокой интенсивности порядка 1,2 – 1,5 Тесла при заданной форме импульсов длительностью 150 – 300 мксек является достаточным для исправления их работы. Величина

напряженности электрического поля в этом случае составляет от 10 до 100 В/м в зависимости от глубины проникновения магнитного поля. При этом воздействие ИМП на уровне клетки имеет не повреждающий характер механизма взаимодействия.

Стимуляция импульсным магнитным полем центральной и периферической нервных систем, различных внутренних органов состоит, прежде всего, в оптимизации процесса создания индуцированного электрического поля в заданном месте, по величине достаточного для активации тех или иных процессов.

Процесс оптимизации воздействия включает в себя, как следствие, определение формы и длительности импульса магнитного поля, частоты следования импульсов и распределения магнитного поля вблизи излучателя. Эти вопросы магнитной стимуляции исследованы в ряде работ [1-3] и предложен ряд решений в патентах [4-8]. Анализ приведенных работ показал всю неоднозначность и противоречивость решений вышеуказанных проблем магнитной стимуляции.

Методика проведения эксперимента

Один из основных вопросов магнитной стимуляции – это оптимизация распределения магнитного поля вблизи излучателя, в том числе ориентация вектора магнитной индукции по отношению к облучаемой поверхности. При рассмотрении этого вопроса можно выделить два основных типа воздействия, таких как двухполюсное и однополюсное. В случае двухполюсного облучения, направление вектора магнитной индукции B_{\parallel} будет параллельно поверхности воздействия. В этом случае циркуляция вектора напряженности электрического поля E нормальна облучаемой поверхности:

$$\text{rot}(E) = -dB / dt. \quad (1)$$

Индукцированное циркулярное электрическое поле приводит к возникновению электрического тока, величина которого зависит от суммарного удельного сопротивления внутренних слоев и кожного покрова:

$$\rho = \rho_n + \rho_e. \quad (2)$$

где ρ_n – удельное сопротивление кожного покрова, ρ_e – удельное сопротивление внутренних слоев.

Поскольку удельное сопротивление кожи существенно выше сопротивления внутренних слоев, то величина индуцированного тока в случае двухполюсного облучения будет минимальна:

$$\rho_n \gg \rho_e. \quad (3)$$

Этого недостатка лишен метод однополюсного облучения, при котором направление вектора магнитной индукции B_{\perp} нормально облучаемой поверхности. Последнее определяет направление циркуляции вектора напряженности электрического поля параллельно поверхности непосредственно в мягких тканях, характеризующихся низким удельным сопротивлением. В результате величина индуцированного тока при однополюсном воздействии существенно выше, чем при двухполюсном облучении.

Как следует из сказанного, эффективность однополюсного метода воздействия импульсным магнитным полем будет существенно выше, чем при двухполюсном облучении. В связи с этим магнитная стимуляция при двухполюсной схеме облучения представляется менее эффективной в сравнении с однополюсной [9].

Более высокая эффективность однополюсного метода воздействия импульсным магнитным полем определяет конструктивные параметры источника импульсного магнитного поля.

Результаты и их обсуждение

Важным для магнитной стимуляции является оптимизация импульса магнитного поля – его формы, амплитуды и длительности.

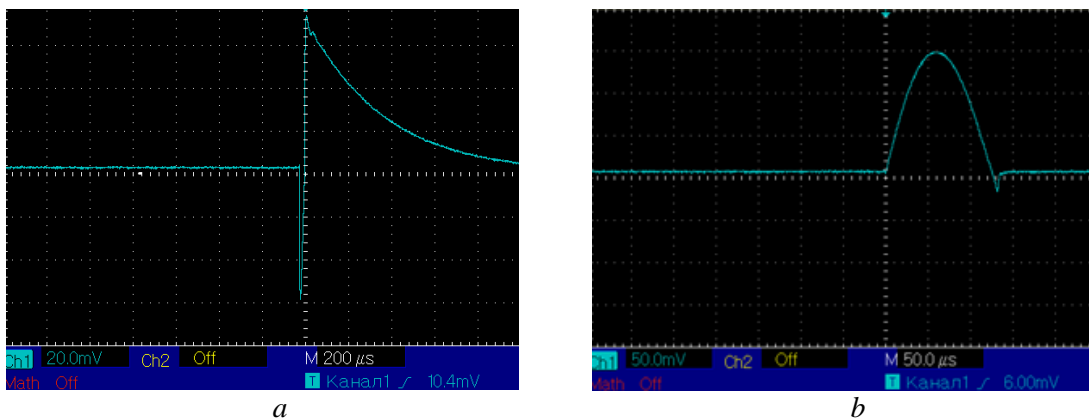


Рис. 1. Формы импульса магнитного поля в аппаратах СЕТА-Д (a) и СЕТА-МФ (b)

На рис. 2. приведено изменение интенсивности магнитного поля в зависимости от расстояния от соленоида в аппарате СЕТА-Д и СЕТА-1.

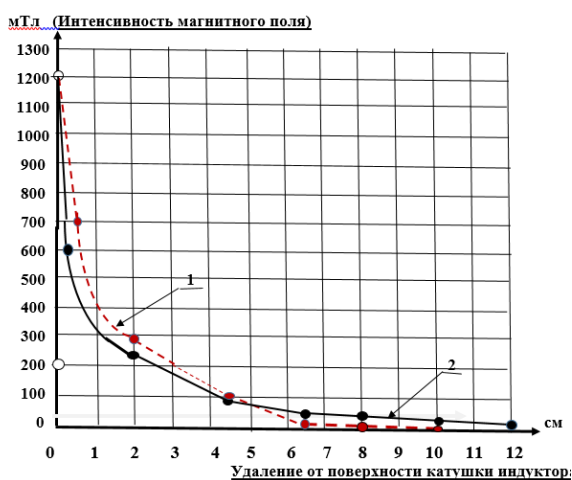


Рис. 2. Изменение интенсивность магнитного поля от расстояния от индуктора в СЕТА-Д – 1 и СЕТА-1 – 2

Серийно производится рядом предприятий в течении последних десятилетий аппараты индукционной терапии различных модификаций от АВІМП до СЕТА-Д.



Рис. 3. Аппарат индукционной терапии АВІМП



Рис. 4. Аппарат индукционной терапии СЕТА-Д



Рис. 5. Аппарат индукционной терапии косметический СЕТА-МФ



Рис. 6. Аппарат индукционной терапии косметический СЕТА-1

Аппарат индукционной терапии СЕТА-МФ выполнен с использованием композиционных магнитомягких (SMC) материалов.

Заключение

Аппараты индукционной терапии обеспечивает бесконтактное воздействие импульсным магнитным полем и применяются как в условиях медицинских учреждений, так и на дому, при заболеваниях суставов, мышц, ЦНС и бронхолегочной системы, мочеполовых органов и других систем организма. В работе приводятся результаты исследований влияния индуцированного электрического воздействия на нервно-мышечную, репродуктивную, костную и другие системы организма с целью стабилизации их работы. К основным преимуществам можно отнести неинвазивность лечения и отсутствие медикаментозной нагрузки, что крайне важно в случае людей пожилого возраста. Аппарат индукционной терапии СЕТА-МФ имеет малый вес и очень компактен. Таким образом, данный прибор достаточно эффективный, удобный и обладает различными полезными функциями.

Список литературы

1. Paolucci T, Pezzi L, Centra AM, Giannandrea N, Bellomo RG, Saggini R. Electromagnetic Field Therapy: A Rehabilitative Perspective in the Management of Musculoskeletal Pain - A Systematic Review. J Pain Res. 2020 Jun 12;13:1385-1400. Doi: 10.2147/JPR.S231778.
2. Ahmed Mohamed Elshawi et al. Effect of pulsed electromagnetic field on nonspecific low back pain patients: a randomized controlled trial, Brazilian Journal of Physical Therapy. 2019; Volume 23, Issue 3:244-249. Doi: 10.1016/j.bjpt.2018.08.004.
3. Barbara Wagner, Margarete Steiner, Lovro Markovic, Richard Crevenna, Successful application of pulsed electromagnetic fields in a patient with post-COVID-19 fatigue: a case report. Erfolgreiche Anwendung von gepulster Magnetfeldtherapie bei einer Patientin mit Post-COVID-19-Erschöpfungssyndrom: ein Fallbericht, Wiener Medizinische Wochenschrift. 2022; 172, 9-10, (227-232). Doi: 10.1007/s10354-021-00901-2.
4. Cadwell et.al. Method and Apparatus for Magnetically Stimulation Neurons. Patent Patent US:4940453.
5. Konotchick et al. Magnetic Stimulation Device. Patent US:5267938.
6. Gluck et al. Method of and Apparatus for Magnetically Stimulation of Neural Cells. Patent US:5738625.
7. Abrams et al. Medical Magnetoictal Therapy. Patent US:5813970.
8. Edrich et al. Method and Apparatus for Focused Neuromagnetic Stimulation and Detection. Patent US: 6066084.
9. Davey.et al. Magnetic Nerve Stimulation for Exiting Peripheral Nerves. Patent US:5725471.

УДК 612. 821.6

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.А. ДУБОВСКИЙ, Е.А. ХОЛОД

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Предложен подход к оценке профессионально важных психофизиологических качеств водителей транспортных средств в процессе трудовой деятельности, основанный на мониторинге состояния водителя, транспортного средства и внешней среды. Подход предполагает контроль полосы движения, дистанции до впереди идущего транспортного средства, наличия пешеходов и знаков ограничения скорости по ходу движения транспортного средства. Особенностью предложенного подхода является то, что при управлении водителем транспортным средством регистрируются определенные дорожные ситуации и параметры его поведения в этих ситуациях, с использованием которых определяют показатели профессионально важных качеств водителя. Предложенный подход позволяет количественно оценить основные профессионально важные психофизиологические качества водителя транспортного средства в процессе его трудовой деятельности и создать постоянно обновляемую базу данных как для сопровождения деятельности персонала автотранспортных предприятий, так и для оперативного использования данной информации при организации взаимодействия водителя с высокоавтоматизированным транспортным средством, что повышает безопасность эксплуатации транспортных средств. При этом следует отметить, что рассматриваемый в статье подход к оценке профессионально важных психофизиологических качеств водителей транспортных средств может быть использован при разработке основанных на использовании симуляторов вождения технологий реабилитации пациентов с заболеваниями центральной нервной системы, сопровождающимися двигательными и когнитивными нарушениями.

Ключевые слова: автоматизированное вождение, безопасность дорожного движения, водитель, дорожная ситуация, мониторинг, психофизиологическое состояние человека, профессионально важные качества, система «человек-машина», транспортное средство, человеческий фактор, реабилитация.

AN APPROACH TO ESTIMATING VEHICLE DRIVER'S PROFESSIONAL QUALITIES

VLADIMIR.A. DUBOVSKY, EGOR.A. HOLOD

*The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus
(Minsk, Belarus)*

Abstract. The proposed approach to estimating vehicle driver's professional qualities is based on monitoring of the vehicle, driver, and environment states. The peculiarity of the proposed approach is that certain road situations and driver behavior parameters are recorded, using which the driver's professional qualities are determined. The implementation of the proposed approach will make it possible to obtain numerical values of indicators of such their psychophysiological abilities as "complex motor reaction", "readiness for urgent actions", "concentration of attention" and "perception of speed and distance", which can be used to monitor the activities of personnel of motor transport enterprises to ensure road safety.

Keywords: automated driving, road safety, driver, traffic situation, monitoring, psychophysiological state of a person, professionally important qualities, man-machine system, vehicle, human factor, rehabilitation.

Введение

Известно, что основной причиной всех дорожно-транспортных происшествий в мире (около 90%) является человеческий фактор [1, 2]. Негативное проявление человеческого фактора на транспорте в значительной степени зависит от определенных

психофизиологических качеств водителей – профессионально важных качеств (ПВК) [3, 4]. К ПВК водителя ТС относятся такие психофизиологические качества, как «восприятие скорости и расстояния», «концентрация и распределение внимания», «сложная двигательная реакция», «склонность к риску», «эмоциональная устойчивость» и др. (полный список ПВК водителя ТС приведен на сайте ЗАО «Нейроком»: <https://www.neurocom.ru/products/professional-systems/avtopredpriyatie/>). Водитель с низким уровнем развития ПВК в условиях несложной дорожной ситуации успешно справляется с управлением ТС, но в сложной дорожной ситуации его действия могут быть ошибочными и опасными. В связи с этим одним из путей повышения безопасности дорожного движения является осуществление контроля уровня ПВК поступающих на работу и работающих водителей с целью выявления лиц, которым по психологическим показателям не рекомендована работа водителем, и лиц, которым требуется специальная и целенаправленная тренировка ПВК для снижения риска совершения ими ошибочных и опасных действий [3, 5].

В настоящее время в рамках решения проблемы безопасности на транспорте в Российской Федерации для контроля ПВК работающих и поступающих на работу водителей используется специализированное психодиагностическое оборудование, например, универсальный психодиагностический комплекс УПДК-МК, разработанный и производящийся ЗАО «Нейроком» (Россия) [3]. Положительный опыт использования такого оборудования при подготовке и сопровождении деятельности оперативного персонала автотранспортных предприятий в Российской Федерации подтверждает целесообразность подобного подхода к решению проблемы безопасности на транспорте. Вместе с тем применение такого оборудования связано с дополнительными материальными, организационными и временными затратами (необходимость обустройства рабочих мест для психолога и обследуемого водителя, а для проведения группового тестирования – компьютерного класса) [5]. Также следует отметить, что с ростом автоматизации ТС вероятность снижения уровня ПВК водителей повышается и соответственно повышается необходимость более частого их контроля [6, 7]. В связи с этим представляется целесообразным проведение тестирования ПВК водителей в процессе их трудовой деятельности, что позволит снять указанные проблемы.

Цель работы – разработка подхода к оценке профессионально важных психофизиологических качеств водителей транспортных средств в процессе трудовой деятельности.

Оценка психофизиологических ПВК водителей транспортных средств в процессе трудовой деятельности

С использованием обобщенного алгоритма контроля ПВК водителей ТС в процессе трудовой деятельности [5], который предполагает идентификацию определенных дорожных ситуаций и тестирование характерных для них ПВК водителя непосредственно во время выполнения им алгоритмов деятельности по управлению ТС, формирование и актуализацию индивидуального профиля водителя в облачной базе данных, авторами разработаны алгоритмы оценки таких ПВК, как «сложная двигательная реакция», «готовность к экстренным действиям», «концентрация внимания» и «восприятие скорости и расстояния».

Для реализации предложенных алгоритмов ТС должно быть оснащено системой выявления потенциально опасных ситуаций на дороге и системой мониторинга состояния водителя. В качестве первой может быть использована приведенная на рис. 1 система помощи водителю «Mobileye 8 Connect» (Израиль, <https://www.mobileye.com>) [8], которая позволяет осуществлять контроль полосы движения, дистанции до впереди идущего транспортного средства, наличия пешеходов и знаков ограничения скорости по ходу движения ТС. В качестве второй может быть использована приведенная на рис. 2 система контроля психофизиологического состояния водителя «Вигитон» (ЗАО «Нейроком», Россия) [9], которая позволяет осуществлять контроль уровня бодрствования водителя на основе анализа его электродермальной активности (ЭДА).



Рис. 1. Дисплей для визуального предупреждения об опасности системы «Mobileye 8 Connect»



1 – индикатор состояния водителя, 2 – браслет с датчиком ЭДА, 3 – перстень с датчиком ЭДА

Рис. 2. Комплект системы «Вигитон»

В соответствии с предлагаемым подходом к оценке психофизиологических ПВК водителей предварительно задаются два значения дистанции D_1 и D_2 ($D_1 < D_2$) до впереди идущего ТС, первое из которых является минимально допустимым значением, а второе больше первого примерно на 20-50 %, и продолжительность T тестирования (оценочный период).

При управлении водителем ТС система «Вигитон» непрерывно осуществляет регистрацию и анализ электродермальных реакций водителя с целью определения его текущего уровня бодрствования (работоспособности). При этом система помощи водителю «Mobileye 8 Connect» осуществляет мониторинг дистанции D до впереди идущего ТС, обнаружение пешеходов и контроль расстояния до них, распознавание дорожных знаков и полосы движения. Для обеспечения достоверности оценки психофизиологических ПВК водителей необходимые данные регистрируются только в случаях, когда состояние водителя в норме и метеоусловия благоприятны для вождения.

Для оценки сложной двигательной реакции и готовности к экстренным действиям водителя (рис. 3) с помощью системы «Mobileye 8 Connect» регистрируются потенциально опасные дорожные ситуации, характеризующиеся либо опасным сближением с впереди идущим ТС ($D < D_1$), либо наличием пешехода в опасной зоне на пути движения, либо съездом с полосы движения без включения указателей поворота. В случаях выявления какой-либо из указанных потенциально опасных дорожных ситуаций система «Mobileye 8 Connect» информирует об этом водителя с помощью визуальных и/или звуковых сигналов, после чего измеряется время t_R реагирования водителя на предупреждающие сигналы и время t_S восстановления безопасной ситуации.

Под временем t_R реагирования понимается время между появлением предупреждающего сигнала об опасности столкновения с впереди идущим ТС или пешеходом и началом торможения ТС, управляемого водителем, а в случае съезда с полосы движения без включения указателей поворота – время между появлением предупреждающего сигнала и включением указателей поворота. Под временем t_S восстановления безопасной ситуации понимается длительность потенциально опасной ситуации (время между появлением и исчезновением предупреждающего сигнала).

Полученные значения t_R и t_S с помощью коммуникационной платформы могут быть переданы в платформу облачных вычислений, где по истечении времени T тестирования определяются показатели T_R сложной двигательной реакции и T_P готовности к экстренным действиям в соответствии с выражениями $T_R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{Ri}$ и $T_P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{Si}$, где n – общее количество зарегистрированных за время T указанных потенциально опасных дорожных ситуаций.

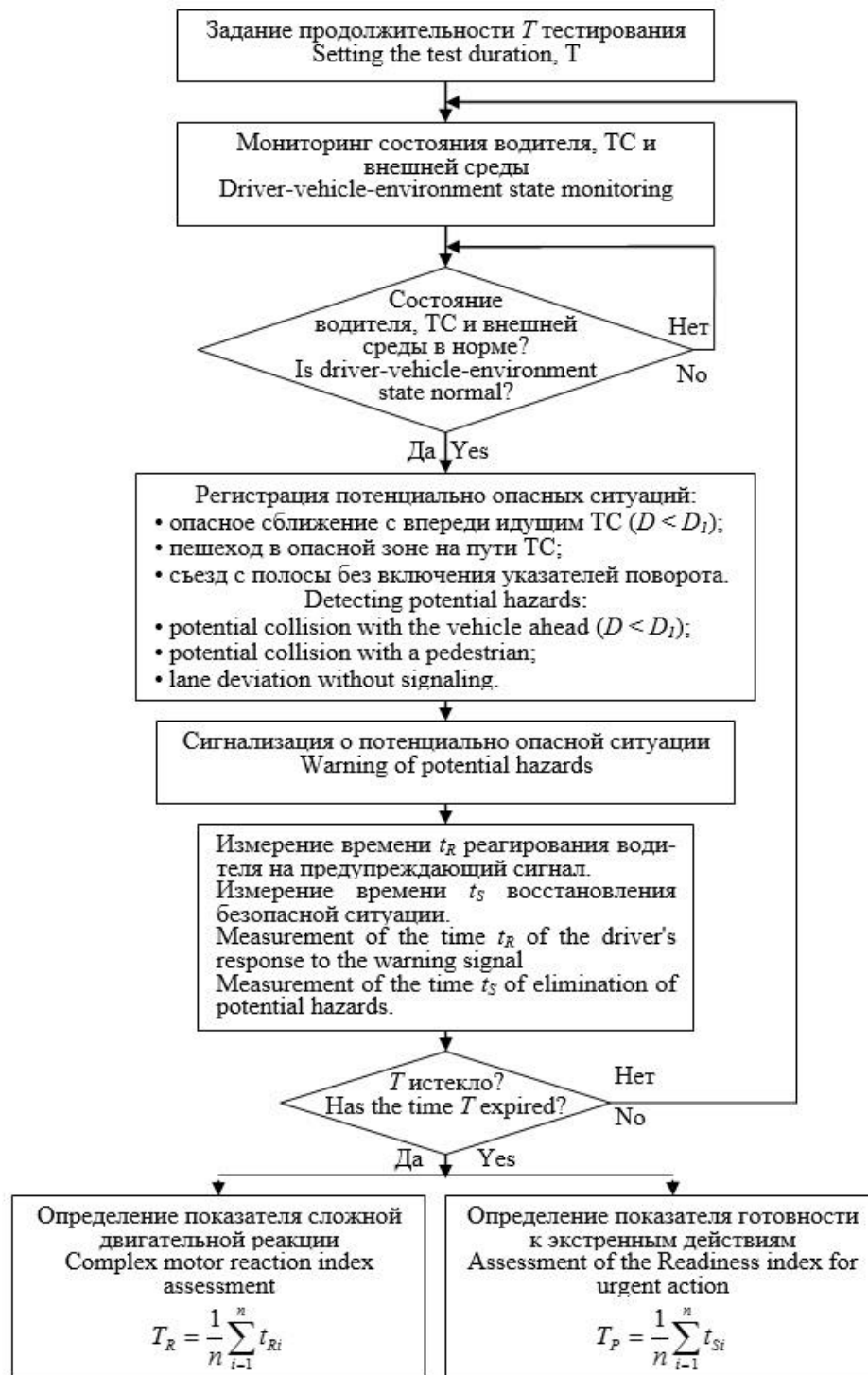


Рис. 3. – Алгоритм оценки сложной двигательной реакции и готовности к экстренным действиям водителя ТС

Для оценки концентрации внимания водителя (рис. 4) с помощью системы «Mobileye 8 Connect» регистрируются все дорожные ситуации, характеризующиеся либо условием $D < D_2$, либо наличием знака ограничения скорости, либо выполнением маневра смены полосы движения, и потенциально опасные дорожные ситуации, характеризующиеся либо условием $D < D_1$, либо превышением разрешенной скорости, либо съездом с полосы движения без включения указателей поворота.

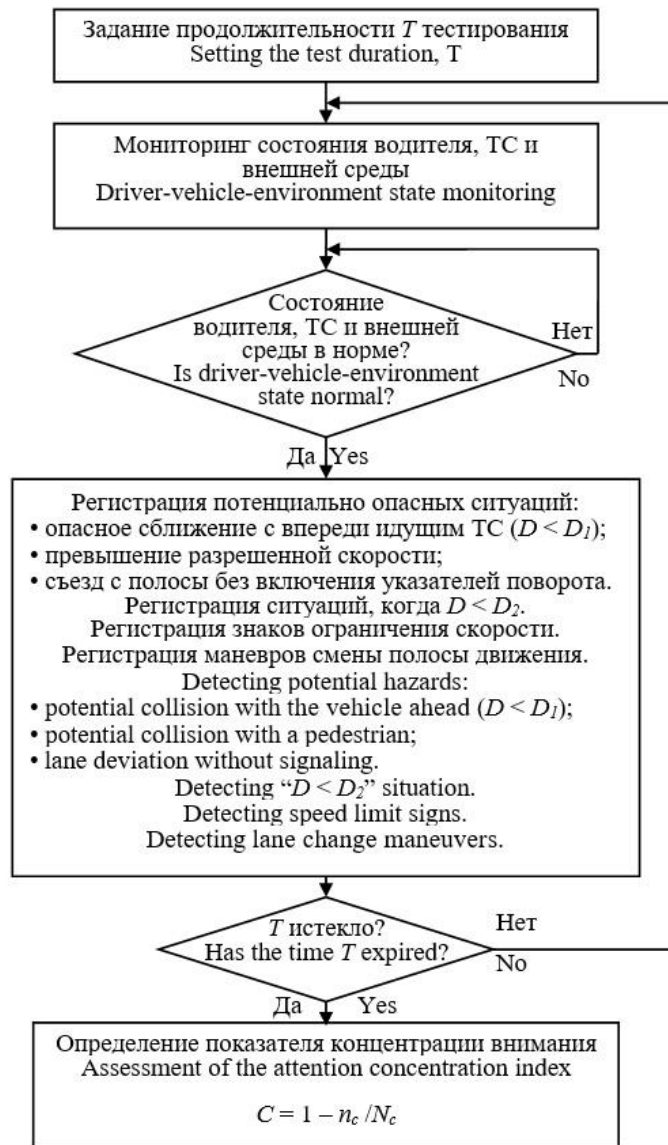


Рис. 4. – Алгоритм оценки концентрации внимания водителя ТС

Все зарегистрированные данные с помощью коммуникационной платформы могут быть переданы в платформу облачных вычислений, где по истечении времени T тестирования определяется показатель C концентрации внимания водителя в соответствии с выражением $C = 1 - n_c / N_c$, где N_c и n_c – общее количество зарегистрированных для оценки концентрации внимания всех дорожных ситуаций и потенциально опасных дорожных ситуаций соответственно.

Для оценки восприятия водителем скорости и расстояния (рис. 5) с помощью системы «Mobileye 8 Connect» регистрируются дорожные ситуации, характеризующиеся условиями $D_1 < D < D_2$ и $D < D_2$, и их длительности t_{p1} и t_{p2} соответственно. Зарегистрированные данные с помощью коммуникационной платформы могут быть переданы в платформу облачных вычислений, где по истечении времени T тестирования определяется показатель P восприятия скорости и расстояния в соответствии с выражением $P = \sum_{i=1}^k t_{p1i} / \sum_{j=1}^l t_{p2j}$, где k и l – количество дорожных ситуаций, характеризующихся условиями $D_1 < D < D_2$ и $D < D_2$, соответственно.

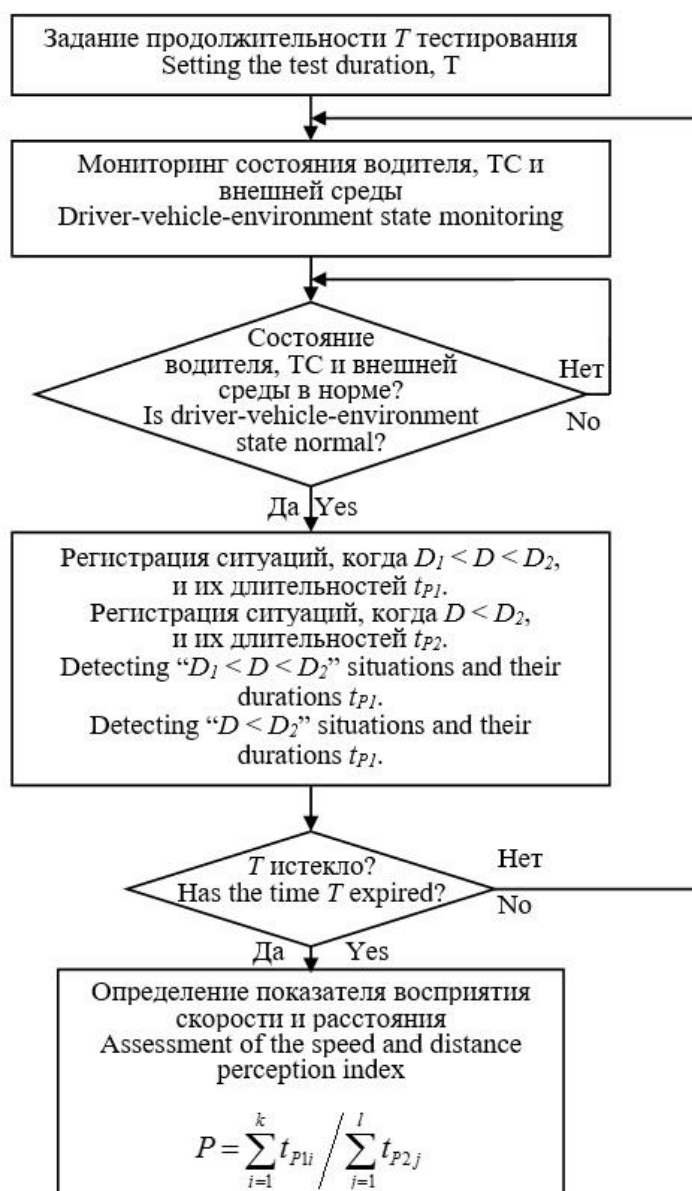


Рис. 5. – Алгоритм оценки восприятия водителем ТС скорости и расстояния

Заключение

Предложенный подход к оценке ПВК водителей ТС в процессе трудовой деятельности основан на мониторинге состояния водителя, ТС и внешней среды. Особенностью предложенного подхода является то, что при управлении водителем ТС регистрируют определенные дорожные ситуации и параметры его поведения в них, с использованием которых определяют показатели ПВК водителя. Реализация предлагаемого подхода даст возможность создать постоянно обновляемую базу данных с численными значениями показателей таких психофизиологических способностей водителей, как «сложная двигательная реакция», «готовность к экстренным действиям», «концентрация внимания» и «восприятие скорости и расстояния», что может быть использовано как при сопровождении деятельности персонала автотранспортных предприятий, так и при организации взаимодействия водителя с высокоавтоматизированным транспортным средством для обеспечения безопасности дорожного движения. Предложенные алгоритмы оценки психофизиологических ПВК водителей также могут быть использованы при разработке основанных на применении

симуляторов вождения технологий реабилитации пациентов с заболеваниями центральной нервной системы, сопровождающимися двигательными и когнитивными нарушениями.

Список литературы

1. Cabrall C.D.D., Eriksson A., Dreger F., Happee R. and Winter J.C.F. How to keep drivers engaged while supervising driving automation? A literature survey and categorisation of six solution areas. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. March 2019. DOI.org/10.1080/1463922X.2018.1528484.
2. Collet C. and Musicant O. Associating Vehicles Automation with Drivers Functional State Assessment Systems: A Challenge for Road Safety in the Future. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019; 13:131. DOI: 10.3389/fnhum.2019.00131.
3. Kremez A.S., Bonch-Bruevich V.V. Psychological aspects of safety of operational personnel of technological installations. *Automation in industry*. 2011; 7: 43–48. (in Russ.) Кремез А.С., Бонч-Бруевич В.В. Психологические аспекты безопасности деятельности оперативного персонала технологических установок. *Автоматизация в промышленности*. 2011; 7: 43–48.
4. Ting P., Zhang Y., and Sun Q. Driver's Physiology-Psychological Characteristics and Traffic Safety. *International Journal of Applied Science and Mathematics*. 2017; 4(4): 84–88.
5. Dubovsky V.A., Savchenko V.V. A method of estimating driver's professional qualities. *Joint Inst. of Mech. Eng. of the NAS of Belarus: Aktualnye voprosy mashinovedeniya*. 2019. 8: 142–144. (in Russ.) Дубовский В.А., Савченко В.В. Метод контроля профессионально важных качеств водителей транспортных средств. *Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси: Актуальные вопросы машиноведения*. 2019. 8: 142–144.
6. Lu Z., Happee R., Cabrall C.D.D., Kyriakidis M. and Winter J.C.F. Human Factors of Transitions in Automated Driving: A General Framework and Literature Survey. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2016; 43(11): 183–198.
7. Dubovsky V.A., Savchenko V.V. A general approach to describing the driver-vehicle interaction. *BSUIR: BIG DATA and Advanced Analytics*. 2021: 67–73.
8. Nassi D, Netanel R. B., Elovici Y., Nassi B. MobilBye: Attacking ADAS with Camera Spoofing. *arXiv:1906.09765v1 [cs.CR]*. Jun 2019.
9. Dementienko V.V., Ivanov I.I., Makaev D.V. Comprehensive system of monitoring the state of the driver on the trip. *Vestnik NTsBZhd*. 2016; 29(3): 17–21. (in Russ.) Дементенко В.В., Иванов И.И., Макаев Д.В. Комплексная система мониторинга состояния водителя в рейсе. *Вестник НЦ БЖД*. 2016; 29(3): 17–21.

УДК 004.056.53

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

К.С. БОГОМАЗ, Н.А. ВОЛОРОВА, Д.А. МАКАРИЧ, М.А. ЮШКЕВИЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)

Аннотация. Рассматривается реализация системы контроля качества воздуха/рабочей атмосферы, мобильные и веб интерфейсы для взаимодействия с системой, а также разработанный алгоритм общей оценки рабочей атмосферы.

Ключевые слова: Интернет вещей, системы мониторинга, качество воздуха, рабочая атмосфера, углекислый газ, температура, влажность, здоровье, экология, Arduino.

INTERNET OF THINGS. AIR QUALITY MONITORING SYSTEM

K.S. BOGOMAZ, N.A. VOLARAVA, D.A. MAKARICH, M.A. YUSHKEVICH,

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus)

Abstract. An air quality/working atmosphere monitoring system, mobile and web interfaces for interacting with the system were created. An algorithm has been developed for a general assessment of the working atmosphere.

Keywords: Internet of things, monitoring systems, air quality, working atmosphere, carbon dioxide, temperature, humidity, health, ecology, Arduino.

Введение

Интернет вещей (IoT) — это концепция сети передачи данных между устройствами, при помощи которой люди могут общаться с «вещами», а «вещи» — общаться между собой.

Учитывая современные реалии человек большую часть времени так или иначе проводит в каком-то помещении, дома, на работе в офисе или в любом другом помещении, где нужно находиться какой-то длительный период времени. Таким образом, состояние воздуха в помещении (дома, в офисе, в спортивном зале, учебной аудитории и т.д.) является одним из факторов, определяющим работоспособность и самочувствие человека. В частности на самочувствие человека и его жизнедеятельность очень влияют такие показатели как: уровень углекислого газа (CO₂), влажность воздуха и температура. Степени влияния указанных факторов рассмотрены в ряде исследований (здесь нужна ссылка) которые показывают, как сильно может зависеть наше состояние от этих показателей.

Целью данной работы было создание модуля, который помогает в наблюдении за параметрами атмосферы в помещении, дает рекомендации по улучшению микроклимата, выдаёт оценку качеству рабочей атмосферы.

Проблематика и решение

Известно, что один человек в течении одного часа вдыхает в среднем 24-25 литров кислорода и выдыхает соответственно приблизительно 22 литра углекислого газа. Углекислый газ имеет свойство накапливаться в помещениях, где отсутствует хорошая система вентиляции, вследствие чего воздух становится более загрязненным, т.е. изменяется его состав и качество. Такой воздух влияет на человека, ухудшая его самочувствие в целом и провоцируя появление достаточно неблагоприятных, а в некоторых случаях и опасных

симптомов, в особенности у людей с разного рода хроническими заболеваниями, например, такими как астма [2]. Основными симптомами долгого пребывания в среде с повышенным уровнем CO₂ обычно являются следующие: головная боль [3], головокружение [4], сонливость, апатия, потеря концентрации, а среди последних исследований также наблюдались изменения в периферическом кровообращении, повышенный сердечный ритм и повышенное кровяное давление [5].

Описывая влияние углекислого газа на человека нельзя не отметить, что в воздушной смеси на улице также присутствует CO₂, но тут всё дело в объемных концентрациях (измеряется в процентах) и количестве миллионных долей (измеряется в ppm что является сокращением для “parts per million”) этого вещества. И так концентрация CO₂ на улице не является высокой и составляет всего 400-450 ppm, на этот показатель также влияет количество промышленных предприятий находящихся в местности, соответственно, чем их больше тем выше будет показатель загрязненности воздуха и уровня CO₂. В помещении нормой является показатель в 600 ppm, т.е. показатель, превышающий уличный в 1.5 раза.

Концентрация в 800 ppm является не безопасной, хоть и всё ещё допустимой, концентрация в 1000 ppm является уже опасной, при такой концентрации появляются первые симптомы, например вялость. Превышением же критическим и в тоже время являющееся превышением по санитарным нормам является показатель в 1400 ppm, при таком показателе появляются все выше описанные симптомы, например трудность концентрации за работой, проблемы со сном и головная боль [6]. Показатель в 5000 ppm является предельно возможной концентрацией, которую человек может не без труда вынести на протяжении 8 часов. Смертельно опасной же является показатель в 15000 ppm.

На самочувствие влияют также и различные органические соединения и другие частицы, летающие в воздухе, но показатель ppm также учитывает и их [7]. Прямой взаимосвязи между низкой концентрацией CO₂ и самочувствием человека не обнаружено или подвергается сомнениям [8].

Контролировать уровень CO₂ в помещении можно с помощью определенных датчиков и, отталкиваясь от показателей, обеспечивать вентиляцию помещения. Не редко такие датчики объединяются с вентиляционными системами, что позволяет автоматизировать процесс.

Предлагаемая система включает в себя станцию, оборудованную различными датчиками, сайт, сервер и мобильное приложение, позволяющие определить уровень углекислого газа, температуру, влажность воздуха и на основе этих данных при помощи специального алгоритма выдать пользователю определенные рекомендации. Такая система может найти применение не только в доме, но и в рабочих офисах, на заводах, в торговых центрах и другие местах для поддержания оптимальных условий труда сотрудников. Также система может использоваться для анализа уличных показателей с целью последующего анализа.

Система выполняет следующие функции:

1. Сбор данных о состоянии микроклимата (температура, влажность, уровень CO₂);
2. Обработка полученных данных в соответствии с приведенным ниже алгоритмом с учетом характера деятельности человека в контролируемом помещении;
3. Выдача рекомендаций по нормализации условий.

Пользователь, в зависимости от типа помещения (или окружения), оповещается о неблагоприятных (для разных типов помещения считаются по разному) условиях в помещении и предложений по их устранению при помощи сообщений (например, в виде пуш-уведомлений на телефон). Система также имеет возможность удобной настройки под среду, в которой находится установка, на основе этих настроек (настройки можно задать вручную или выбрать оптимальные для разных видов помещений или улицы) выбираются разные благоприятные показатели, например для жилого помещения благоприятными будут считаться одни показатели, а для парников или подвала другие.

Структура и методы реализации системы предусматривает возможность ее интеграции с системами умных домов и других умных гаджетов с целью автоматической нормализации условий.

Оценка качества воздуха проводится согласно соотношению:

$$S = \sum_{i=1}^n c_i z_i \cdot 100\%, \quad (1)$$

где S - оценка в процентах,

n - кол-во параметров,

c_i - критерий значимости i -ого параметра, причем $\sum c_i = 1$,

z_i - оценка i -ого параметра, $z_i \in [0, 1]$.

Оценка качества воздуха S - оценка, где 100% - все параметры в норме, человек чувствует себя хорошо, 0% - параметры отклонены существенно, возможны негативные последствия для человека, такие как: головная боль, ухудшение концентрации внимания, рвотный рефлекс, повышенная усталость, кислородное голодание.

Критерии значимости можно настроить в мобильном приложении. По умолчанию они выставлены, для температуры - 0.2, влажности - 0.3, углекислого газа - 0.5.

Стандартная настройка параметров соответствует ГОСТ 30494-96 РБ [9]:

температура – от 18 °С до 24 °С;

влажность – от 40% до 60%;

углекислый газ– от 400 ppm до 1200 ppm.

В системе предусмотрена возможность задавать критерии значимости и диапазоны допустимых значений параметров в соответствии с типом используемого помещения, например, например, для спортивного зала, теплицы, камеры хранения и т.п.

На рисунке 1 изображена схема станции для мониторинга показателей качества рабочей атмосферы и отправки их на сервер по сети интернет и/или с помощью технологии bluetooth.

Схема и описание

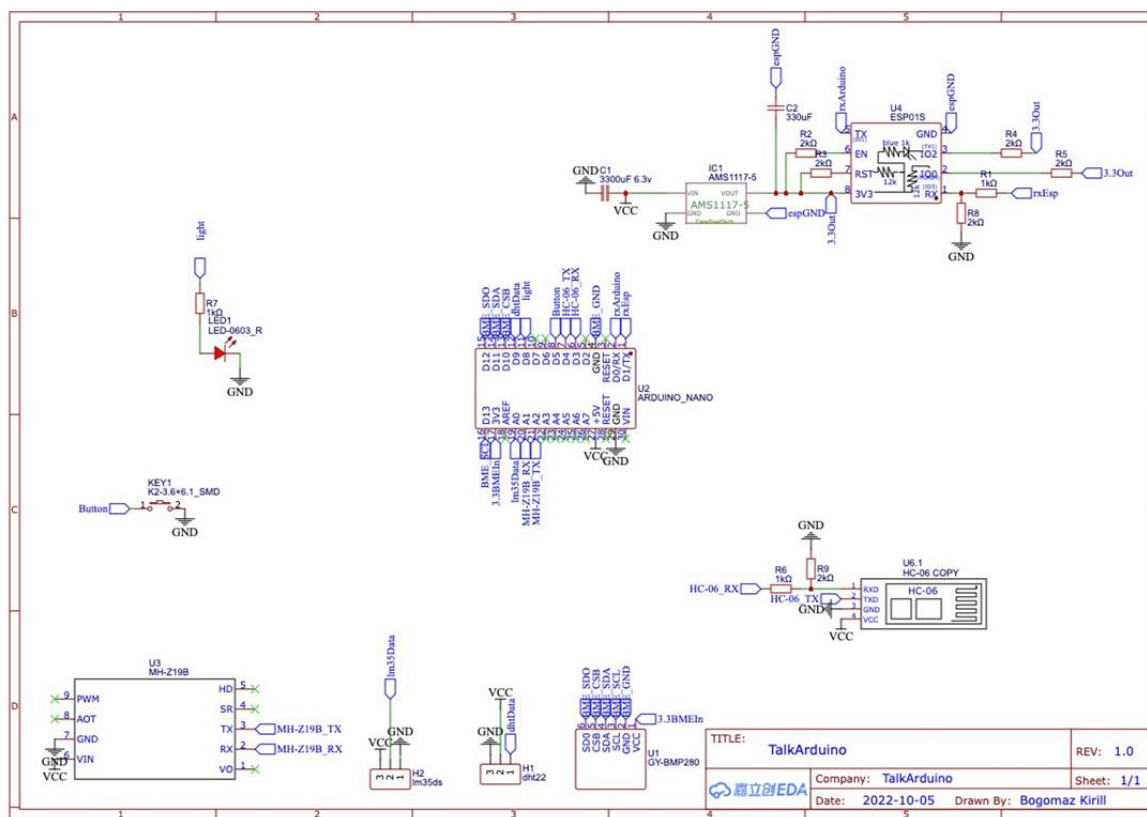


Рис. 1. Схема станции мониторинга

Архитектура

Данная станция измеряет 4 показателя: температура, влажность, уровень углекислого газа, атмосферное давление. IoT отличается от уровневой модели OSI, т.к. он содержит более сложный граф потоков. Предлагаемая система реализована на следующих уровнях

Физический уровень. Показатель температуры оценивается 3 датчиками: DHT22, BME280 и LM35DS. Показатель влажности: DHT22, BME280. Углекислого газа - MH-Z19B. При необходимости данный модуль можно оснастить устройствами звукового сигнала для оповещения медицинского персонала о превышении допустимых показателей. Особенность уровня: это подключение WI-FI модуля(esp-8266-01s) и bluetooth(HC-06) модуль.

Считывание данных происходит раз в 30 мин или по нажатию на кнопку на устройстве. Процесс считывания занимает около 1 секунды; данные поступают в Serial 3 порт для передачи их на esp-8266-01s(WI-FI модуль) и последующей отправки на сервер.

Уровень локальной сети. Общение с пользователем. Общение с окружением происходит посредством HC-06(bluetooth). Для реализации требуется программно открыть новый порт для общения с Arduino UNO. Bluetooth защищен паролем для того, чтобы случайный пользователь не мог подключиться и испортить работу метеостанции.

Уровень шлюзов. Выход в глобальную сеть. Общение происходит через встроенный в Arduino UNO Serial 3 com port. На wi-fi модуль могут приходить либо показания с датчиков, либо команда на обновление пароля и имени точки доступа. на этом уровне решаются следующие задачи: проверка подключения к точке доступа, правильность введенных данных, обработка сбоя сети, валидация данных, безопасность.

Уровень ETL. Запрос данных с сервера. Данные с метеостанции обязаны приходить в определенном формате в теле https запроса вместе со специальным токеном в заголовке определяющим уникальность метеостанции и защищенность данных (метео-токен), далее, на сервере идет проверка, обработка и трансформация данных, также проверяется зарегистрирована ли такая метеостанция, валиден ли токен, валидация входящих параметров с датчиков и т.д..

Уровень шлюзов. Запрос метео-данных с сервера. Лаконичность запроса к БД, а также предельно ясная структура достигаются путем группировки данных температуры, влажности, давления, CO₂ по отдельным таблицам.

Уровень безопасности. При подключении метеостанции пользователем через мобильное приложение метеостанция получает от приложения специальный токен который будет храниться на ней для дальнейшей авторизации метеостанции на сервере, данный токен после занесения измениться не может.

Комнаты представляют собой способ организации доступа разных людей к одной метеостанции.

Клиент. Bluetooth соединение. После авторизации пользователю необходимо выбрать устройство (метеостанцию), к которой он подключится с помощью bluetooth. После подключения к устройству мы можем обмениваться с ним данными. После завершения работы с bluetooth terminal вызывается метод disconnect, мы отключаемся от устройства и отключаем bluetooth.

Клиент. Контент приложения. Пользователь может просматривать данные температуры, влажности, давления и уровень CO₂. Далее данные группируются по дню, месяцу, неделе и году. На основе этих данных строятся графики для каждого датчика за определенный промежуток времени. На стороне клиента реализован механизм уведомлений.

Заключение

От качества воздуха в помещении напрямую зависит и самочувствие человека. Рассмотренная система позволяет осуществлять контроль за качеством микроклимата в помещениях. Разработанный модуль может быть использован в качестве компонента систем мониторинга более широкого назначения.

Список литературы

1. Carreiro-Martins, P., Viegas, J., Papoila, A.L. et al. CO₂ concentration in day care centres is related to wheezing in attending children. *Eur J Pediatr* 173, 1041–1049 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2288-4>
2. Norbäck, D., Nordström, K. Sick building syndrome in relation to air exchange rate, CO₂, room temperature and relative air humidity in university computer classrooms: an experimental study. *Int Arch Occup Environ Health* 82, 21–30 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00420-008-0301-9>
3. Lu C-Y, Lin J-M, Chen Y-Y, Chen Y-C. Building-Related Symptoms among Office Employees Associated with Indoor Carbon Dioxide and Total Volatile Organic Compounds. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015; 12(6):5833-5845. <https://doi.org/10.3390/ijerph120605833>
4. P. MacNaughton, J. Spengler, J. Vallarino, S. Santanam, U. Satish, J. Allen Environmental perceptions and health before and after relocation to a green building *Build. Environ.*, 104 (2016), pp. 138-144
5. Norbäck, D., Nordström, K. Sick building syndrome in relation to air exchange rate, CO₂, room temperature and relative air humidity in university computer classrooms: an experimental study. *Int Arch Occup Environ Health* 82, 21–30 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00420-008-0301-9>
6. K. Engvall, P. Wickman, D. Norbäck Sick building syndrome and perceived indoor environment in relation to energy saving by reduced ventilation flow during heating season: a 1 year intervention study in dwellings *Indoor Air*, 15 (2005), pp. 120-126. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00325.x>
7. X. Zhang, P. Wargocki, Z. Lian, C. Thyregod Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance *Indoor Air*, 27 (2017), pp. 47-64. <https://doi.org/10.1111/ina.12284>
8. МНТКС. ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. Параметры микроклимата в помещениях (ГОСТ 30494-96):10-19

УДК 681.518.2

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Д.Н. ОДИНЕЦ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Предложена концепция построения системы мониторинга климатических условий, которая позволяет гибко учесть требования как индивидуальных пользователей, так и особенности корпоративной эксплуатации, не требуя при этом дополнительных скрытых финансовых расходов. Концепция предусматривает оптимизацию выбора состава средств измерения и контроля, а также позволяет наиболее оптимально разместить их в помещениях и на объектах медицинского предприятия. Система мониторинга может быть легко валидирована и оптимально подходит для измерения и слежения за микроклиматом медицинских складов, хладокомбинатов, различных лабораторий, для транспортировки медицинской продукции. Система мониторинга апробирована и реализована в продукции предприятия «Unitess», внесена в Государственный реестр средств измерений реестр средств измерений Республики Беларусь, Российской Федерации и Казахстана, что существенно упрощает ее периодическую поверку.

Ключевые слова: климатические условия, мониторинг, датчик, барометр, термометр, гигрометр, атмосферное давление, температура, влажность, средства измерений

MONITORING SYSTEM FOR CLIMATIC CONDITIONS FOR MEDICAL ENTERPRISES

D.N.ADZINETS

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The concept of building a system for monitoring climatic conditions is proposed, which allows you to flexibly take into account the requirements of both individual users and the features of corporate operation, without requiring additional hidden financial costs. The concept provides for the optimization of the choice of the composition of measuring and control instruments, and also allows them to be most optimally placed in the premises and at the facilities of a medical enterprise. The monitoring system can be easily validated and is optimally suited for measuring and monitoring the microclimate of medical warehouses, cold stores, various laboratories, for transporting medical products. The monitoring system has been tested and implemented in the products of the Unitess enterprise, it is included in the State Register of Measuring Instruments of the Republic of Belarus, the Russian Federation, and Kazakhstan, which greatly simplifies its periodic verification.

Keywords: climatic conditions, monitoring, sensor, barometer, thermometer, hygrometer, atmospheric pressure, temperature, humidity, measuring instruments

Введение

Мониторинг климатических условий необходим при транспортировке, хранении и испытаниях продукции, которая чувствительна к изменениям температуры, влажности и атмосферного давления. В связи с этим в последнее время все большую популярность приобретают автоматизированные системы контроля климатических параметров на медицинских складах, в больницах, аптеках и других помещениях [1].

Возможные варианты организации снятия показаний датчиков и их обработки не всегда учитывают особенности эксплуатации продукции (количество измеряемых параметров, особенности помещения, внешние условия) и часто являются узкоспециализированными системами [2] или требуют абонентскую плату за пользование облачным сервисом [3].

Предлагаемая концепция построения системы мониторинга климатических условий позволяет гибко учесть требования как индивидуальных пользователей, так и особенности корпоративной эксплуатации, не требует дополнительных скрытых расходов. Система мониторинга апробирована и реализована в продукции предприятия «Unites».

Концепция организации системы мониторинга климатических условий (UniTesS Ambient) в локальной сети медицинского предприятия

На рис. 1. показано размещение элементов программного обеспечения (ПО) на персональных компьютерах (ПК) медицинского предприятия в соответствии с предлагаемой концепцией.

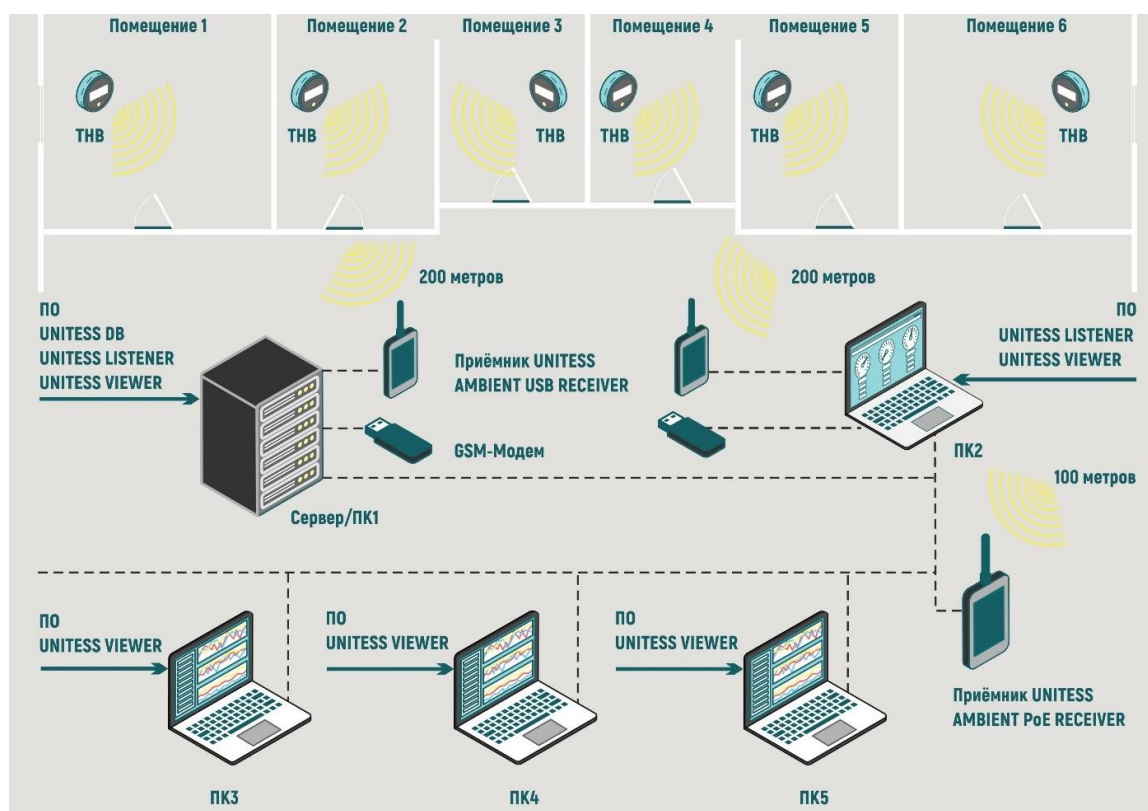


Рис. 1. Размещение элементов ПО на ПК предприятия

Краткий вариант построения и работы системы можно представить следующим образом.

Термогигрометры-барометры (ТНВ) располагаются в помещениях, где нужно измерять температуру, влажность, давление.

На сервер/компьютер устанавливается программа-сборщик показаний датчиков Ambient Listener и база данных (БД).

К серверу/компьютеру через USB-порт или LAN подсоединяется приемник Unites Receiver.

Приёмник UniTesS Ambient Receiver может подключается к системе как через USB-порт, так и при помощи Ethernet-соединения.

Питание осуществляется исключительно посредством технологии Power over Ethernet, т.е. по витой паре.

Параметры взаимодействия с датчиками, их количество и пр. – такие же, как и у приёмника UniTesS Ambient Receiver с подключением по USB. Длина кабеля между

приёмником UniTesS Ambient Receiver и роутером - не более 100 метров (общее ограничение для витой пары).

Термогигрометры-барометры измеряют температуру/влажность/давление с заданным интервалом и по радиоканалу передают на приемник.

Приемник принимает информацию от термогигрометров-барометров, передает ее в Ambient Listener, который записывает данные об измеренных параметрах в БД .

При отсутствии связи с сервером, приемник сохраняет собранные данные в своей внутренней памяти и досылает их на сервер после восстановления связи.

Вся информация отображается в программе Ambient Viewer, который читает ее из БД. С любого ПК, находящегося в сети, можно видеть последние измеренные значения, выгружать значения за любой период, конфигурировать параметры приборов по USB, LAN или радиоканалу. Система обеспечивает непрерывный мониторинг и регистрацию условий окружающей среды во всех помещениях, где проводятся измерения/испытания.

Пример отчета приведен на рис. 2.

Количество выходов температуры за пределы: 5

Датчик (Имя)	Дата выхода	Дата входа	Продолжительность выхода	Средняя кинетическая температура, °С
212497	08.10.2022 10:10:02	08.10.2022 11:00:01	00:49:59	19.31
212497	13.10.2022 09:29:40	13.10.2022 09:49:40	00:20:00	19.31
212497	14.10.2022 09:39:52	14.10.2022 10:39:51	00:59:59	19.31
212497	15.10.2022 10:49:38	15.10.2022 12:19:37	01:29:59	19.31
212497	16.10.2022 10:29:27	16.10.2022 11:59:26	01:29:59	19.31

Рис. 2. Пример части отчета о мониторинге климатических условий

Рассмотрим подробный вариант работы системы мониторинга климатических условий.

Термогигрометры/термометры (ТНВ) размещаются в точках контроля в помещениях предприятия.

Количество ТНВ, сконфигурированных на один радиоканал:

минимум: 1 ТНВ,

максимум: зависит от заданной частоты выхода ТНВ на связь с Приемником UniTesS Ambient Receiver и ориентировочно составляет 100 ТНВ при 10-минутном периоде выхода ТНВ на связь.

На Сервере или ПК предприятия устанавливается программное обеспечение (ПО UniTesS Ambient):

база данных (БД) UniTesS DB,

компоненты сервера БД,

служебная программа Ambient Listener,

программа мониторинга Ambient Viewer,

драйверы подключаемых устройств (Приёмника UniTesS Ambient Receiver и GSM-Модема).

На Сервер/ПК Предприятия по USB(LAN) подключаются:

Приемник UniTesS Ambient Receiver,

GSM-Модем (если существует необходимость в SMS-оповещении о приближении к критическим пределам по температуре, влажности, давлению и о выходах этих параметров за критические пределы.

Дополнительные условия:

Сервер/ПК должен находиться на расстоянии не более 200-300 метров от точек контроля (ТНВ) при условии отсутствия прямой видимости; в условиях прямой видимости – до 2 км.

Измеренные значения температуры, влажности, давления передаются с ТНВ по радиоканалу на Приемник UniTesS Ambient Receiver, подключенный к серверу и записываются

в базу банных с помощью ПО Ambient Listener. С любого ПК, находящегося в сети с сервером, где установлен приемник UniTesS Ambient Receiver, обеспечивается доступ к базе данных и работа с программой Ambient Viewer.

Заключение

Предложенная концепция построения системы мониторинга климатических условий успешно реализована предприятием «Unitess» на многих объектах стран СНГ как в стационарном виде, так и на транспорте [4]. Настройки UniTesS Ambient чрезвычайно просты и информативны – их освоит любой пользователь. Web-версия позволяет сотруднику увидеть ситуацию на всех объектах компании (текущие показатели, тревоги и графики) на устройстве с любой ОС. В UniTesS Ambient реализована гибкая система распределения доступа. Например, одному сотруднику можно выделить доступ только к своим датчикам и только на просмотр, другому – ко всем объектам предприятия и изменению их настроек. При этом логируются все и попытки входа в систему, изменения настроек, выход из системы. Таким образом, продукция UniTesS Ambient соответствует требованиям следующих стандартов:

GDP / GMP – система разработана с учетом данных требований (Решение № 80 от 03.11.2016 года «Об утверждении правил надлежащей дистрибьюторской практики в рамках Евразийского экономического союза).

ISO 17025 – автоматическое формирование электронного Журнала учета условий проведения измерений по ИСО/МЭК 17025.

21CFR PART11

GAMP 5 Guide: Compliant GxP Computerized Systems.

Список литературы

1. Monitoring Temperature and Relative Humidity. Ann Marie Willer. Northeast Document Conservation Center. Accessed 14 October 2022.
2. Система контроля микроклимата производственных помещений от компании «Инженерные Технологии» Accessed 14 October 2022. <https://isup.ru/articles/3/13051/>
3. Эволюция решений в мониторинге Accessed 14 October 2022 <https://isup.ru/articles/34/17733/>
4. Accessed 14 October 2022 <https://unitessambient.ru/>

УДК: 61:378; 534.7

О СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМАХ В ПРЕПОДАВАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

В.Г. ЛЕЩЕНКО, В.А. МАНСУРОВ, Г.Г. ЛУБНЕВСКАЯ

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Аннотация. Обсуждаются современные проблемы преподавания медицинской и биологической физики в медицинских вузах республики. Показано, что для повышения уровня образованности студентов по этой дисциплине необходимо увеличить число аудиторных часов на ее преподавание, а также повысить уровень знаний абитуриентов по школьному курсу физики.

Ключевые слова: медицинская физика, подготовка абитуриентов, аудиторные часы.

ON MODERN PROBLEMS IN TEACHING MEDICAL AND BIOLOGICAL PHYSICS

VYACHESLAV G. LESHCHENKO, VALERY A. MANSUROV, GALINA G. LUBNEVSKAYA

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Abstract. Modern problems of teaching medical and biological physics in medical universities of the republic are discussed. It is shown that in order to increase the education level of students in this discipline, it is necessary to increase the number of classroom hours for its teaching, as well as to increase the level of knowledge of applicants in the school course of physics.

Keywords: medical physics, preparation of applicants, classroom hours.

Введение

Образование – один из главных факторов социального и экономического развития любой страны, а физика – одна из основных дисциплин, изучающая свойства и законы функционирования окружающего мира.

Дисциплина «медицинская и биологическая физика» призвана дать будущим врачам современные представления о физических свойствах биотканей, о механических, реологических и электромагнитных явлениях, происходящих в организме человека, о способах и методах воздействия на него внешними физическими полями, использовании их в современной диагностике и лечении [1].

Основной текст

Быстрое развитие медицинской техники и новых физических технологий в современной диагностике и лечении делает изучение данного предмета будущими врачами совершенно необходимым, поскольку именно врач должен грамотно эксплуатировать современную сложную аппаратуру. Для успешного освоения этого курса требуется хорошая школьная подготовка студентов по физике и математике. Но в последние годы подготовка наших абитуриентов по этим дисциплинам весьма низкая.

Вторая проблема связана с чрезмерным сокращением учебных часов на изучение медицинской и биологической физики: с 234 аудиторных часов в 1980 годах, до 87 часов (на педиатрическом факультете – до 36 часов) в настоящее время, как представлено на диаграмме, Рис 1. За эти годы увеличился объем учебной программы за счет новых методик и технологий (УЗИ, лазеры в медицине, рентгеновская КТ, МРТ, ПЭТ, использование радиофармпрепаратов

и др.), но из-за сокращения общих аудиторных часов пришлось сократить и учебную программу.

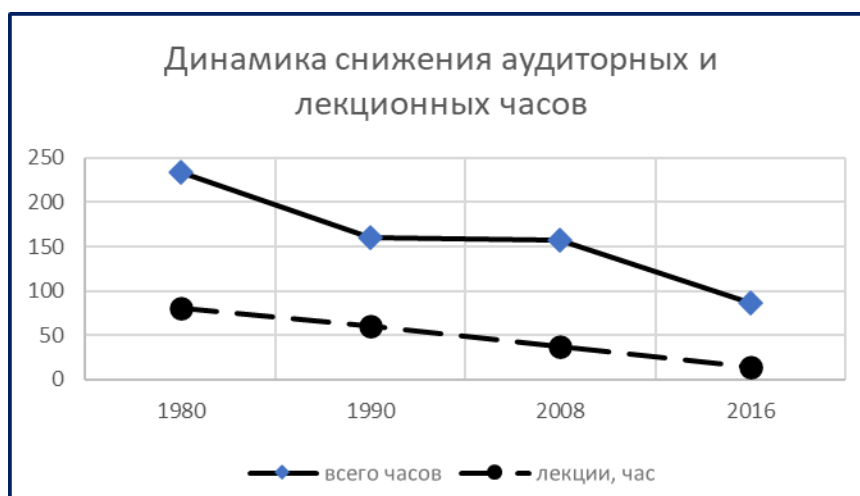


Рис.1. Диаграмма снижения учебных часов по медицинской и биологической физике

Сначала из программы были удалены разделы «элементы высшей математики и статистики» (2016г), а ныне и важный раздел «механические колебания», который необходим для понимания волновых процессов, когерентного и некогерентного сложения колебаний и волн, понятия механического резонанса, гармонического спектра сложных колебаний, процессов усиления и регистрации биопотенциалов. При этом в 2016г была в 1,5 раза сокращена продолжительность аудиторных занятий, что не позволяет в полной мере реализовать одно из обязательных требований образовательного стандарта – выработать у студентов *навыки* работы с физической аппаратурой. В последние годы значительно снизились и уровни *знаний* и *умений* студентов, что несомненно ухудшает профессиональную подготовку будущего врача.

Причем все это происходит на фоне постоянно возрастающего насыщения учреждений здравоохранения новейшим медицинским оборудованием, использующим современные физические методы и технологии, грамотно эксплуатировать которые должен именно врач.

Заключение

Опыт преподавания в БГМУ дисциплины «Медицинская и биологическая физика» в последние годы показывает, что для улучшения уровня подготовки будущих врачей по этой дисциплине необходимо существенно повысить уровень подготовки абитуриентов по физике, возможно, ввести дополнительный экзамен по физике в медицинских вузах республики, а также увеличить число аудиторных часов на изучение медицинской и биологической физике и восстановить курсовой экзамен по этому предмету на всех факультетах.

Список литературы

1. Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Медицинская и биологическая физика» для специальностей 1-79 01 01 Лечебное дело, 1-79 01 02 Педиатрия, 1-79 01 03 Медико-профилактическое дело, регистрационный номер ТД-Л.581/тип.

УДК 612.13+681.518.54

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРЕХМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ АРТЕРИЙ ПОСРЕДСТВОМ СРАВНЕНИЯ ИСХОДНОЙ ГЕОМЕТРИИ С ОБЛАКОМ ТОЧЕК АБСОЛЮТНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

М.В. ГОЛЬЦЕВ, В.А. МАНСУРОВ, И.А. СМИРНОВА, Н.А. ТРУШЕЛЬ

УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь.

Аннотация. Посредством анализа результатов математического моделирования кровотока в области соединения позвоночных артерий в базилярную артерию (сосудов с упругой стенкой), в которых сливаются два потока крови, показывается, что в месте соединения потоков возникает дополнительное динамическое давление, которое приводит к деформации стенки сосуда или выпячиванию стенки сосуда. Вероятно, это явление может спровоцировать рост аневризмы в данном месте.

Ключевые слова: численное математическое моделирование, взаимодействие жидкости и упругого тела, кровотоки, абсолютная деформация, артерии мозга, облако точек.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THREE-DIMENSIONAL MATHEMATICAL MODELING OF ELASTIC DEFORMATION OF ARTERIES BY COMPARISON OF THE INITIAL GEOMETRY WITH THE POINT CLOUD OF ABSOLUTE DEFORMATION.

M.V. GOLTSEV, V.A. MANSUROV V.A., I.A. SMIRNOV., N.A. TRUSHEL.

Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. With analysis the results of mathematical modeling of blood flow in the area of connection of the vertebral arteries to the basilar artery (vessels with an elastic wall), in which two blood flows merge, it is shown that additional dynamic pressure arises at the junction of the flows, which leads to deformation of the vessel wall or protrusion of the vessel wall. Probably, this phenomenon can provoke the growth of an aneurysm in this place.

Keywords: numerical simulation, fluid-structure interaction, blood flow, absolute deformation, cerebral arteries, point cloud.

Введение

Сосудистая система имеет несколько особенностей, которые затрудняют моделирование ее механики: сложная анатомия, эластичные кровеносные сосуды и кровь представляет собой гетерогенную жидкость.

Артерии представляют собой сосуды с упругой стенкой. Они ветвятся в преимущественно древовидной структуре, называемой артериальным деревом, хотя существует ряд петель (анастомоз), обеспечивающий некоторую избыточность перфузии. Диапазон диаметров артерий от 2 до 4 см для аорты и основной легочной артерии и от 1 до 0,1 мм для мелких артерий, которые обеспечивают действие системы микроциркуляции [1].

Для сложных геометрий сосуда простые соотношения для описания процессов течения и деформации сосудистой стенки получить сложно. В этом случае необходимо прибегать к математическому моделированию процесса взаимодействия жидкости с упругой стенкой при помощи метода, позволяющего рассчитать взаимодействие жидкой среды с упругой средой (fluid-structure interface -FSI).

Цель. Посредством численного моделирования взаимодействия упругой стенки сосуда с потоком вязкой жидкости выяснить картину напряжено-деформированного состояния стенки

сосуда и картины течения для установления морфологических предпосылок развития цереброваскулярной патологии. Визуализировать результаты трехмерного математического моделирования упругой деформации артерий, вызванной напорным течением, посредством сравнения исходной сетки с облаком точек абсолютного перемещения методом сравнения исходного состояния и деформированного состояния.

Методика

Методы. Поток жидкости может деформировать стенку, поэтому, чтобы рассчитать профиль течения в непрерывно деформируемой геометрии, необходимо использовать метод Лагранжа-Эйлера (ALE – arbitrary Lagrange Euler). Метод ALE использует динамику деформирующей геометрии и движущихся границ с помощью движущейся сетки (moving mesh). При этом вычисляются новые координаты сетки в области канала на основе движения границ и сглаживания сетки с использованием метода Винслоу. Уравнения Навье-Стокса, описывающие вязкое течение, сформулированы для этих движущихся координат. Часть механического поведения модели, которая не требует метода ALE, рассчитывается в узлах фиксированной системы координат. Деформации, которые рассчитываются таким образом, являются основой для вычисления деформированных координат с помощью ALE. Стенка канала является деформируемым материалом, который может упруго деформироваться под воздействием нагрузки. Следовательно, поток жидкости также следует новому пути, поэтому течение в исходной геометрии будет отличаться от течения деформируемой геометрии [2].

В результате численного моделирования получаются скалярные поля модуля скорости течения и модуля смещения упругодеформированной стенки сосуда в виде облака точек. Визуализация и анализ этих полей затруднительны, поскольку объем этих полей может достигать 100 тысяч элементов. Для этого необходимо использовать специализированное программное обеспечение.

В данной работе было использовано программное обеспечение CloudCompare. Это программное обеспечение для обработки трехмерных облаков точек и треугольной сетки. Цель этого приложения - провести сравнение двух плотных трехмерных облаков точек. Кроме того, он также предназначен для сравнения облака точек и треугольной сетки. Программа выпущена под лицензией GNU General Public License (GPL), поэтому пользователь может использовать их для любых целей [3].

CloudCompare является универсальным программным обеспечением для обработки облаков точек, включая множество передовых алгоритмов: регистрация, повторная выборка, манипуляции с цветным / нормальным / скалярным полем, статистические вычисления. CloudCompare может обрабатывать неограниченное количество скалярных полей для каждого облака точек, к которому могут применяться различные специализированные алгоритмы (сглаживание, оценка градиента, статистика и т. д.). Система динамического воспроизведения цвета помогает пользователю эффективно визуализировать скалярные поля для каждой точки.

Пользователь сможет интерактивно сегментировать 3D-объекты (с 2D-полилинией, нарисованной на экране), интерактивно вращать / перемещать один или несколько объектов относительно других, интерактивно выбирать отдельные точки или пары точек (чтобы получить длину соответствующего сегмента) или точечные тройки (чтобы получить угол и плоскость, соответствующие нормали).

Большой практический интерес вызывают артерии головного мозга. Имеется участок сосудов, где две артерии (позвоночные) соединяются в одну (базиллярную). Такое соединение существенно меняет тип движения крови в сосудистом сегменте, такое соединение артерий в один сосуд усложняет картину течения крови в этом сегменте.

Макроскопически изучены морфометрические показатели на 30 препаратах головного мозга взрослых людей обоего пола, полученных из УЗ «Патологоанатомическое бюро г. Минска». На основании полученных морфометрических показателей установлены средние значения средних размеров артерий и углов ветвления. По этим данным построены численные трехмерные геометрические модели соединения сосудов, состоящие из отрезков одинаковой

длины (35 мм) с симметричным расположением отрезков дочерних сосудов относительно центральной линии отрезка основного сосуда (рис. 1).

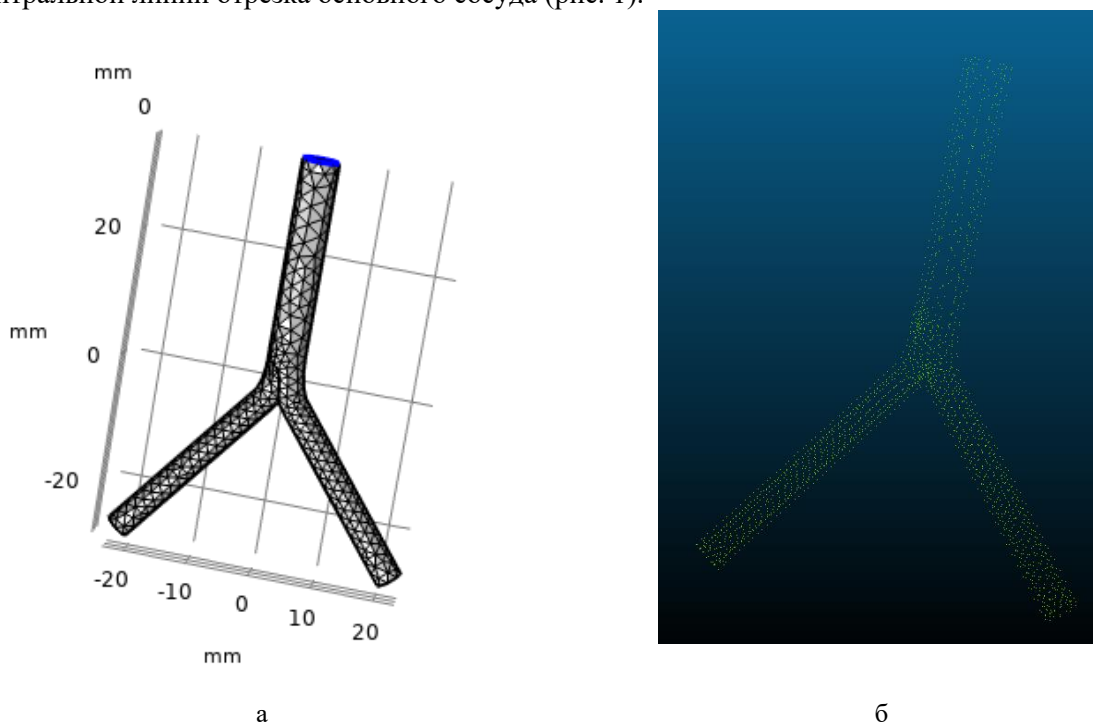


Рис 1. а - исходная геометрия; б - облако точек геометрии при действии напорного течения.

Результаты и их обсуждение

В результате анализа было обнаружено, что стенка сосуда в месте в месте слияния позвоночных артерий в базилярную вытягивается в одном направлении и сжимается в другом, так как в случае сложной геометрии эти деформации могут быть несимметричны, это может вызывать вторичные течения в жидкости.

Объяснить это явление можно суммированием динамического давления $p_d = \rho v^2/2$ (здесь - ρ – плотность жидкости, v – скорость жидкости в данной точке) при взаимодействии двух потоков. В центре бифуркации давление максимально (примерно 45 Па), так скорости движения жидкости увеличиваются (на стенке сосуда примерно 40 Па). Соответственно и деформация стенки в месте соединения дочерних сосудов имеет разнонаправленное действие: по z координате увеличивается, а по x координате сжимается.

Заключение

Посредством сравнения исходной геометрии с облаком точек абсолютной деформации, вызванной напорным течением крови, было обнаружено, что стенка сосуда в месте слияния позвоночных артерий в базилярную вытягивается в одном направлении и сжимается в другом.

Список литературы

1. Педли Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов. — Москва: Мир, 1983. — 400 pp
2. Formaggia L., Quarteroni A., Veneziani A. The circulatory system: from case studies to mathematical modelings // Complex Systems in Biomedicine. — Milan: Springer, 2006. — Pp. 243–287
3. <https://www.cloudcompare.org/> последнее обращение 1.10.22.

УДК 004.418

АВТОМАТИЗАЦИЯ КРУПНОЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ КЛИНИКО- ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ НА ПРИМЕРЕ «БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ»

А.С. КАЛИНА¹, М.А. САСИНОВИЧ², А.А. РУСАК²

¹ Учреждение здравоохранения «Брестская областная клиническая больница» (Брест, Беларусь)

² Унитарное предприятие «Диасенс» (Минск, Беларусь)

Аннотация. Глобализация, повсеместное развитие информационных систем и их интеграция во все сферы экономики требует широкомасштабных изменений, в том числе и в области медицины. С попытками автоматизировать и облегчить рабочий процесс медицинского персонала возникает потребность в использовании специализированных информационных систем. В данной статье будут рассмотрены возможности и особенности лабораторной информационной системы, а также опыт автоматизации крупнейшей в Брестской области централизованной клинико-диагностической лаборатории УЗ «Брестская областная клиническая больница» с использованием лабораторно-информационной системы DiasensLab. Также внимание уделяется задачам, которые ставились перед разработчиками, принципам и критериям выбора информационной системы, а также возможностям, которые приобрела лаборатория после внедрения.

Ключевые слова: автоматизация, лабораторная информационная система, ЛИС, веб-сервис, интеграция, здравоохранение, штрих-кодирование, валидация, информационная система, информационные технологии.

AUTOMATION OF A LARGE CENTRALIZED CLINICAL DIAGNOSTIC LABORATORY ON THE EXAMPLE OF THE «BREST REGIONAL CLINICAL HOSPITAL»

ANNA S. KALINA¹, MARINA A. SASINOVICH², ANDREY A. RUSAK²

¹ Healthcare institution «Brest Regional Clinical Hospital» (Brest, Belarus)

² Unitary enterprise «Diasens» (Minsk, Belarus)

Abstract. Globalization, the widespread development of information systems and their integration in all areas of the economy require large-scale changes, including in the medical field. With attempts to automate and facilitate workflow for medical personnel, it is necessary to use specialized information systems. This article will consider the capabilities and features of the laboratory information system, as well as the experience of automating the largest centralized clinical diagnostic laboratory in the Brest region Brest Regional Clinical Hospital using the DiasensLab laboratory information system. Also, attention is paid to the tasks that were set for the developers, the principles and criteria for choosing an information system, as well as the opportunities that the laboratory acquired after implementation.

Keywords: automation, laboratory information system, LIS, web service, integration, healthcare, bar coding, validation, information system, information technology.

Предпосылки и цели внедрения ЛИС

Сфера здравоохранения является одним из важнейших направлений развития в государстве. В связи с переходом к информационному обществу и внедрению информационных систем почти в каждую сферу деятельности, возросла необходимость автоматизации многих этапов рабочего процесса, в том числе у медицинского персонала. Заполнение медицинских документов вручную, процессы маркировки пробирок, обработка возрастающего объема информации о диагностических исследованиях претерпевают значительные изменения. Рабочие процессы учреждений здравоохранения автоматизируются при помощи специально разработанных медицинских информационных систем (далее МИС), а применительно к клинико-диагностическим лабораториям – лабораторных информационных

систем (далее ЛИС). Лабораторные информационные системы становятся все более распространенным и незаменимым инструментом автоматизированного управления лабораторией.

На сегодняшний день именно клиничко-диагностическая лаборатория превращается в одно из самых высокотехнологичных отделений медицинского учреждения. Стоит отметить, что актуальность ЛИС также связана с тем, что через клиничко-диагностическую лабораторию многопрофильного стационара проходит более 1000 образцов биоматериала в день. Такой рабочий процесс безусловно требует его автоматизации и грамотной координации [1, 2].

Учреждение здравоохранения «Брестская областная клиническая больница» является ведущим лечебным учреждением Брестской области. Коечный фонд стационара составляет 992 койки, в том числе 42 реанимационных.

Отделение клинической лабораторной диагностики (далее ОКЛД) Брестской областной клинической больницы – крупный многопрофильный центр по клинической лабораторной диагностике, выполняющий около 2,7 миллионов исследований в год с широким диапазоном (более 200 видов). Задачами отделения является своевременное и качественное выполнение биохимических, гематологических, общеклинических, иммунохимических, иммуногематологических, коагулологических, иммунологических (с применением методов полимеразно – цепной реакции и проточной цитофлюориметрии) исследований. Ежедневно в отделение клинической лабораторной диагностики в среднем поступает 1600 образцов биоматериала пациентов больницы, учреждений здравоохранения города и области. Отделение клинической лабораторной диагностики оснащено современным высокотехнологичным диагностическим оборудованием ведущих мировых производителей: Sysmex, Beckman Coulter, Siemens, Instrumentation Laboratori и др. В штатном расписании лаборатории зарегистрировано 70 сотрудников.

Критерии выбора

По мере развития отделения клинической лабораторной диагностики (в процессе оптимизации службы лабораторной диагностики были реорганизованы три лаборатории Брестской областной клинической больницы в одно структурное подразделение), увеличения номенклатуры и количества лабораторных исследований, а также повышенным требованиям к процедурам защиты качества результатов лабораторных исследований становился вопрос об установке ЛИС. В больнице была установлена только медицинская информационная система (МИС), к которой необходим был лабораторный сегмент. Мы начали проводить планомерный анализ полнофункциональных ЛИС, представленных на рынке Республики Беларусь, на соответствие их функциональных возможностей высокому уровню наших ожиданий.

На этапе выбора лабораторной информационной системы перед нами стояла непростая задача, так как ЛИС должен был соответствовать всем нашим требованиям, таким как:

1. Максимальная автоматизация лабораторного процесса;
2. Работа со штрих-кодами;
3. Интеграция с МИС;
4. Многоступенчатый контроль всех процессов на каждом этапе от получения заказа до выдачи результата;
5. Надежность и высокая скорость работы ЛИС без сбоев и зависаний;
6. Встроенная система контроля качества, позволяющая анализировать данные с разных анализаторов на одном экране ЛИС в режиме реального времени;
7. Создание возможности для удаленного заказа направлений и просмотра результатов;
8. Просмотр истории пациента для анализа динамики изменения его показателей;
9. Простота подготовки отчетов, возможность самостоятельно создавать новые шаблоны отчетов;
10. Дружественный и, одновременно, современный интерфейс для удобства работы сотрудников с разными навыками владением компьютерной техникой.

Помимо этого, нас интересовало качество и оперативность оказания технической поддержки производителями ЛИС, а также планомерное развитие и постоянное расширение

возможностей ЛИС в каждой обновленной версии системы. В результате проведенного самым тщательным образом анализа и процедур закупок победителем стала современная полнофункциональная ЛИС DiasensLab.

Процесс внедрения

Внедрение ЛИС в отделении клинической лабораторной диагностики Брестской областной клинической больницы происходило в несколько этапов. На первом этапе сотрудники компании сделали визит для оценки всего масштаба работы, были прорисованы схемы лабораторий, кабинетов с расстановкой рабочих мест и имеющегося оборудования, оговорены вопросы полной перестройки лабораторного процесса с системой «DiasensLab».

На втором этапе происходило создание всей номенклатуры Брестской областной клинической больницы. На этом этапе, длительностью в 2 месяца, был проделан значительный объем предварительных и подготовительных работ: создана номенклатура исследований (более 300 наименований), отделений БОКБ, подразделений лаборатории, сотрудников, всех внешних заказчиков, а также разработаны алгоритмы работы с ручными методиками посредством рабочих списков и созданы предварительные бланки результатов для всех исследований.

На третьем этапе проходило внедрение лабораторной информационной системы (ЛИС) DiasensLab в отделении клинической лабораторной диагностики Брестской областной клинической больницы. Стоит отметить, что внедрение ЛИС — это трудоемкая работа как со стороны разработчика системы, так и со стороны заказчика, и обязательным условием успешной реализации проекта является активное участие и заинтересованность обеих сторон.

Нами был выбран алгоритм последовательного внедрения ЛИС в лаборатории. Весь процесс был расписан по дням и этапам, работы выполнялись четко и своевременно, без отклонения от намеченного графика. На этом этапе проводилось также и обучение персонала. В качестве допуска к работе была проведена контрольная оценка знаний всех сотрудников.

Проект был реализован в кратчайшие сроки (3 недели) без прерывания рабочего процесса лаборатории. Одним из ключевых факторов, позволивших провести внедрение оперативно и без дополнительных затруднений стал многолетний опыт сотрудников компании в медицине, инженерии и лабораторной диагностике, позволивший выстроить коммуникацию с персоналом на одном языке.

За время работы было оборудовано 32 рабочих места в лаборатории, 1 рабочее место в консультативной поликлинике БОКБ и по одному рабочему месту на посту каждого отделения БОКБ. Подключено 15 автоматических анализаторов, создано 24 веб-кабинета удаленной регистрации заявок для внешних заказчиков, а также 37 веб-кабинетов для отделений БОКБ и Брестской областной консультативной поликлиники. Обучено 87 сотрудников лаборатории, а также все сотрудники из отделений БОКБ, которые назначают исследования своим пациентам. Также было проведено обучение для сотрудников из других учреждений здравоохранения, которые направляют в БОКБ пробы своих пациентов для проведения исследований.

Автоматизация деятельности лаборатории с ЛИС DiasensLab

Особенно ценными для нас стали следующие функции ЛИС DiasensLab:

1. Работа со штрих-кодами. Это сократило время ввода информации в приборы, исключило возможность ошибок оператора, а самое главное – уменьшило время от назначения исследования до получения результата врачом-клиницистом.

2. Веб-кабинеты, благодаря которым наши партнеры и сторонние заказчики имеют возможность самостоятельно регистрировать направления и скачивать результаты, а также следить за ходом выполнения исследований в режиме онлайн.

3. Автоматизация ручных и ИФА-методик с помощью рабочих списков (рис.1). Автоматизированы были такие процессы, как постановка СОЭ по Панченкову, анализ копрограмм, внесение результатов гепатитов, постановка ПЦР-анализов и др.

Рабочий список		Дата: 03 / 08 / 22 - 07 : 46		№ в день: 1		Полный номер: 1220803001	
Рабочий список: СОЭ		Дата загрузки:					
Штатив: СОЭ							

Пробы (Alt+F10)	К пробе... (F8)	Сканировать	Добавить... (Ctrl+Ins)	Убрать (Ctrl+Del)	Убрать все	Новый	В работу	Закрыть	По номеру...
-----------------	-----------------	-------------	------------------------	-------------------	------------	-------	----------	---------	--------------

Штатив	Результаты	Прикрепленные документы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6000001864 (1) ТЕСТОВАЯ Н. А.	6000001865 (2) ТЕСТОВАЯ Е. Л.	6000001866 (3) ТЕСТОВЫЙ Н. С.	6000001867 (4) ТЕСТОВАЯ В. И.	6000001868 (5) ТЕСТОВЫЙ Н. М.	6000001869 (6) ТЕСТОВЫЙ С. И.	6000001870 (7) ТЕСТОВАЯ Т. Е.	6000001871 (8) ТЕСТОВЫЙ Ю. Г.	6000001872 (9) ТЕСТОВАЯ Е. А.	6000001873 (10) ТЕСТОВАЯ Н. И.
2	6000001874 (11) ТЕСТОВЫЙ Г. Г.	6000001875 (12) ТЕСТОВЫЙ А. Г.	6000001876 (13) ТЕСТОВАЯ Л. А.	6000001877 (14) ТЕСТОВЫЙ Ф. П.	6000001878 (15) ТЕСТОВАЯ Н. В.	6000001879 (17) ТЕСТОВЫЙ Ю. А.	6000001880 (18) ТЕСТОВАЯ В. В.	8800336349 (23) ТЕСТОВАЯ М. Р.	6000001881 (24) ТЕСТОВАЯ А. С.	6000001882 (25) ТЕСТОВАЯ Л. А.

Рис. 1. Рабочий список СОЭ

4. Автовалидация готовых исследований в соответствии с заранее настроенными алгоритмами (рис. 2). Совместно с сотрудниками DiasensLab были настроены правила автовалидации для всех биохимических и коагулологических исследований. В дальнейших планах у нас стоит постепенное подключение автоодобрения для всех остальных подразделений лаборатории.

Название теста	Результат	Нормы	Ед. и...	Замеча...	Пред.рез.	Delta %	Delta	Причина, препятствующ...	Критич.	Автоодобр.
Билирубин общий	✓ 12,3	6,6 - 28,2	мкм...		8,8	-39,77%	-3,5		Нет	Да
Билирубин прямой	✗ 5,2	1,3 - 5,7	мкм...		1,6	-225,00%	-3,6	Не пройден Delta Check	Нет	Нет
Глюкоза	✓ 6,2	4,1 - 6,1	ммоль...	повы...	5,9	-5,08%	-0,3		Нет	Да
Калий	✗ 6,40	3,50 - 5,50	ммоль...	повы...	4,70	-36,17%	-1,70	Не пройден Delta Check	Нет	Нет
Креатинин	⚠ 649,4	72,0 - 127,0	мкм...	повы...	151,8	-327,80%	-497,6	Критический результат	⚠ Выявлен	Нет
Мочевина	⚠ 43,5	3,11 - 7,84	ммоль...	повы...	9,9	-339,39%	-33,6	Критический результат	⚠ Выявлен	Нет
Натрий	✓ 139	136 - 156	ммоль...		146	4,79%	7		Нет	Да
Общий белок	✓ 67,40	66,00 - 81,00	г/л		72,90	7,54%	5,50		Нет	Да

Рис. 2. Автовалидация биохимических исследований

5. Внутрилабораторный модуль контроля качества, в котором объединены все анализаторы. Модуль контроля качества позволяет вести установочные серии непосредственно в ЛИС с возможностью прослеживания всех статистически значимых показателей, таких как CV, CVi, SD, bias, Xcp и т.д (рис. 3).

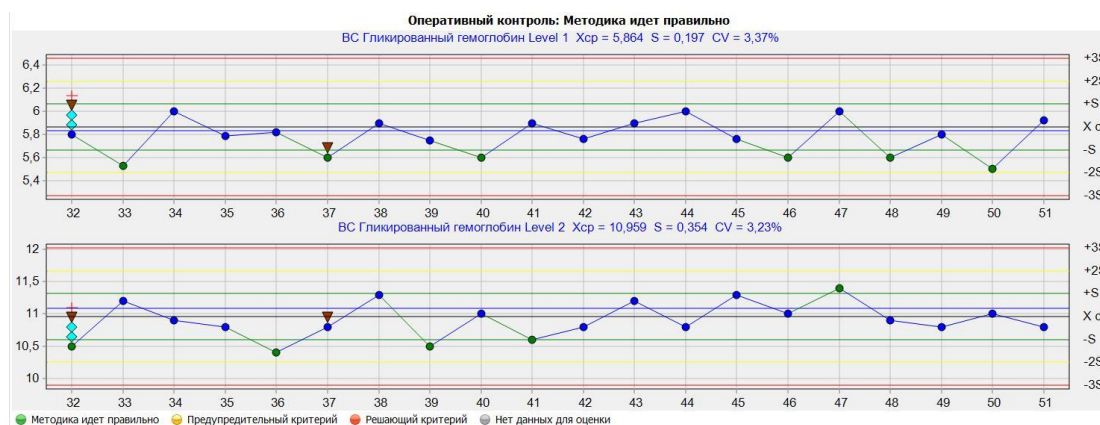


Рис. 3. Графики Леви-Дженнингса в ЛИС "DiasensLab"

6. Возможность отследить историю заявок (время регистрации, время поступления в лабораторию, время выдачи результата), а также не поступивший биоматериал в лабораторию.

7. Настройка разнообразных правил и формул (например, правило автоматического назначения мазка при неудовлетворительных результатах ОАК, расчет СКФ, расчет

показателей суточной мочи исходя из диуреза и т.д.), а также выделение различными цветами проб в соответствии с этими правилами для упрощения работы сотрудников лаборатории.

8. Удобство сортировки проб (рис. 4).

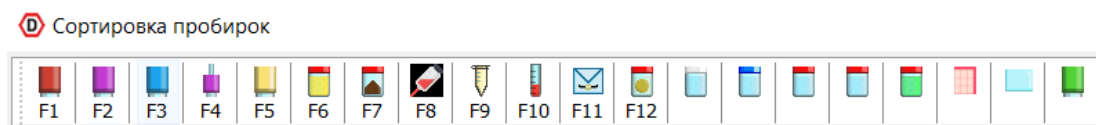


Рис. 4. Сортировка пробирок с разным типом биоматериалов

9. Гибкий конструктор отчетов, который позволяет за короткое время собрать необходимую статистическую информацию и подготовить отчеты любой степени сложности с наглядными диаграммами. А также сформированные сотрудниками DiasensLab пользовательские отчеты по установленной нами форме, которые могут быть экспортированы в форматы PDF, XML, Excel, Word и др.

10. Автоматическое добавление референсных интервалов (учитывая пол, возраст пациентов, фазу цикла, анализатор, с которого пришел результат, а также единицы измерения исследуемого показателя).

Результаты внедрения

В результате автоматизации лабораторных процессов стало намного проще управлять лабораторией, контролировать действия сотрудников и планировать всю текущую работу. Спустя полтора года успешной работы с ЛИС «DiasensLab», мы можем сделать следующие выводы:

1. Внедрение новой информационной системы позволило увеличить производительность, сократить трудозатраты, свести к минимуму количество ошибок на всех этапах лабораторного процесса;
2. Сократились сроки выполнения анализов и количество необоснованно назначенных исследований;
3. Исключились случаи утери данных исследований;
4. Благодаря внедрению ЛИС мы пересмотрели подходы к работе, увидели, как должна правильно функционировать информационная система. С июня 2022 года в БОКБ стартовал проект по замене устаревшей МИС на новую систему. Интеграция лабораторной информационной системы с МИС позволила сократить случаи дублирования исследований. Результаты лабораторных исследований выгружаются в истории болезней, выписные эпикризы, что значительно экономит время на оформлении документации у врачей отделений;
5. Сократилось время получения результатов лечащим врачом, также был обеспечен оперативный доступ к информации лаборатории врачам клинических отделений, которые могут в режиме онлайн отслеживать пробы своих пациентов;
6. Организована эффективная система контроля качества;
7. В распоряжении заведующего отделением клинической лабораторной диагностики появилась легкая и прозрачная система управления персоналом: каждый сотрудник как на ладони, так как заходит в ЛИС под своим персональным логином и паролем, и все его действия фиксируются в режиме реального времени.

Заключение

Таким образом, ЛИС очень быстро стала необходимой в работе не только специалистов лаборатории, но и всей больницы в целом. Сейчас, спустя полтора года после инсталляции, сотрудники с трудом представляют, как работать без ЛИС. Более того, они регулярно вносят предложения по оптимизации структуры настроек для удобства работы. Многие настройки сотрудники лаборатории могут выполнить самостоятельно, не обращаясь в техническую

поддержку. Все это в итоге способствует значительному повышению эффективности и производительности лаборатории.

Использование ЛИС с целью автоматизации работы в медицинском учреждении позволяет максимально эффективно решать задачи информатизации в лабораториях любого профиля и специализации, уменьшать количество ошибок на всех этапах лабораторного исследования, повышать качество, точность и скорость проводимых исследований. Формирование единого информационного пространства благодаря внедрению ЛИС позволяет автоматически контролировать весь лабораторный процесс и обеспечивать его соответствие международным и государственным стандартам [3].

Главным итогом внедрения лис является то, что сотрудники лаборатории занимаются не рутинными процессами, которые автоматизировала ЛИС, а непосредственно клинической и аналитической работой. Таким образом, ЛИС – это уникальный инструмент автоматизации, позволяющий лаборатории выйти на совершенно новый качественный уровень работы.

Список литературы:

1. Дегтярева А. В. Особенности автоматизации работы в лаборатории с помощью лабораторной информационной системы (ЛИС). Международный студенческий научный вестник. №5, 2017.
2. Лялякина Е. В., Лукин Е. В. ЛИС в КДЛ необходимость или nepозволительная роскошь? Справочник заведующего КДЛ. №6, июнь 2018.
3. Золотарев П. Н. Лабораторные информационные системы как самостоятельный класс сложных программных систем лабораторной медицины. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». № 1, 2016.

УДК 53.087, 535.31

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И УФ-ИНДЕКСА

И.И. БРУЧКОВСКИЙ^{1,2}, Г.С. ЛИТВИНОВИЧ², Т.Г. ТАБАЛЬЧУК¹

¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ (Минск, Беларусь)

²Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ (Минск, Беларусь)

Аннотация. В работе представлена концепция переносного автономного малогабаритного прибора собственной разработки, способного производить мониторинг содержания двуокиси азота, диоксида серы и аэрозольной оптической толщи дистанционным методом дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии. Кроме того, при помощи данного прибора, существует возможность измерения величин ультрафиолетового индекса в месте нахождения оператора. Совокупность измеряемых параметров может быть полезна для быстрой оценки качества воздуха и мощности дозы ультрафиолетовой радиации в курортной сфере.

Ключевые слова: дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия, ультрафиолетовый индекс, двуокись азота, мониторинг качества воздуха

AIR QUALITY AND UV INDEX MONITORING INSTRUMENT

ILYA.I. BRUCHKOUSKI, HLEB.S. LITVINOVICH, TATSIANA.G. TABALCHUK

National Ozone Monitoring Research Center of Belarusian State University

A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Belarusian State University (Minsk, Belarus)

Abstract. The paper presents the concept of a portable small-sized instrument of our own design, suitable for nitrogen dioxide and formaldehyde slant columns monitoring, as well as aerosol optical depth, by remote sensing method of differential optical absorption spectroscopy. In addition, with the help of this instrument, it is possible to measure the values of the ultraviolet index at the location of the operator. The set of measured parameters can be useful for a quick assessment of air quality and UV dose rate in the resort industry.

Keywords: differential optical absorption spectroscopy, ultraviolet index, nitrogen dioxide, air quality monitoring.

Введение

Ухудшение качества воздуха в настоящее время является общепризнанной проблемой глобального уровня. В сочетании с волнами жары, которые являются прямым следствием современных климатических изменений, атмосферное загрязнение приводит к обострению заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистых заболеваний, а также к увеличению смертности среди населения [1-3]. К основным загрязнителям атмосферы в данном случае относят атмосферный аэрозоль, диоксид азота, приземный озон, диоксид серы.

В Беларуси основное число наблюдений на станциях мониторинга осуществляется с использованием отбора проб воздуха при помощи импактных газоанализаторов, что позволяет получать информацию о содержании малых газовых составляющих в точке наблюдения. Кроме точечных наблюдений, на площадке Национального научно-исследовательского центра мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета (НИИЦ МО БГУ, г. Минск) в автоматическом режиме проводит наблюдения многоосевой спектрометр MARS-B, данные которого позволяют восстанавливать вертикальное распределение двуокиси азота, формальдегида и оптической толщи аэрозоля в течение светового дня. В Беларуси также функционирует сеть из трёх фильтровых фотометров: Нарочанская биостанция, Гомельский физический факультет, площадка НИИЦ МО БГУ, данные с которых обрабатываются с применением модели переноса излучения libRadtran, что дает возможность рассчитывать общее содержание озона и значения ультрафиолетового индекса. Стоит отметить, что импактные

газоанализаторы в сравнении с пассивными спектрометрами наземного базирования не могут дать усредненной картины касательно содержания двуокиси азота и атмосферного аэрозоля в различных направлениях из точки местонахождения прибора. Имеющийся многоосевой спектрометр MARS-B способен проводить качественные измерения спектров яркости небесной сферы, из которых можно восстановить профиль распределения концентрации двуокиси азота и атмосферного аэрозоля, однако MARS-B – это инструмент стационарного базирования, требующий определенной процедуры установки и времени выхода на режим, в связи с чем его перемещение в иные локации представляет определенные трудности.

Таким образом, существует потребность в проведении измерений содержания двуокиси азота, атмосферного аэрозоля и значений ультрафиолетового индекса как основных параметров качества воздуха и мощности дозы ультрафиолетовой радиации соответственно. Для практических целей интерес может представлять переносной автономный прибор, который способен проводить указанные измерения используя рассеянный солнечный свет, что определило цель настоящей работы.

Методика проведения эксперимента

Для проверки возможности достижения указанной цели, авторами был реализован экспериментальный образец устройства (DEVI) на базе спектрометра собственной разработки. Спектрометр рассчитывался согласно схеме Роуланда для вогнутой сферической дифракционной решетки с радиусом кривизны 60 мм и плотностью штрихов 2581 штр/мм и неохлаждаемой ПЗС-линейки Toshiba TCD1304DG, имеющей 3648 рабочих и 13 конструктивно изолированных от света пикселей. Спектрометр имеет систему освещения входной щели, которая обеспечивает поле зрения около 1° по углу возвышения, что позволяет корректно проводить сравнения получаемых данных с данными эталонного инструмента MARS-B. Спектрометр проектировался на диапазон 280 – 350 нм, однако ввиду относительно большого размера применяемого детектора и наличию авторской системы юстировок, возможна перестройка прибора на диапазон 320 – 390 нм. Наличие отрезающего красную часть спектра фильтра в совокупности с кривой эффективности решетки позволяет выровнять интенсивности регистрируемого сигнала между диапазонами УФА и УФБ, а также уменьшить количество рассеянного излучения. На рисунке 1 представлен внешний вид DEVI и некоторые его видимые компоненты.

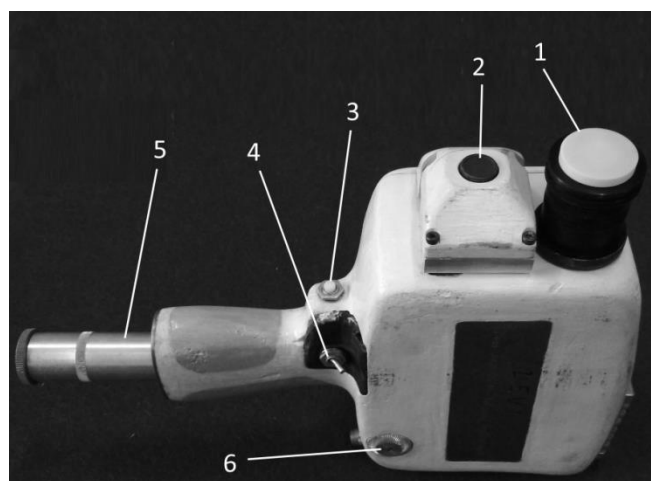


Рис. 1. Внешний вид DEVI: 1 – косинусная насадка; 2 – видеокамера для привязки поля зрения спектрометра; 3 – кнопка регистрации спектра; 4 – кнопка включения питания; 5 – отсек питания; 6 – регулировка времени экспозиции

Косинусная насадка 1 предназначена для использования спектрометра в качестве датчика освещенности, что в совокупности с использованием эталона освещенности, который имеется в НИИЦ МО БГУ, дает возможность абсолютной калибровки спектрометра по спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО). В свою очередь, при наличии

абсолютной калибровки открывается возможность для пересчета величин СПЭО в значения УФ-индекса. Косинусная насадка I может быть удалена, в таком случае прибор способен работать в режиме измерения яркости в пределах угла поля зрения 1° , что теоретически позволяет восстановление из спектров яркости величин дифференциальных наклонных толщ малых газовых составляющих [4].

Результаты и их обсуждение

Разработанный прибор DEVI прошел предварительные испытания в условиях проведения измерений на открытом воздухе, в результате чего были зарегистрированы спектры яркости различных участков небесной сферы. В результате анализа полученных спектров было установлено, что для восстановления малых газовых составляющих необходимо уменьшить шумовую компоненту, которая присутствует в спектрах. Для этого были предприняты усилия по нескольким направлениям:

- изменена схема питания на линейный стабилизатор с целью исключения наводок от ШИМ, что позволило уменьшить уровень шума на 13 %;
- разработана авторская методика удаления шума из спектров на основании априорной информации о параметрах темного сигнала, что позволило увеличить соотношение сигнал-шум на 4 – 9 дБ [5];
- проведение усреднения спектров по большому количеству сканирований.

Для тестирования проведенных изменений и выполнения полноценного сравнения с эталонным спектрометром MARS-B в части восстановления содержания двуокиси азота, разработана сканирующая платформа для установки на измерительную площадку ННИЦ МО БГУ.

Заключение

Совокупность конструктивных и оптических характеристик разработанного инструмента DEVI позволяет надеяться на успешное применение названного прибора для задач полуколичественного определения качества воздуха в терминах аэрозольного оптического поглощения и наличия большого количества двуокиси азота. Препятствия для практической реализации функции измерения УФ-индекса отсутствуют. Для определения метрологических характеристик разработанного прибора требуются дополнительные лабораторные и натурные исследования.

Список литературы

1. De Sario M, Katsouyanni K, Michelozzi P. Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe. *Eur Respir J.* 2013;42:826–843.
2. Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006;56:709–742.
3. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J Med Toxicol.* 2012;8:166–175.
4. Platt, U. *Differential Optical Absorption Spectroscopy: Principles and Applications* / U. Platt, J. Stutz. – Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2008. – 597 p.
5. Литвинович Г.С., Бручковский И.И. Алгоритм предварительной обработки данных линейки приборов с зарядовой связью на основе адаптивного фильтра Винера. // Информатика. – Минск, 2021. – Т. 18. – С. 72-83.

УДК 615.849.19

ДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ФЕНОЛАМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ПЕЧЕНИ КРЫС

Н.М. ОРЁЛ, А.М. ЛИСЕНКОВА, А.М. БРАТЧЕНЯ, Д.А. ЖОЛУДЕВА

Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь)

Аннотация. В опытах *in vitro* показана способность фенолов Брусники обыкновенной и Бессмертника песчаного корректировать изменения активности антиоксидантных ферментов и перекисного окисления липидов в печени крыс при воздействии лазерного излучения.

Ключевые слова лазерное излучение, растительные фенолы, биодоступность, антиоксидантная система, печень крыс.

THE EFFECT OF LASER RADIATION IN COMBINATION WITH PLANT-DERIVED PHENOLS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY AND LIPID PEROXIDATION PROCESSES IN RAT LIVER

N.M. ORYOL, A.M. LISENKOVA, A.M. BRATCHENYA, D.A. ZHOLUDEVA

Belarusian State University (Minsk, Belarus)

Abstract. *In vitro* experiments have shown the ability of the phenols of Cranberry and Helichrysum to correct changes in the activity of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in the liver of rats when exposed to laser radiation.

Keywords: laser radiation, plant phenols, bioavailability, antioxidant system, rat liver.

Введение

Известно, что при действии низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на органы и ткани активизируется работа дыхательной цепи и образуются активные формы кислорода, прежде всего суперактивного анион радикала и синглетного кислорода [1]. При этом стимулируются клеточные функции, повышается синтез АТФ, изменяются защитные функции организма. Множественные физико-химические изменения, возникающие при воздействии лазерного излучения, во многом определяют большое разнообразие вторичных биологических реакций, зависящих не только от вида первичных сдвигов, но и от параметров и технологии лазеротерапии [2]. Антиоксидантными свойствами и способностью нормализовать функционирование антиоксидантных ферментов обладают экстракты, полученные из Брусники обыкновенной и Бессмертника песчаного [3]. Это послужило основанием для исследования эффективности применения фенольной фракции этих растений для коррекции изменений активности супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (Кат), концентрации ТБК-активных продуктов в печени крыс при действии НИЛИ. Работа выполнена *in vitro* на гомогенате печени белых беспородных крыс самцов, массой 150-180 г, находившихся на стандартном рационе вивария.

Методика проведения эксперимента

Для лазерного облучения использовали аппарат квантовой терапии «Витязь, АКТ-01». Он обеспечивал непрерывное излучение диода красного спектра с длиной волны $\lambda = 650 \pm 10$ нм и импульсное инфракрасное излучение диода с длиной волны $\lambda = 850 \pm 10$ нм, длительностью 40 мкс, частотой следования 12500 Гц, пиковой мощностью 10 мВт. Во время работы аппарата одновременно излучают оба лазерных диода суммарной средней мощностью 10 мВт. Облучение 10 % гомогената печени (объем 3 мл, толщина слоя 0,8 см) осуществляли в течение

6 мин в автоматическом режиме: 3 мин облучение, 10 с – пауза и еще 3 мин облучение. Площадь облучаемого участка $S \approx 1 \text{ см}^2$, расстояние до поверхности объекта 0,5 см. На 6-й мин воздействия повышение температуры в области воздействия не превышала $+0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Экстракцию фенольных соединений проводили из навески сухого сырья «Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea L.*)», производства ООО «Калина-бел», и «Бессмертника песчаного цветки (*Helichrysi arenarii flores*)», производства ООО «НПК Биотест», 70 % р-ром этанола при $40 \text{ }^\circ\text{C}$ – 20 мин. Затем из экстракта этанол выпаривали, а объем доводили H_2O до исходного. В полученном водном экстракте определяли концентрацию легко экстрагируемой фракции фенолов. Для исследования выделенные соединения вносили в 10 % гомогенат печени в концентрации 0,05 мкг/мл. Исследования проводили через 15 мин после воздействий. Биохимические показатели определяли известными методами.

При определении активности СОД в гомогенате печени после действия НИЛИ в применяемом режиме отмечено ее повышение в среднем на 160-184 %. Скорость разложения пероксида водорода Кат в этом эксперименте возрастает в меньшей степени – на 22-25 %, а концентрация ТБК-активных продуктов повышается на 58-69 %. Установленные изменения укладываются в современные представления о том, что НИЛИ красной и инфракрасной области спектра могут стимулировать запуск антиоксидантной системы организма, так как его акцепторами являются различные ферменты антиоксидантной системы, в том числе СОД и Кат, содержащие в активном центре ионы металлов, за счет которых и являются первичными приемниками светового излучения.

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения влияния фенольных соединений на показатели антиоксидантной системы в печени крыс свидетельствуют о том, что внесение в гомогенат фракций брусники и бессмертника активируют СОД на 90 % и 58,4 % соответственно. Скорость реакции, катализируемая Кат, возрастает существенно меньше (на 19,3 %) и только при действии фенольных соединений брусники. Исследуемые соединения также влияют на процессы перекисного окисления липидов, о чем говорит изменение интенсивности накопления ТБК-активных продуктов. Фенолы брусники достоверно понижают их концентрацию на 36,8 %, а бессмертника – снижают незначительно. Полученные нами результаты указывают на то, что эффективность экстракта брусники существенно выше, чем бессмертника.

При совместном воздействии фенолов брусники или бессмертника с НИЛИ активность СОД достоверно увеличивается на 137 % и 107 % соответственно по отношению к контролю, а Кат определяется несколько выше контрольных значений, но эти изменения статистически не подтверждаются. При внесении в гомогенат печени экстракта фенолов брусники в сочетании с лазерным облучением концентрация ТБК-активных продуктов понижается на 43,6 %, а при действии фенолов бессмертника и облучения она определяется в пределах контрольных значений.

Заключение

Полученные результаты позволяют заключить, что в опытах *in vitro* фенольные соединения исследуемых растений снимают интенсификацию процессов ПОЛ, вызванную лазерным излучением. В то же время влияние фенолов бессмертника можно считать более значимым, так как их действие нормализуют процессы ПОЛ, вызванные НИЛИ, в то время как существенное ингибирование этих процессов, установленное при внесении фракции брусники в сочетании с лазерным облучением нельзя однозначно считать положительным эффектом

Список литературы

1. Улащик, В.С. Активные формы кислорода, антиоксиданты и действие лечебных физических факторов / В.С. Улащик // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2013. – № 1. – С. 60-70.
2. Улащик, В.С. Трансдермальное введение лекарственных веществ и физические факторы. Традиции и инновации. Минск, «Беларусская наука» 1917,- 266 с.
3. Bujor O.C. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea L.*) leaf, stem and fruit at different harvest periods // O.C Bujor [et al.] // Food Chemistry. – 2018. – Vol. 252 – P. 356-365.

УДК 537.312.5

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СКОРОСТЬ УДАЛЕНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЕВЫХ СПЛАВАХ р-ТИПА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ АЛЬФА-ЧАСТИЦАМИ

Д.Н. ЖДАНОВИЧ¹, Д.А. ОГОРОДНИКОВ¹, И.Ф. МЕДВЕДЕВА²,
ФАДЕЕВА Е.А.¹, ТОЛКАЧЕВА Е.А.³

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, Минск, Беларусь;

²Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь;

³Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз
Республики Беларусь, Минск

Аннотация. Показано, что при облучении альфа частицами обратно-смещенных диодных структур на основе кристаллов *p*-SiGe скорость удаления основных носителей заряда значительно снижена в области пространственного заряда (ОПЗ) диодов по сравнению с квазинейтральной областью. Наблюдаемый эффект связан с инжекционно-ускоренной миграцией собственных межузельных атомов кремния и их взаимодействием с другими дефектами решетки в ОПЗ диодов во время облучения.

Ключевые слова: кремний-германиевый сплав; альфа-частица; глубокий уровень; радиационно-индуцированный центр; DLTS-спектроскопия.

INFLUENCE OF THE ELECTRIC FIELD ON THE RATE OF REMOVAL OF CHARGE CARRIERS IN SILICON-GERMANIUM ALLOYS p-TYPE UNDER IRRADIATION WITH ALPHA PARTICLES

D.N. ZHDANOVICH¹, D.A. ANARODNIKAU¹, I.F. MEDVEDEVA²,
A.A. FADZEYEVA¹, E.A. TALKACHOVA³

¹Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, 220072 Minsk, Belarus,

²Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus,

³Scientific and Practical Center of the State Committee of Forensic Examinations
Republic of Belarus, Minsk

Abstract. It is found that the removal rate of majority charge carriers is significantly reduced in depleted regions of reverse-biased SiGe-based *n*⁺-*p* diodes compared to that in the neutral regions upon irradiation with alpha particles. The observed effect is related to injection-enhanced mobility of Si self-interstitial atoms and their interactions with other lattice defects in the depleted regions of the diodes during irradiation.

Keywords: silicon-germanium alloy; alpha particle; deep level; radiation-induced center; DLTS spectroscopy.

Введение

В работах [1-3] на основании анализа вольт-фарадных зависимостей рассмотрено изменение распределения концентрации дырок $p(x)$ в базовых областях кремниевых диодных *n*⁺-*p*-структур в результате облучения α -частицами в режимах обратных смещений ($U_{см} = -5 \div -10$ В), а также без смещения при температуре 290 К. Установлено, что на зависимостях $p(x)$ *n*⁺-*p*-структур, облучаемых под обратным смещением, возникает участок немонотонности, который обусловлен меньшей скоростью удаления дырок в области пространственного заряда (ОПЗ) по сравнению с квазинейтральной частью базы. Участок немонотонности на зависимостях $p(x)$ исчезает после инжекции неосновных носителей заряда в базовую *p*-область. Методом релаксационной спектроскопии глубоких уровней показано, что различие в скоростях удаления дырок в ОПЗ и квазинейтральной части базы в процессе облучения связано с особенностями термического и стимулированного инжекцией неосновных носителей заряда

(ННЗ) отжига собственных междоузельных атомов кремния (Si_i) в материале p -типа. Интерес представляет исследование влияния на этот процесс примеси германия.

Методика проведения эксперимента

Для исследований использовались диффузионные $n+p$ -структуры, изготовленные на пластинах $\text{Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ p -типа, легированных бором в концентрации $[\text{B}] = 4 \div 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Облучение образцов проводилось альфа-частицами с энергией 5 МэВ при температуре $290 \div 295 \text{ К}$. Одна часть образцов облучалась при обратных смещениях $U_{см} = -8$ и -16 В , вторая — без обратного смещения. Отжиг облученных образцов при 100°C в течение 30 минут проводился в печи на воздухе.

В работе определялось распределение концентрации носителей заряда $p(x)$ в базовых областях диодных $n+p$ -структур до и после облучения из анализа вольтфарадных характеристик. Барьерная емкость измерялась при $T = 300 \text{ К}$ на частоте 1 МГц с помощью измерителя LCR E7-12.

Определение характеристик радиационных дефектов (энергия активации эмиссии и сечение захвата носителей заряда) в базовой области $n+p$ -структур на основе $p\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ осуществлялось методом нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (Deep Level Transient Spectroscopy — DLTS). Спектры измерялись при значении окна скорости эмиссии $e_m = 19 \text{ с}^{-1}$ и длительности импульса заполнения ловушек 10^{-2} с в диапазоне температур $80\text{--}300 \text{ К}$. Спектры записывались в режимах заполнения ловушек как основными (дырки), так и неосновными (электроны) носителями заряда. Использовались разные значения напряжений смещения $U_{см}$ и заполнения $U_{зан}$. Для образцов, облучаемых при обратных смещениях $U_{см} = 0$ и -8 В сравнение типов и концентраций ловушек в пределах ОПЗ осуществлялось при $U_{см} = -5$ и $U_{зан} = -1 \text{ В}$, вне ОПЗ — $U_{см} = -16$ и $U_{зан} = -10 \text{ В}$. В режимах заполнения ловушек неосновными носителями заряда спектры записывались при $U_{см} = -5$ и $U_{зан} = +2 \text{ В}$ для всех облученных образцов.

Результаты и их обсуждение

Результаты CV-измерений. На рис. 1 показаны профили концентрации подвижных носителей заряда $p(x)$ в базовой p -области диодных $n+p$ -структур на $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ до и после облучения альфа-частицами в течение 720 минут без смещения, пропускания прямого тока $I_{пр} = 0,2 \text{ А}$ при 300 К и термического отжига при $T_{отж} = 100^\circ\text{C}$ в течение 30 мин. После облучения концентрация дырок в $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ уменьшается. При $x = 2 \text{ мкм}$ она уменьшилась в 1,15 раза. После пропускания прямого тока значение p частично восстанавливается. Так, при $x = 2 \text{ мкм}$ оно увеличилось примерно в 1,1 раза. Последующий термический отжиг образцов ведет к весьма незначительным уменьшениям p (особенно при $x \geq 1,3 \text{ мкм}$).

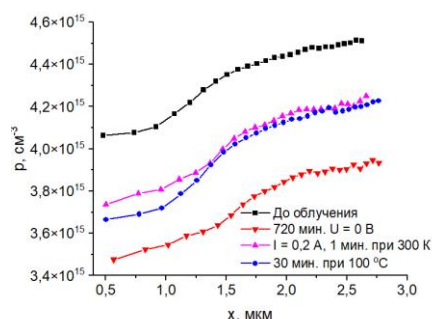


Рис. 1. Профили концентрации подвижных носителей заряда в базовой области диодных $n+p$ -структур на $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ до и после облучения альфа-частицами в течение 720 минут без смещения, пропускания прямого тока $I_{пр} = 0,2 \text{ А}$ при 300 К и термического отжига при $T_{отж} = 100^\circ\text{C}$ в течение 30 мин.

На рис. 2 представлены профили концентрации подвижных носителей заряда в базовой области диодных n^+p -структур на $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ до и после облучения альфа-частицами в течение 720 минут при различных значениях обратного смещения. В целом, полученные результаты повторяют данные, полученные в [2,3] для барьерных структур на $p\text{-Si}$. Участок немонотонности на зависимостях $p(x)$ облученных образцов смещается в глубь p -области с ростом обратного смещения. Значения x , соответствующие этим участкам, совпадают приблизительно с толщинами областей пространственного заряда n^+p -структур при обратных смещениях, равных $U_{см} = -8$ и -16 В. Во всех случаях скорость введения радиационных дефектов в ОПЗ обратно смещенных n^+p -структур на $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ ниже, чем в нейтральной части p -базы.

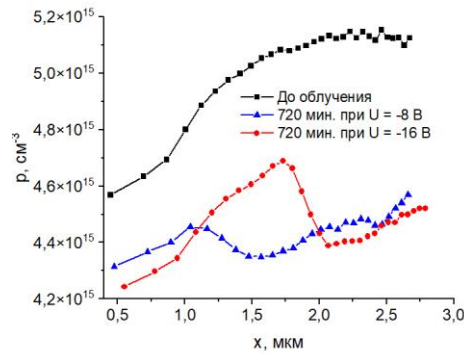


Рис. 2. Профили концентрации подвижных носителей заряда в базовой области диодных n^+p -структур на $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ до и после облучения альфа-частицами в течение 720 минут при различных значениях обратного смещения.

Данные DLTS-измерений. На рис. 3 представлены DLTS-спектры n^+p -структуры на $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ после облучения альфа-частицами в течение 720 минут без обратного смещения, пропускания прямого тока $I_{пр} = 0,05$ А при 300 К в течение 1 мин. и отжига при 100 °С в течение 30 мин.

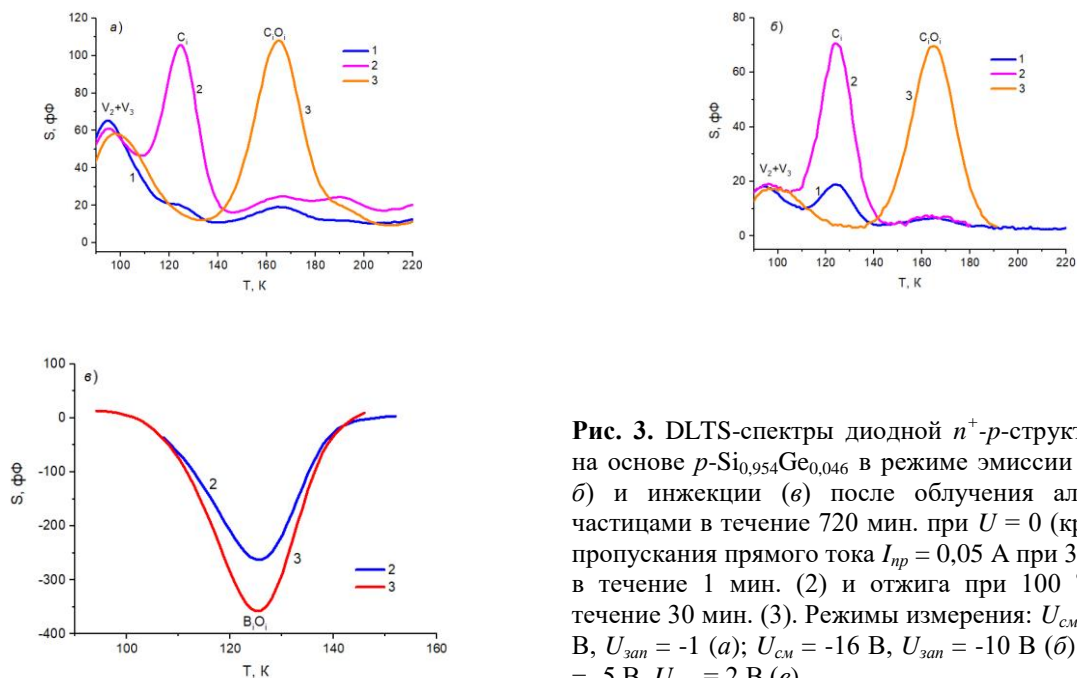


Рис. 3. DLTS-спектры диодной n^+p -структуры на основе $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ в режиме эмиссии (а и б) и инжекции (в) после облучения альфа-частицами в течение 720 мин. при $U = 0$ (кр. 1), пропускания прямого тока $I_{пр} = 0,05$ А при 300 К в течение 1 мин. (2) и отжига при 100 °С в течение 30 мин. (3). Режимы измерения: $U_{см} = -5$ В, $U_{зан} = -1$ (а); $U_{см} = -16$ В, $U_{зан} = -10$ В (б); $U_{см} = -5$ В, $U_{зан} = 2$ В (в).

В результате облучения в базовую область диодных n^+p -структур вводятся радиационные дефекты с глубокими уровнями, перезарядка которых приводит к появлению на спектрах максимумов и минимумов. Типы ловушек, ответственных за возникновение на спектрах пиков, указаны на рисунке и описаны нами в [2-3]. После инжекционной обработки возросли амплитуды пиков ловушки междуузельный углерод C_i , а после термической — появились пики комплекса междуузельный углерод - междуузельный кислород C_iO_i (рис. а и б). Данный эффект проявляется при измерении спектров при разных значениях обратного смещения, то есть по всей глубине p -базы. Спектр в режиме инжекции измерялся только после инжекционной и термической обработок (рис. в).

На рис. 4 показаны DLTS-спектры n^+p -структуры после облучения альфа-частицами в течение 720 минут при $U_{см} = -8$ В, пропускания прямого тока $I_{пр} = 0,05$ А при 300 К в течение 1 мин. и отжига при 100°C в течение 30 мин. Вид спектров сразу после облучения на рис. а и б не отличается. То есть, в ОПЗ и квазинейтральную область p -базы вводятся одни и те же типы дефектов. Однако есть существенное различие в амплитудах пиков, соответствующих ловушке C_i . Видно, что в ОПЗ преимущественно ввелась ловушка C_i (рис. а). Ее амплитуда почти в два раза больше суммарной амплитуды ловушек вакансионного типа V_2+V_3 . В остальной части базы также присутствуют ловушки C_i , но в значительно меньшей степени (рис. б). После инжекционной обработки возрастает амплитуда пика C_i в спектре, измеренном главным образом за пределами ОПЗ (рис. б).

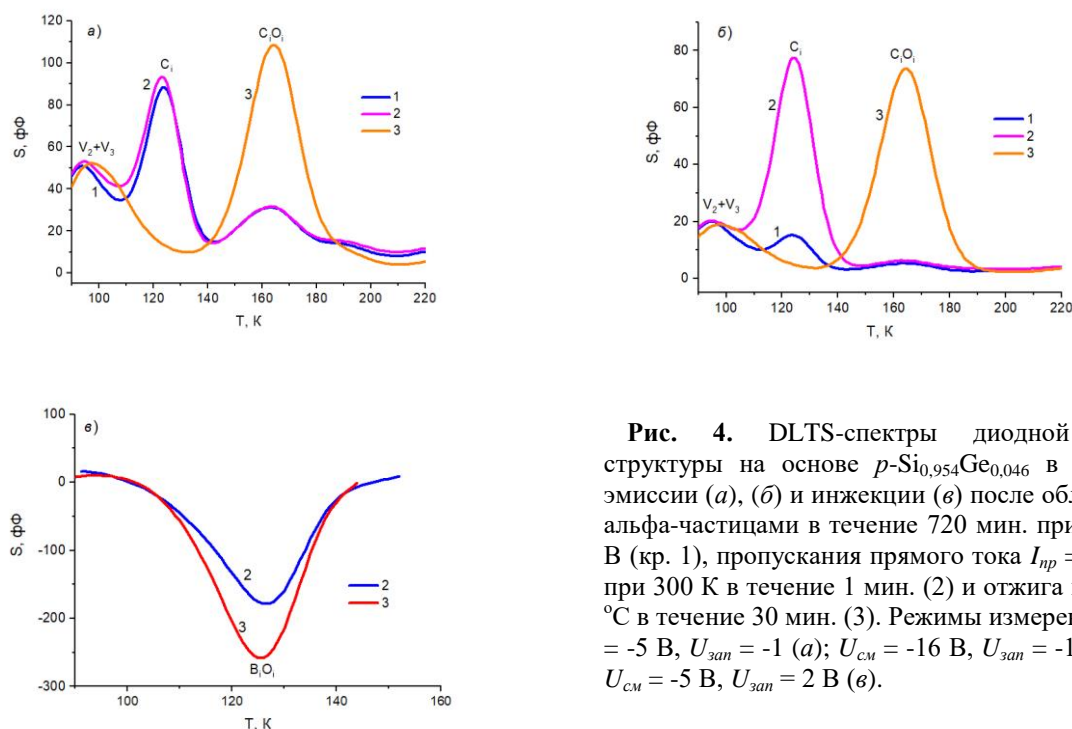


Рис. 4. DLTS-спектры диодной n^+p -структуры на основе $p\text{-Si}_{0,954}\text{Ge}_{0,046}$ в режиме эмиссии (а), (б) и инжекции (в) после облучения альфа-частицами в течение 720 мин. при $U = -8$ В (кр. 1), пропускания прямого тока $I_{пр} = 0,05$ А при 300 К в течение 1 мин. (2) и отжига при 100°C в течение 30 мин. (3). Режимы измерения: $U_{см} = -5$ В, $U_{зан} = -1$ (а); $U_{см} = -16$ В, $U_{зан} = -10$ В (б); $U_{см} = -5$ В, $U_{зан} = 2$ В (в).

Сравнение результатов на рис. 3б и 4б показывает, что для обоих режимов облучения образцов спектры практически совпадают вне ОПЗ после всех обработок как по виду, так и по амплитудам пиков. Что же касается ОПЗ (рис. 3а и 4а), то здесь амплитуды пиков дефектов V_2 , C_i и C_iO_i практически одинаковы только после инжекционной и термической обработок. Однако сразу после облучения на спектрах, записанных в режиме перезарядки ловушек дырками, образца, облучаемого без смещения, практически отсутствуют пики ловушек междуузельного типа. Сравнение спектров, записанных в режиме инжекции (рис. 3в и 4в), показывает, что амплитуды пика ловушки B_iO_i после всех обработок в 1,4 раза меньше у облученного под обратным смещением образца по сравнению с облученным без смещения.

Заключение

Проведено облучение альфа-частицами диодных n^+ - p -структур на p -Si_{0,954}Ge_{0,046} с удельным сопротивлением 3-4 Ом·см в режимах обратных смещений ($U_{см} = -8 \div -16$ В) и без смещения, при температуре 293 К. Из анализа вольтфарадных характеристик показано, что у образцов облучаемых в режиме обратных смещений на профилях концентрации подвижных носителей заряда $p(x)$ возникают участки немонотонности, совпадающие с границей области пространственного заряда.

Методом *DLTS*-спектроскопии показано, что различие в скорости удаления дырок в ОПЗ и квазинейтральной части базы в процессе облучения альфа частицами при обратном смещении n^+ - p -структур на основе p -Si_{0,954}Ge_{0,046} связано с инжекционно-стимулированной миграцией собственных междоузельных атомов кремния Si_i⁺⁺ и их взаимодействием с другими дефектами решетки в ОПЗ при облучении. Такие же особенности наблюдались ранее в облученных n^+ - p диодах на основе p -Si без примеси германия [1-3].

Список литературы

1. Кучинский П.В., Ломако В.М., Петрунин А.П. Инжекционная, электрополевая и термическая перестройка радиационных дефектов в p -кремнии. *ФТП*. 1989; 23(9). – С.1625-742.
2. Огородников Д.А., Жданович Д.Н., Якушевич А.С., Ластовский С.Б., Мурин Л.И., Маркевич В.П., Шпаковский С.В. Влияние электрического поля на образование радиационно-индуцированных центров в кремнии p -типа при облучении α -частицами. *Труды 29-ой Междунар. конф. «Радиационная физика твердого тела»* (Севастополь, 8-13 июля 2019 г.), под ред. Бондаренко Г.Г. Москва, 2019. С.160-169.
3. Aharodnikau D.A., Lastovskii S.B., Shpakovski S.V., Markevich V.P., Halsall M.P., and Peaker A.R. The role of Si self-interstitial atoms in the formation of electrically active defects in reverse-biased silicon n^+ - p diodes upon irradiation with alpha particles. *Physica Status Solidi A*. 2021. <https://doi.org/10.1002/pssa.202100104>

References

1. Kuchinsky P.V., Lomako V.M., Petrunin A.P. Injection, electric field and thermal rearrangement of radiation defects in p -silicon. *FTP*. 1989; 23(9). – С.1625-742.
2. Aharodnikau D.A., Zhdanovich D.N., Yakuchevech H.S., Lastovskii S.B., Murin L.I., Markevich V.P., Shpakovski S.V. Influence of an electric field on the formation of radiation-induced centers in p -type silicon upon irradiation with α -particles. Proceedings of the 29th Intern. conf. "Radiation Solid State Physics" (Sevastopol, July 8-13, 2019), ed. Bondarenko G.G. Moscow, 2019. С.160-169.
3. Aharodnikau D.A., Lastovskii S.B., Shpakovski S.V., Markevich V.P., Halsall M.P., and Peaker A.R. The role of Si self-interstitial atoms in the formation of electrically active defects in reverse-biased silicon n^+ - p diodes upon irradiation with alpha particles. *Physica Status Solidi A*. 2021. <https://doi.org/10.1002/pssa.202100104>

УДК 616-072.7

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ПАТОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕМОРА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Т.С. БОБРОВА, М.В. ДАВЫДОВ, С.А. КОРЕНЕВСКИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Рассматривается разработанное портативное устройство для обнаружения тремора рук из нескольких акселерометрических датчиков, интегрированных на плате Arduino с микроконтроллером ATmega32u4. Также предложен вариант использования данного портативного устройства в составе аппаратно-программного комплекса для оценки параметров тремора при ранней диагностике и лечении заболеваний центральной нервной системы.

Ключевые слова: тремор, диагностика тремора, акселерометрический датчик, портативное устройство, аппаратно-программный комплекс.

DEVICE FOR ASSESSING PARAMETERS OF PATHOLOGICAL TREMOR IN DISEASES OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

T.S. BABROVA, M.V. DAVYDOV, S.A. KORENEVSKY

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus)

Abstract. The developed portable device for hand tremor detection from several accelerometer sensors integrated on the Arduino board with the ATmega32u4 microcontroller is considered. A variant of using this portable device as part of a hardware-software complex for assessing tremor parameters in the early diagnosis and treatment of diseases of the central nervous system is also proposed.

Keywords: tremor, tremor diagnostics, accelerometer sensor, portable device, hardware and software complex.

Введение

Феномен глобального старения увеличил число людей с возрастными неврологическими двигательными расстройствами, включая болезнь Паркинсона (БП) и эссенциальный тремор (ЭТ), а также наблюдается тенденция к преждевременному старению мозга у представителей более молодого возраста в связи с постоянными переутомлением и стрессами, неправильным питанием и вредными привычками. Патологический тремор рук считается одним из наиболее частых двигательных симптомов таких нарушений и может серьезно повлиять на независимость и качество жизни пациентов.

Теоритические сведения

Тремор (дрожание) – часто встречающееся двигательное расстройство, представляющее собой ритмичные произвольные колебания какой-либо части тела. Наиболее часто дрожание отмечается при болезни Паркинсона, эссенциальном треморе, психогенном треморе и др.

Патологический тремор рук является частым моторным симптомом некоторых возрастных неврологических двигательных нарушений и описывается как произвольные и псевдоритмические движения, влияющие на координацию, точность и скорость предполагаемых движений. В отличие от физиологического тремора, который определяется низкоамплитудными вибрациями в спектральном диапазоне от 6 до 14 Гц, патологический тремор представляет собой движение с более высокой амплитудой, происходящее в более широком диапазоне частот 3–14 Гц и включает следующие виды тремора: *тремор покоя* (3-6

Гц), возникающий, когда конечность расслаблена и на что-нибудь опирается (обычно наблюдается при БП); *тремор действия*, возникающий во время произвольного сокращения мышц; *интенционный тремор*, возникающий при нарушении функции мозжечка (например, вследствие инсульта, травмы, или при рассеянном склерозе).

Тремор действия также имеет видов: постуральный, кинетический и изометрический. Постуральный и кинетический тремор обычно наблюдается у пациентов с ЭТ. Постуральный тремор (5-8 Гц) наиболее максимален, когда конечность удерживается в фиксированном положении против действия силы тяжести (например, при вытянутых руках), кинетический тремор возникает в заключительной части произвольного движения небольшой амплитуды. Подвидом кинетического тремора является интенционный тремор (3-10 Гц), возникающий при целенаправленном движении, его амплитуда высокая, а частота низкая в течение всего движения, но после достижения цели тремор усиливается (например, при пальце-носовой пробе). Изометрический тремор действия возникает во время сокращения мышц против жесткого неподвижного объекта, например, при захвате твердого объекта, который блокирует движение конечности и изменяет длину мышц.

Проблема анализа патологического тремора заключается в разнообразии его видов, субъективной окраске, а также отсутствии значительных объемов экспериментальных данных и общих методов моделирования, которые могли бы в полной мере предоставить спектрально-временные характеристики сигнала движения конечности. Исследование параметров тремора важно для дифференциальной диагностики и лечения различных заболеваний.

Стандартный неврологический осмотр позволяет лишь дать описательные характеристики тремора (дрожания): данные о его локализации (голова, рука или нога), степени выраженности (низкая, средняя или высокая), отношении к силе притяжения (покой или постуральный). Инструментальные методы позволяют оценить такие параметры тремора как частота и амплитуда.

Для инструментальной диагностики тремора используются следующие методы:

- электромиография (регистрируются электрические потенциалы, генерируемые мышечными волокнами в процессе сокращения);
- акселерометрия (измеряется ускорение движения конечностей);
- гироскопия (измеряются угловые скорости движения конечностей);
- видеорегистрация;
- тензометрия (регистрируется непосредственный тактильный контакт с тензометрическим датчиком) и другие [1].

Акселерометрический метод относится к кинематическим методам, основной чертой которых является непосредственная регистрация колебательных движений с помощью миниатюрных сенсоров (датчиков) изготовленных по МЭМС-технологии. Существуют три основных конструктивных типа акселерометров: пьезоэлектрический, пьезорезистивный (силиконовый, пленочный) и емкостный. Суть метода заключается в измерении ускорения (проекции ускорения) вдоль осей чувствительности X, Y и Z датчика.

Для контроля двигательных симптомов и клинической оценки эффективности лекарств необходимы высокочувствительные шкалы. Среди таких шкал врачи и пациенты все чаще используют данные, полученные с постоянно носимых портативных устройств (миографов и акселерометров), которые для удобства пациента могут быть выполнены в виде колец, браслетов, умных часов и перчаток. Такие устройства чаще всего имеют модули передачи данных на смартфоны, планшеты со специальным программным обеспечением и доступом в Internet, что позволяет врачу контролировать состояние пациента и получать данные в режиме реального времени.

Разработка прототипа портативного устройства

Разработанный прототип портативного устройства для оценки параметров тремора состоит из стандартных модулей акселерометрических датчиков, интегрированных на плате Arduino с микроконтроллером ATmega32u4, имеющей встроенную поддержку USB. В качестве

акселерометрического датчика используется модуль GY-521 состоящий из 3-осевого гироскопа и 3-осевого акселерометра.

Модуль GY-521 построен на базе микросхемы MPU6050. На плате модуля также расположена необходимая обвязка MPU6050, включая подтягивающие резисторы интерфейса I²C. Гироскоп используется для измерения линейных ускорений, а акселерометр – угловых скоростей. Совместное использование акселерометра и гироскопа позволяет определить движение тела в трехмерном пространстве. Библиотека MPU6050 позволяет настраивать датчик на диапазоны $\pm 2g$, 4g, 8g и 16g. Входные данные преобразовываются из аналоговых сигналов в цифровые с помощью 16-битного АЦП (аналого-цифровой преобразователь) [2].

На рисунке 1 представлена ориентация модуля GY-521 в пространстве.

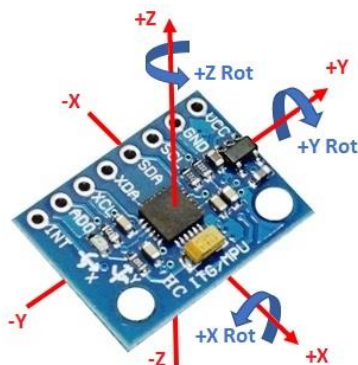


Рис. 1. Модуль GY-521 [3].

На рисунке 2 представлен макет портативного устройства для исследования параметров тремора.

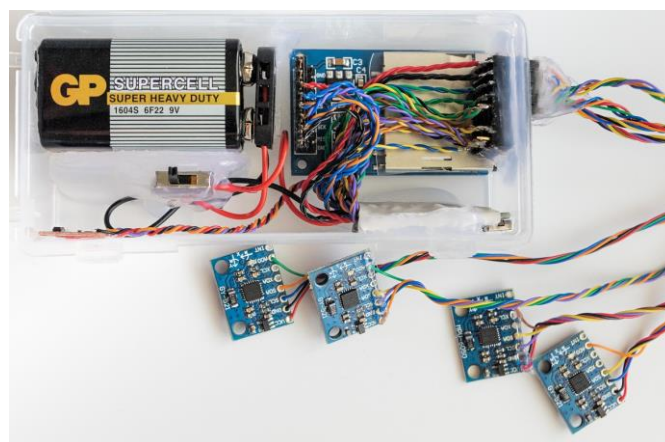


Рис.2. Макет портативного многоканального устройства

Принцип работы портативного устройства заключается в следующем. Данные с датчика (значения проекций ускорения по трем осям a_x , a_y и a_z) в виде аналогового сигнала считываются портативным устройством на основе микроконтроллера. Портативное устройство содержит аналогово-цифровой преобразователь для преобразования аналогового сигнала в цифровой для дальнейшей его передачи и обработки с помощью программного комплекса.

Портативное устройство имеет SD модуль для сохранения данных на карту памяти в виде текстового файла, в случае автономной работы или невозможности передавать данные для обработки в реальном времени. В качестве элемента питания используется аккумуляторная батарея.

Наличие автономного режима работы у портативного устройства позволяет проводить мониторинг движения конечностей при ведении пациентом обычного образа жизни, что является важным для диагностики заболеваний центральной нервной системы на ранних

стадиях, когда тремор слабо выражен или появляется время от времени. Длительная регистрация помогает решить проблему получения типичных фрагментов (паттернов) анализируемого тремора. Такой режим позволит выявить и эссенциальный тремор, который появляется при движении конечностей. При этом могут фиксироваться: частота появления тремора (пропорция времени, в течение которого регистрируется ритмическая активность внутри определенного периода), средняя мощность и частота тремора в пределах конкретного временного интервала и т.д.

На схеме (рис.3) представлен аппаратно-программный комплекс для исследования параметров тремора, включающий в себя разработанное многоканальное портативное устройство, реализованное на основе микроконтроллера и нескольких 3-х осевых акселерометрических датчиков.

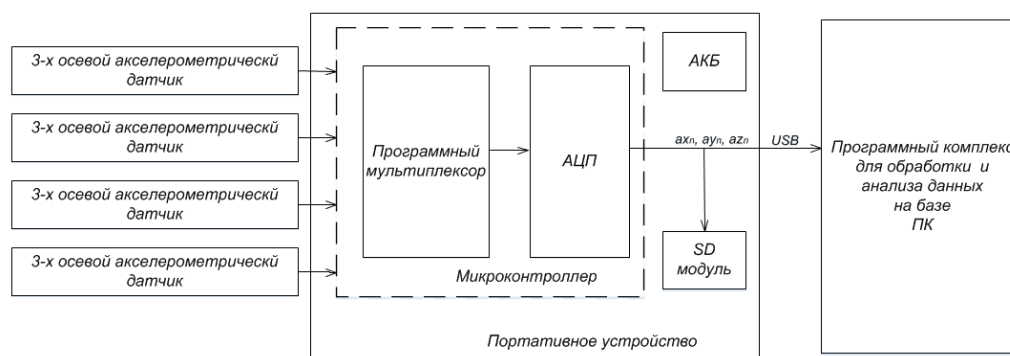


Рис.3. Схема аппаратно-программного комплекса для количественной оценки параметров тремора

С портативного устройства данные через USB-порт передаются на базовое устройство для дальнейшей обработки и анализа сигнала. В роли этого устройства могут выступать персональный компьютер или ноутбук с установленным на него программным обеспечением, с помощью которого проводится фильтрация и частотный спектральный анализ сигнала тремора (вычисляется его амплитуда, частота, мощность и т.д.).

Перспективой развития данного аппаратно-программного комплекса является создание программного обеспечения, реализующего нейронную сеть для дифференциальной диагностики различных видов паталогического тремора при заболеваниях центральной нервной системы.

Заключение

Таким образом, акселерометрический метод является на сегодняшний день наиболее используемым и популярным из всех методов регистрации тремора. Предложенное многоканальное портативное устройство реализует акселерометрический метод исследования параметров тремора и может использоваться для ранней диагностики заболеваний центральной нервной системы, сопровождающихся различными видами тремора.

Список литературы

1. Иванова-Смоленская, И. А. Современные инструментальные методы регистрации тремора / И. А. Иванова-Смоленская, А. В. Карабанов, А. В. Червяков // Новые технологии. – 2011. – № 2. – С. 17–23.
2. Обзор модуля GY-521 (MPU-6050) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-modulya-gy-521/>. – Дата доступа: 23.10.2022.
3. MPU-6050 Datasheet (PDF) - List ofUnclassified Manufacturers [Electronic resurs]. –URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/517744/ETC1/MPU-6050.html>

УДК 620.197.6

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ФОСФАТСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ WE43

А.В. ПОСПЕЛОВ, А.А. КАСАЧ, И.И. КУРИЛО

*Белорусский государственный технологический университет,
(г. Минск, ул. Свердлова, 13а)*

Аннотация. Методами линейной вольтамперометрии и сканирующей электронной микроскопии в физиологическом растворе Хэнка изучены особенности коррозии сплава магния WE43, а также защитные свойства сформированных на нем покрытий на основе фосфатов кальция (CaP). Показано, что нанесение на поверхность сплава WE43 покрытий CaP позволяет снизить плотность тока коррозии примерно в 10 раз.

Ключевые слова: сплав магния, коррозия, защитные покрытия, гидрофосфат кальция.

PRODUCTION OF PROTECTIVE PHOSPHATE-CONTAINING COATINGS ON MAGNESIUM ALLOY WE43

A.V. POSPELOV, A.A. KASACH, I.I. KURILO

Belarussian State Technological University (Minsk, 13a Sverdlova St.)

Abstract. The features of corrosion of the magnesium alloy WE43 in physiological Hank's solution as well as the protective properties of the coatings based on calcium phosphates (CaP) were studied by methods of linear voltammetry and scanning electron microscopy. The application of CaP coatings on the surface of WE43 alloy makes it possible to reduce the corrosion current density by about 10 times, respectively.

Keywords: magnesium alloy, corrosion, protective coatings, calcium hydrophosphate.

Введение

В настоящее время во всем мире существует большой спрос на имплантаты, предназначенные для замены твердых (костных) тканей. Современные металлические имплантаты, которые используются для фиксации переломов костей, изготавливаются из технически чистого титана (Ti) или сплава Ti-6Al-4V, нержавеющей стали 316L и кобальт-хромовых (Co-Cr) сплавов [1, 2]. Однако эти материалы имеют серьезный недостаток в виде эффекта экранирования напряжения, возникающего из-за несоответствия механических свойств имплантатов (модуль Юнга 100-200 ГПа) и кости (модуль Юнга 10-30 ГПа) [3]. Кроме того, после заживления кости металлические имплантаты обычно требуют удаления в течение первых двух лет после первой операции [4]. Таким образом, необходимо еще одно хирургическое вмешательство со всеми личными, медицинскими, социальными, экономическими последствиями и затратами. Биodeградируемые имплантаты могут стать эффективным решением вышеописанных проблем. Одними из лучших металлических материалов для изготовления биodeградируемых имплантатов являются магний и его сплавы, которые наряду с высокой биосовместимостью характеризуются близкой к нативной кости плотностью [5].

Известно [6], что магний и его сплавы в биологических средах подвергаются быстрой коррозии с водородной деполяризацией, что может привести к нарушению механической целостности имплантата до того, как произойдет заживление костной ткани.

Легирование магния и нанесение функциональных покрытий на его поверхность являются основными подходами для снижения скорости коррозии магния в биологических средах [7]. Легирование магния в существенной мере повышает его механические свойства,

однако не решает проблему его быстрой и неоднородной коррозии в биологических средах. В тоже время поверхностная обработка магния и его сплавов позволяет формировать на их поверхности биосовместимые покрытия различной природы, обладающие высокой защитной способностью.

Нанесение конверсионных покрытий является наиболее доступным и простым способом химической обработки магния. Данным способом могут быть получены покрытия на основе двухводного гидрофосфата кальция (CaP). Помимо высокой химической устойчивости в биологических средах покрытия двухводного гидрофосфата кальция обладают остеокондуктивными свойствами, что позволяет им постепенно замещаться вновь образующейся тканью [8].

Целью данной работы было получение и изучение структуры, качественного и количественного составов, а также защитных свойств фосфатсодержащих конверсионных покрытий на магниевом сплаве WE43.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовали содержащий редкоземельные элементы (РЗЭ) сплав магния WE43. Перед нанесением покрытий образцы сплава размером 20×20×5 мм шлифовали в среде этанола с последовательным использованием наждачной бумаги различной зернистости (P800–P2000), после чего подвергали ультразвуковой очистке в 96% этаноле в течение 5 мин. Генератором ультразвуковых колебаний служил гомогенизатор ультразвуковой UP 200 Нт.

Формирование конверсионных фосфатсодержащих покрытий на поверхности образцов сплава WE43 (образец CaP) осуществляли в течение 60 мин в растворе следующего состава, моль/дм³: H₃PO₄ – 0.2; Ca(NO₃)₂ – 0.2; NaOH до pH 3. Температура раствора – 70±2°С.

Элементный состав (таблица 1) и структуру поверхности исследуемых образцов изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой элементного анализа EDX JED-2201 (JEOL, Япония).

Таблица 1. Номинальный состав сплава WE43

Содержание в сплаве, мас.%					
Y	Zr	Nd	Gd	Dy	Mg
4.8	0.7	2.9	0.4	0.3	баланс

Фазовый анализ образцов устанавливали с использованием рентгенофазового анализа (РФА) при помощи рентгеновского дифрактометра D8 Advance Bruker AXS. Обработку полученных дифрактограмм осуществляли в программном обеспечении Match с использованием эталонной базы COD (Crystallography Open Database).

Оценку защитных свойств полученных покрытий проводили в растворе Хэнка (pH 7.4) следующего состава, г/дм³: NaCl – 8; KCl – 0.2; CaCl₂ – 0.14; MgSO₄·7H₂O – 0.1; MgCl₂·7H₂O – 0.10; Na₂HPO₄·2H₂O – 0.06; KH₂PO₄ – 0.06; NaHCO₃ – 0.35. Электрохимические исследования коррозии полученных образцов проводили на потенциостате/гальваностате Autolab PGNST 302N в трехэлектродной ячейке с нижним креплением рабочего электрода. Активная площадь рабочего электрода составляла 1 см². В качестве электрода сравнения использовали насыщенный хлоридсеребряный электрод, а противоиэлектрода – платиновую проволоку. Поляризационные кривые снимали в диапазоне потенциалов от –200 мВ до +500 мВ относительно бестокового потенциала при линейной скорости развертки потенциала 1 мВ/с. Время установления бестокового потенциала – 30 мин. Температура коррозионной среды во всех опытах составляла 37±0.5°С.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены СЭМ изображения поверхности образцов сплава WE43 без покрытия (рисунки 1 а) и с нанесенным на него фосфатсодержащим покрытием (рисунки 1 б).

На СЭМ изображении поверхности исходного образца сплава WE43 присутствуют участки различной контрастности (рисунок 1 а). При получении СЭМ изображений методом обратного рассеяния электронов светлые участки поверхности соответствуют фазам с более высокой атомарной массой. Согласно проведенному точечному элементному анализу установлено, что участки с более светлым контрастом соответствуют интерметаллическим частицам (ИМЧ) типа Mg-PЗЭ ($Mg_{41}Nd_5$, $Mg_{12}Nd$, $Mg_{14}Nd_2(Y)$, $Mg_{14}(Y, Gd, Nd, Dy)_5$, $Mg_3Gd(Nd, Dy)$, $Mg_{14}Y_5$ и др.).

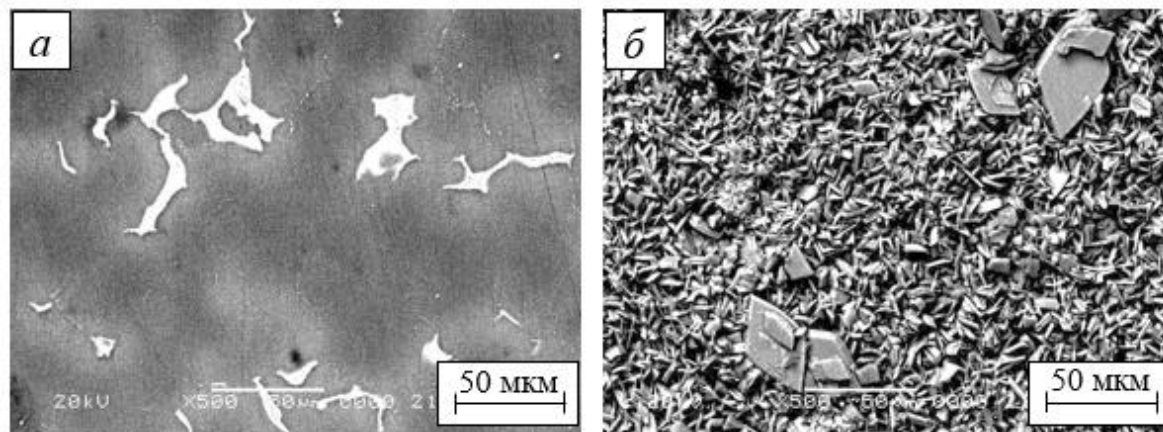


Рис. 1. СЭМ изображения поверхности полученных образцов: а – WE43; б – CaP.

При погружении сплава WE43 в раствор фосфатирования происходит растворение магния с водородной деполяризацией, что приводит к повышению pH в приповерхностном слое и образованию на поверхности образца малорастворимого плотного мелкозернистого покрытия с ярко выраженной кристаллической структурой (рисунок 1 б). Качественный и количественный элементный анализ показал, что слой, сформированный в процессе фосфатирования, состоит из кальция, фосфора и кислорода (таблица 2).

Таблица 2. Данные элементного анализа поверхности образцов сплава WE43 с нанесенным фосфатсодержащим покрытием (область сканирования 100×100 мкм)

Образец	Элементный состав, мас.%								
	Mg	Zr	Y	Nd	Gd	Dy	Ca	P	O
CaP	–	–	1.7	–	–	–	44.4	22.2	31.7

Данные РФА образцов сплава до и после фосфатирования представлены на рисунке 2. Полученные дифрактограммы показывают наличие в структуре сплава WE43 ИМЧ $Mg_{41}Nd_5$. После фосфатирования на поверхности образца наблюдается появление дифракционных максимумов, соответствующих фазе $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$.

С помощью электрохимических методов была проведена оценка защитных свойств полученного фосфатсодержащего покрытия. В таблице 3 представлены электрохимические параметры коррозии исследуемых образцов в растворе Хэнка. Плотность тока коррозии исходного образца сплава WE43 составила $1.7 \cdot 10^{-5}$ А/см². Покрытие CaP способствует снижению скорости коррозии сплава WE43 практически в 10 раз.

Таблица 3. Электрохимические параметры процесса коррозии образцов сплава WE43

Образец	$a_k, В$	$b_k, В$	$a_a, В$	$b_a, В$	$E_{корр}, В$	$i_{корр}, А/см^2$
WE43	-2.70 ± 0.06	-0.29 ± 0.01	-1.09 ± 0.11	0.05 ± 0.01	-1.34 ± 0.04	$1.7 (\pm 0.1) \cdot 10^{-5}$
CaP	-2.86 ± 0.02	-0.22 ± 0.01	-0.02 ± 0.01	0.28 ± 0.03	-1.62 ± 0.09	$1.8 (\pm 0.3) \cdot 10^{-6}$

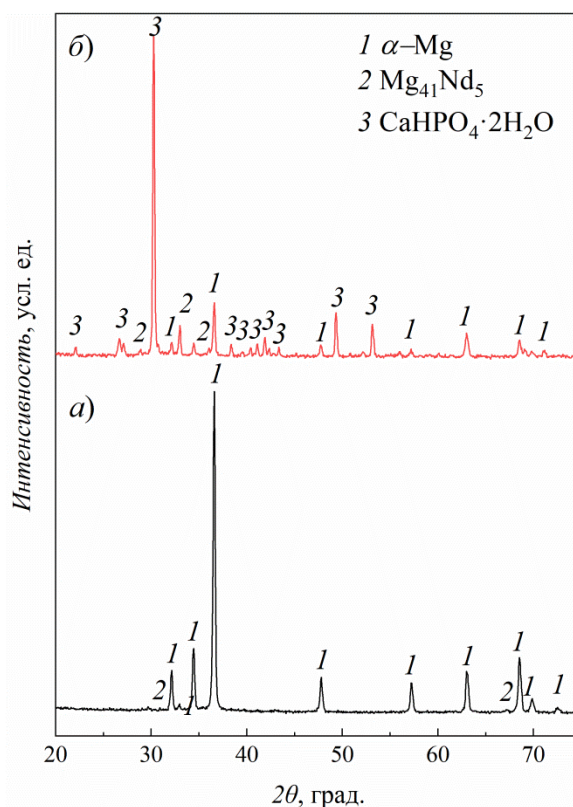


Рис. 2. Дифрактограммы сплава WE43 до (а) и после (б) химического фосфатирования

Заключение

С использованием СЭМ и элементного анализа установлено, что сплав WE43 характеризуется несколькими выраженными фазами в виде сосуществования в нем матричной фазы магния и включенных ИМЧ типа Mg-PЗЭ (PЗЭ – Nd, Gd, Dy, Y). Данные РФА показали наличие в структуре сплава WE43 ИМЧ – $Mg_{41}Nd_5$.

В процессе фосфатирования на поверхности сплава WE43 формируется плотное и мелкозернистое конверсионное покрытие на основе $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ (CaP).

Согласно данным поляризационных исследований, покрытие CaP позволяет снизить скорость коррозии сплава WE43 в растворе Хэнка в ≈ 10 раз.

Список литературы

1. Katti K.S., Verma D., Katti D.R. 4 - Materials for joint replacement. Joint Replacement Technology, Woodhead Publishing Series Biomaterials. 2008: 81–104. doi.org/10.1533/9781845694807.1.81.
2. Manam N. S., Harun W. S. W., Shri D. N. A., Ghani S. A. C., Kurniawan T., Ismail M. H., Ibrahim M. H. I. Study of corrosion in biocompatible metals for implants: A review. Journal of Alloys and Compounds. 2017: 698–715. doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.01.196
3. Staiger M.P., Pietak A.M., Huadmai J., Dias G. Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials: A review. Biomaterials. 27. 2006: 1728–1734. doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.10.003.
4. Bose S., Ke D., Sahasrabudhe H., Bandyopadhyay A. Additive manufacturing of biomaterials, Prog. Mater. Sci. 93. 2018: 45–111. doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.08.003.
5. Witte F., Fischer J., Nellesen J., Crostack H.A., Kaese V., Pisch A. In vitro and in vivo corrosion measurements of magnesium alloys. Biomaterials 2006; 27: 1013- 1018.
6. Witte F., Feyerabend F., Maier P., Fischer J., Stormer M., Blawert C. Biodegradable magnesium-hydroxyapatite metal matrix composites. Biomaterials 2007; 28: 2163-2174.
7. Salahshoor M., Guo Y. Biodegradable orthopedic magnesium-calcium (MgCa) alloys, processing, and corrosion performance. Materials 2012; 5: 135-155.
8. Hornberger H., Virtanen S., Boccaccini A. R. Biomedical coatings on magnesium alloys-a review. Acta Biomaterialia. 2012; 8: 7: 2442–2455.

УДК 616.379-008.64-08

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА БОРОНАТНОЙ АФФИННОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГЛИКИРОВАННОГО ГЕМОГЛОБИНА В КРОВИ

О.О. ОСТАПУК¹, В.В. ЖИЛИНСКИЙ², В.С. ФЕДОСЕНКО³, Г.Г. ГОРОХ³

¹РУП «Брестский центр метрологии и сертификации» (Брест, Республика Беларусь)

²УО «Белорусский государственный технологический университет» (Минск, Республика Беларусь)

³УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. В работе описана методика определения гликированного гемоглобина методом боронатной аффинности с использованием антикоагулянтов на основе ЭДТА и гепарина, которые способствуют повышению точности определения гликированного гемоглобина в крови. Определено процентное содержание гликированного гемоглобина при тестировании образцов крови перемешанных с антикоагулянтом ЭДТА и смешанным антикоагулянтом. Точность определения гликированного гемоглобина при использовании в качестве антикоагулянта смеси ЭДТА и гепарина повысилась на 0,3% по сравнению с методом, в котором использовался только ЭДТА.

Ключевые слова: гликированный гемоглобин, боронатная аффинность, антикоагулянты, ЭДТА, кровь, гепарин.

THE ACCURACY IMPROVING OF THE BORONATE AFFINITY METHOD IN THE GLYCATED HEMOGLOBIN DETERMINATION IN BLOOD

A.A. ASTAPUK¹, V.V. ZHYLINSKI², V.S. FEDOSENKO³, G.G. GOROKH⁴

¹Brest Center for Metrology and Certification (Brest, Republic of Belarus)

²Belarusian State Technological University (Minsk, Republic of Belarus)

³Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics" (Minsk, Republic of Belarus)

Annotation. The paper describes the technique for determining glycated hemoglobin by the boronate affinity method using anticoagulants based on EDTA and heparin, which improve the accuracy of determining glycated hemoglobin in blood. The percentage of glycated hemoglobin was determined when testing blood samples mixed with EDTA anticoagulant and mixed anticoagulant. The accuracy of determining glycated hemoglobin when using a mixture of EDTA and heparin as an anticoagulant increased by 0.3% compared to the method that used only EDTA.

Keywords: glycated hemoglobin, boronate affinity, anticoagulants, EDTA, blood, heparin.

Введение

С учетом распространенности сахарного диабета, возможности раннего и быстрого развития его осложнений, большого количества недиагностированных случаев и неутешительных прогнозов ВОЗ относительно перспектив распространения сахарного диабета в мире важна своевременная и точная диагностика нарушений углеводного обмена [1].

Гликированный гемоглобин – показатель, который при использовании стандартизованных методик дает интегрированное представление об уровне гликемии на протяжении длительного промежутка времени и помогает своевременно выявить нарушения углеводного обмена [1,2]. При использовании гликированного гемоглобина в качестве диагностического критерия нарушений углеводного обмена или степени компенсации сахарного диабета важным является правильный подход к выбору метода определения данного показателя с учетом его аналитической надежности. Нормальным считается уровень гликированного гемоглобина до 5,7% [2]. Лучшим считается показатель 5,5% [2].

Широкое использование технически простого метода определения гликированного гемоглобина иммуноферментным способом в поликлиниках и больницах позволяет организовать быстрый контроль, но точность определения уровня гликированного гемоглобина значительно уступает высокоэффективной жидкостной хроматографии, особенно при использовании охлаждённых компонентов для анализа. В связи с этим поиск методик улучшения иммуноферментного метода анализа гликированного гемоглобина остается важной практической задачей.

Методика проведения эксперимента

Для исследования использовались образцы цельной венозной крови с антикоагулянтом ЭДТА (этилендиаминтетраацетат натрия) и одновременным использованием в качестве антикоагулянта смеси ЭДТА и гепарина. Данные образцы крови хранились в течение недели при температуре 4°C.

Определение гликированного гемоглобина проводилось при комнатной температуре. Перед проведением тестирования кровь с антикоагулянтом была тщательно перемешана. С помощью пипетки нанесли образцы крови на предметное стекло, затем при помощи капилляра, расположенного на картридже с реагентом, отобрали кровь и поместили на картридж в анализатор [1].

Для определения гликированного гемоглобина в образце крови использовали анализатор CLOVER A1c. Анализатор представляет собой устройство для *in vitro* диагностики гемоглобина A1c при помощи признанного метода боронатной аффинности. Анализатор позволяет использовать антикоагулянты на основе ЭДТА (этилендиаминтетраацетат натрия), гепарин и др. для улучшения точности анализа крови на гликированный гемоглобин.

Система CLOVER A1c представляет собой полностью автоматическое исследование методом боронатной аффинности для определения процентного содержания гемоглобина A1c (HbA1c%) в цельной крови. Тестовый картридж включает в себя картридж и блок с реагентом. Блок с реагентом содержит реактив и промывочный раствор. Реактивы содержат вещества, которые лизируют эритроциты и особым способом связывают гемоглобин, так же как и боронатная смола, которая связывает цис-диолы гликированного гемоглобина.

Образец крови размером в 4 мкл отбирается при помощи капилляра в блоке с реагентом. Кровь быстро лизируется, освобождая гемоглобин, а боронатная смола связывает гликированный гемоглобин [1].

Картридж вставляется в анализатор. Смесь образца крови поворачивают к измерительной зоне картриджа, где при помощи отражательной способности фотодатчика LED и PD измеряется общее количество гемоглобина в образце крови.

Затем картридж поворачивается таким образом, чтобы промывочный раствор смыл негликозилированный гемоглобин с образца крови. Таким образом, количество гликозилированного гемоглобина, может быть измерено фотометрически. Система CLOVER A1c вычисляет соотношение гликозилированного гемоглобина по отношению к общему количеству гемоглобина в образце крови [1].

Для контроля правильности полученных результатов пробу крови, не смешенную с антикоагулянтом, проанализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с применением жидкостного хроматографа Agilent 1200.

Результаты и их обсуждение

В результате тестирования образцов крови с антикоагулянтом ЭДТА и со смешенным антикоагулянтом установлено, что среднее содержание гликированного гемоглобина составило 5,2 и 5,5 % соответственно (Таблица 1). Для сравнения точности результатов тестирования образцов крови методом боронатной аффинности, параллельно провели испытания образцов крови, не смешанных с антикоагулянтами, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе (Таблица 1).

Таблица 1. Содержание гликированного гемоглобина, определенное методом боронатной аффинности с различными антикоагулянтами и методом жидкостной хроматографии

Номер образца крови	Содержание гликированного гемоглобина при использовании ЭДТА, %	Содержание гликированного гемоглобина при использовании смеси ЭДТА и гепарина, %	Содержание гликированного гемоглобина, полученное методом жидкостной хроматографии, %
1	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,62 ± 0,01
2	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,63 ± 0,01
3	5,3 ± 0,1	5,6 ± 0,1	5,62 ± 0,01
4	5,1 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,60 ± 0,01
5	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,62 ± 0,01
6	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,63 ± 0,01
7	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	5,62 ± 0,01
8	5,3 ± 0,1	5,6 ± 0,1	5,63 ± 0,01
9	5,2 ± 0,1	5,6 ± 0,1	5,61 ± 0,01
10	5,3 ± 0,1	5,6 ± 0,1	5,61 ± 0,01

На основании результатов тестирования крови на гликированный гемоглобин можно сделать вывод, что при использовании в качестве антикоагулянта смеси антикоагулянтов ЭДТА и гепарина, были получены результаты, которые близки по своим значениям к результатам, полученным при использовании метода высокoeffективной жидкостной хроматографии. В данном случае точность определения повысилась примерно на 0,3% в сравнении с методом, в котором использовался только ЭДТА.

Заключение

В данной работе были проведены тестирования образцов крови, смешанных с антикоагулянтом ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота) и смесью коагулянтов ЭДТА и гепарина, методом боронатной аффинности. По результатам данного тестирования видно, что образцы крови, смешанные только с антикоагулянтом ЭДТА показали более низкое содержание гликированного гемоглобина, чем образцы, полученные со смесью антикоагулянтов ЭДТА и гепарина.

Сравнив результаты, полученные методом боронатной аффинности и результаты, полученные методом жидкостной хроматографии, сделали вывод, что при смешивании крови со смесью антикоагулянтов ЭДТА и гепарина точность определения повысилась гликированного гемоглобина на 0,3 %.

Список литературы

1. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. – 10-й выпуск – М.; 2021- 222 с. DOI: 10.14341/DM12802.
2. Вершинина М.Г., Стериополо Н.А., Исаева О.М. Выбор аналитической системы для определения гликированного гемоглобина. Лабораторная служба. – 2018. Т.7, №4. С. 58-59. DOI:10.17116/labs2018704158.

УДК 534-6

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В МЕДИЦИНЕ

Е.И. ЛЕЩЕВИЧ, П.В. КАМЛАЧ, А.В. ЧУРАКОВ, С.И. МАДВЕЙКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В статье рассмотрены инфразвуковые акустические колебания и их положительное влияние на состояние человеческого организма. Суть метода инфразвуковой терапии заключается в том, что издаваемый акустический импульс преобразуется в низкочастотные звуковые волны и проникает беспрепятственно в глубокие ткани, не нанося вреда здоровью.

Ключевые слова: акустические колебания, инфразвуковые волны, нервная система, болевые синдромы, физиотерапия, нервные болезни

CLASSIFICATION OF INFRASOUND WAVES IN MEDICINE

E.I. LIASHCHEVICH, P.V. KAMLACH, A.V. CHURAKOV, S.I. MADVEYKO

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The article considers infrasonic acoustic vibrations and their positive impact on the state of the human body. The essence of the method of infrasound therapy lies in the fact that the emitted acoustic impulse is converted into low-frequency sound waves and penetrates freely into deep tissues without harming health.

Keywords: acoustic vibrations, infrasonic waves, nervous system, pain syndromes, physiotherapy, nervous diseases.

Введение

Из общетехнической и медицинской литературы известно воздействие инфразвука на сознание и психику человека. При корректно подобранных дозах инфразвукового облучения медицина получает ещё одно физиотерапевтическое средство для депрессирования ряда заболеваний. Инфразвук воздействует на ткани и органы независимо от их электропроводности или магнитных свойств и обладает высокой проникающей способностью [1]. Кроме того, инфразвук помимо периферийных органов воздействует на центральную нервную систему, в высокой степени активизируя защитные механизмы организма.

Влияние инфразвука на биологическую ткань

Инфразвуковая терапия (ИЗТ) позволяет не только избавить пациента от болевого синдрома, но и во многих случаях дает возможность устранить саму причину болезни. Необходимый технический результат основан на кратковременном воздействии на поражённый участок инфразвуковой волны определённой частоты. В результате кратковременного воздействия высокоэнергетической волновой вибрации снимается: болевой синдром, отёк и спазм мышц, улучшается кровообращение в месте воздействия [2]. Происходит, разрыхление солевых отложений и фиброзных очагов. Параллельно с этим включается активный механизм обновления поражённых тканей.

Частота инфразвука не превышает 16 Гц. ИЗТ используют в сферах медицины, связанных с лечением костно-мышечной системы, ее применяют в физиотерапевтических процедурах, реабилитации спортсменов после травм, при восстановлении репродуктивной функции мужчин, а также в лечении расстройств и травм у животных. Эта методика позволяет бороться с болью и восстанавливать мобильность суставов.

Таблица 1. Диапазон резонансных частот отдельных органов

Зона воздействия	Диапазон частот, Гц
голова	5-16 Гц
глаза	19 Гц
вестибулярный аппарат	0.5-13 Гц
сердце	4-6 Гц
желудок	2-3 Гц
кишечник	2-4 Гц
почки	6-8 Гц
руки	2-5 Гц

При процедуре ИЗТ не повреждаются кожные и слизистые оболочки, поэтому для ее проведения не требуется анестезия. Главной действующей стороной является инфразвук, который беспрепятственно проникает через кожу, сухожилия, связки, мышечные ткани и биологические жидкости [3]: если где-то существует напряжение, инфразвук расслабляет структуру и избавляет ее от боли. Инфразвуковая волна тормозит свое движение в хрящах и костях, при этом она рождает дополнительную энергию, которая удаляет нездоровые и противоестественные разрастания в организме – к примеру, нарушения структуры костной ткани в области позвоночника.

Однако следует помнить, что при положительных результатах воздействия инфразвука, имеется ряд противопоказаний в его использовании ИЗТ [4]. В частности, ИЗТ противопоказана при острых инфекциях, нарушениях свертываемости крови, эпилепсии, хронической почечной и печеночной недостаточности, болезни эндокринной системы, беременности.

В современной медицине ИЗТ проводится с помощью аппаратов, использующих различные типы волн: радиальные волны, фокусированные волны, планарные волны.

Каждый из трех типов распределения волны имеет свои характеристики волнового фронта и профиля распределения энергии, во многом обусловленные конструкциями и видами преобразователей соответствующих аппаратов и представляющие собой волны давления или ударные волны со специфическим набором диапазонов количественных характеристик крутизны фронтов, давлений, профилей распределения энергий.

Радиальная волна – это расфокусированная волна давления, расходясь из источника широким потоком во все стороны, и чем-то напоминая воду, льющуюся из душа. Характеристики радиальной волны давления: пологий фронт (нарастание давления на краю фронта в области повышенного давления происходит в миллисекундном диапазоне), небольшие относительно фокусированной ударной волны генерируемой терапевтическими аппаратами УВТ - давления перед и за фронтом и соответственно высокие потери энергии в первых 5 мм ткани при вхождении в тело, равномерное распределение от источника ударной волны во все стороны, малая плотность потока энергии на единицу площади, в десятки раз меньшая, чем у фокусированной волны.

Фокусированная ударная волна названа так, потому что ее фронты фокусируются в определенной точке. Характеристики фокусированной ударной волны – наличие так называемого фокусного пятна, имеющего сильный контраст плотности энергии на единицу площади относительно областей вне фокусного пятна. Данное пятно формируется с помощью рефлекторно-отражательных и линзовых систем фокусировки и имеет у наиболее распространенных аппаратов фокусное расстояние от нескольких миллиметров до 8-10 см. Фронт характеризуется большой крутизной, с почти мгновенным нарастанием давления, за период расположенный вероятно в наносекундном диапазоне или даже более коротком (при большой сложности измерить на практике с помощью датчиков из-за очень короткого периода нарастания давления), что привело к тому, что ударные волны начали называть волнами разрыва или разрывными фронтами. Величины положительного и отрицательного давления при прохождении фронта в десятки раз выше, чем у аппаратов, генерирующих радиальные волны давления. Величина в области отрицательного давления обычно меньше в 10-20 раз, чем положительного.

Планарная ударная волна - имеет похожие значения характеристик на те, которые у фокусированной, но не имеет фокусного пятна, а распространяется параллельно или с небольшой фокусировкой или рассеянием широким потоком.

Соответственно разные типы распределения волны имеет свои характеристики волнового фронта и профиля распределения энергии, во многом обусловленные конструкциями и видами преобразователей соответствующих аппаратов. На сегодняшний день виды аппаратов по типу генерации волн делятся на пьезоэлектрические, электромагнитные, электрогидравлические и пневматические. Пьезоэлектрические аппараты УВТ содержат в аппликаторе до нескольких сотен пьезоэлементов, напаянных на параболическую пластину, задающую направление для фокусирования волновых фронтов формируемых пьезоэлементами в определенной области – фокусном пятне. Таким образом, одновременно излучая ударную волну небольшого давления, они все вместе создают давления в пике около 100 Мп. Пример такого аппарата – модель Piezowave от компании Richard Wolf.

Электромагнитные аппараты УВТ содержат в своей конструкции электромагнитную катушку. Аппликатор такого аппарата представляет собой постоянный магнит, в котором свободно перемещается электромагнитная катушка, к которой прикреплен стальной диффузор (мембрана). Как только высокое напряжение подается на катушку, создается сильное электромагнитное поле, которое перемещает катушку вместе с диффузором. Вода, в которой находится диффузор, выполняет две функции: охлаждающую (при вибрации мембраны выделяется много тепла), передаточную (передачу механической энергии). Как в случае с пьезокристаллами, параболическая форма головки фокусирует создаваемые волны в одной точке. Так же в головке данного типа используются специальные водяные линзы для выравнивания волны в одну точку. Пример такого аппарата – модель Duolith SD-1 от компании Storz Medical.

Электрогидравлический тип аппаратов УВТ характеризуется тем что ударные волны возникают электрическим пробоем тока (15 - 30 кВ) между двумя электродами, расположенными в параллели содином рефлекторе. Пробой между электродами происходит в водной среде и ударная волна, отражаясь от поверхности рефлектора, определенным образом фокусируется или параллельно отражается и проходит в тело в виде широкого параллельного или несколько фокусированного/расфокусированного фронта. Высокие значения напряжения обеспечиваются силовыми конденсаторами. Пример такого аппарата – модель Dermagold (Urogold, Orthogold, Orthowave) 100/180/280 от компании MTS (Германия/США)

Заключение

В данной работе рассмотрена биофизика воздействия инфразвука на биологические ткани человека. Приведен краткий обзор инфразвуковых волн и их характеристик, а также оборудования, принцип работы которого основан на методе ударно-волновой терапии. Отмечен положительный эффект воздействия инфразвука на биологические ткани человека. При соблюдении определенных условий и методик воздействия инфразвуком, метод может быть безопасным и эффективным способом физиотерапии и реабилитации.

Список литературы

1. Сокол Г. И. «Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот». — Днепропетровск: Проминь, 2000. — 143 с.
2. Боечко И. В., Фрайман Б. Я. Колебания сосудистой стенки при действии инфразвука. Воронеж, 1983 г., стр. 1-8. Рукопись депонирована во ВНИИМИ 16.09.83. №Д-6783.
3. Фрайман Б. Я., Безруков В. Е. Условия, при которых осуществляется прямое действие инфразвука на стенку кровеносного сосуда. Воронеж, 1983 г. стр. 1-13. Рукопись депонирована во ВНИИТИ 13.01.83г. № 6748-83
4. Жуков А. И., Иванников А. Н., Фрайман Б. Я. О необходимости изучения пространственной структуры звукового поля при оценке действия низкочастотного шума. «Борьба с шумом и звуковой вибрацией», Москва, 1989 г., стр 53-59.

УДК 51-76; 615.8

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И КВАНТОВОГО ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

И.Н. СЕМЕНЧИК, В.М. БОНДАРИК, П.И. ГОРОХ, О.М. ВНУК, Г.Д. СИТНИК

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Оценивается влияние сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и квантового поляризованного излучения различной длины волны на параметры биообъекта, имитирующего ткани человека. По результатам анализа экспериментальных данных авторы пришли к заключению, что локальное поляризованное квантовое излучение усиливает воздействие импульсного магнитного поля на биообъект. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении эффективности физиотерапевтической процедуры за счет сочетанного воздействия импульсной магнитотерапии и светотерапии.

Ключевые слова: светотерапия, магнитотерапия, квантовое излучение, биообъект, магнитное поле, красный свет, синий свет, желтый свет, воздействие.

THE EFFECT OF THE COMBINED EFFECT OF A PULSED MAGNETIC FIELD AND QUANTUM POLARIZED RADIATION ON THE PARAMETERS OF BIOLOGICAL TISSUES

I.N. SYAMENCHYK, V.M. BONDARIK, P.I. HAROKH, O.M. VNUK, G.D. SITNIK

*Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics"
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. The effect of the combined effect of a magnetic field and polarized quantum radiation of different wavelengths on the parameters of a biological object imitating human tissues is evaluated. Based on the results of the analysis of experimental data, the authors came to the conclusion that local polarized light radiation enhances the effect of a pulsed magnetic field on a biological object. The results obtained indicate an increase in the effectiveness of the physiotherapy procedure – pulsed magnetotherapy with additional exposure to light therapy.

Keywords: light therapy, magnetotherapy, quantum radiation, bio-object, magnetic field, red light, blue light, yellow light, exposure.

Введение

В современной медицине активно применяются различные методы неинвазивного лечения. Одними из популярнейших методов неинвазивного лечения являются лечение квантовым излучением (светотерапия, цветотерапия, лазеротерапия) и импульсная магнитотерапия.

Механизм физиологического и терапевтического действия импульсного магнитного поля (МП) и квантового поляризованного излучения сложен. Для изучения воздействия различных видов излучений на проницаемости тканей при экстракорпоральном воздействии необходимо использование мультифизического и математического моделирования всех этапов разрабатываемой технологии с учетом свойств тканей организма человека [1, 2].

Из клеточных элементов наиболее чувствительны к МП мембраны, митохондрии и ядра. Изменяются процессы тканевого дыхания, соотношение свободного и фосфорилирующего окисления в дыхательной цепи. Под влиянием МП снижается

проницаемость клеточных мембран, задерживается склерозирование соединительной ткани. МП оказывают сосудорасширяющее, гипотензивное действие, уменьшают потребность клеток и тканей в кислороде, влияют на функцию свёртывавшей системы крови, причём положительная индукция повышает, отрицательная – снижает свёртываемость крови, улучшает работоспособность миокарда. В целом улучшается трофика тканей, усиливаются процессы регенерации, оказывается противовоспалительное действие. МП может оказывать как стимулирующее, так и угнетающее влияние на иммунологическую реактивность организма. При применении сверхнизких частот МП отмечено повышение мышечного тонуса вплоть до появления сокращений.

Фотобиологические реакции возникают вследствие поглощения электромагнитной энергии, которая определяется энергией световых квантов и возрастает с уменьшением длины волны. Характер взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями определяется его проникающей способностью. Различные слои биологических тканей неодинаково поглощают оптическое излучение разной длины волны (рис. 1) [3].

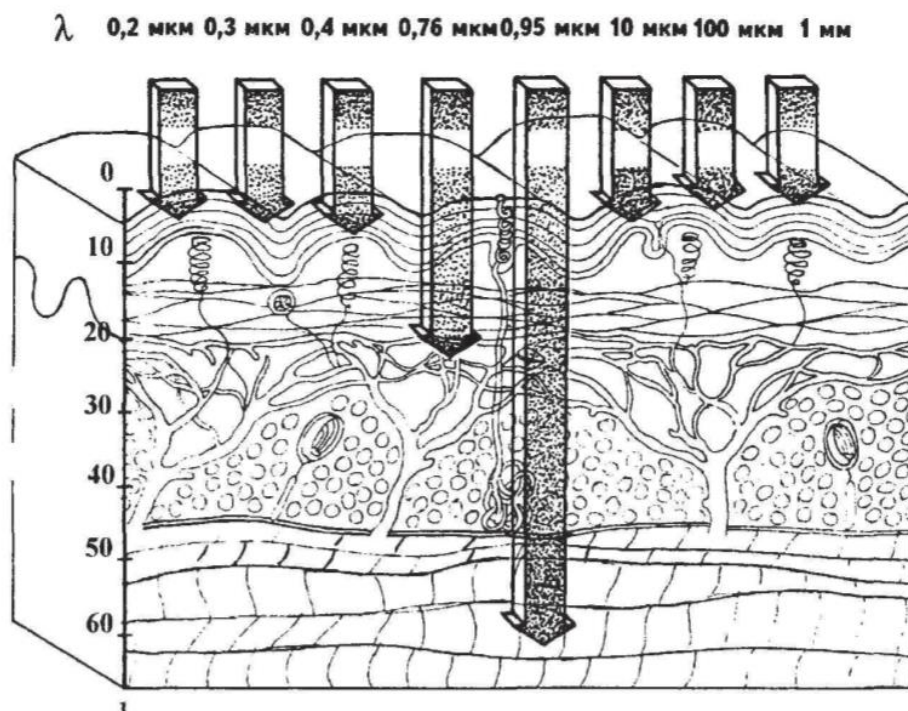


Рис. 1. Проникающая способность оптического излучения в различные слои биологических тканей (по оси абсцисс – длина волны в мкм, по оси ординат – проникающая способность в мм)

Поглощаясь тканями организма, квантовые излучения верхней половины оптического спектра трансформируются в тепловую энергию, что приводит к быстрому локальному повышению температуры облучаемых участков на 1-2°C. Одновременно с облучением или сразу после него возникает нестойкая эритема сроком до 4 ч. При поглощении квантов ультрафиолетового излучения в коже протекают следующие фотохимические и фотобиологические реакции: разрушение белковых молекул (фотолиз), образование более сложных биологических молекул (фотобиосинтез) или молекул с новыми физико-химическими свойствами (фотоизомеризация), а также образование биорадикалов [3]. Каждому из участков оптического спектра свойственно преимущественно тепловое или химическое действие. Излучение в верхней половине оптического спектра (инфракрасное, красное, оранжевое и желтое) характеризуется выраженным тепловым действием, а в нижней половине (синие, фиолетовое, ультрафиолетовое) – преимущественно химическим действием [4, 5].

Целью данного исследования является оценка сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различной длины волны на биообъект.

Методика проведения эксперимента

Для проведения измерений были использованы магнитостимулятор с индуктором Нейро-МС/Д, цифровой осциллограф с персональным компьютером и биообъект с системой электродов. В качестве биообъекта использовалась биологическая ткань, схожая с человеческой, типа *porcus*. Биообъект состоял из кожного покрова, слоя жировой прослойки и мышечной ткани. Выбор биообъекта был обусловлен схожестью биологических характеристик, аналогичным с биологическими тканями человека поглощением энергии и глубиной проникновения излучения.

Для проведения исследований *in vitro* разработана установка (рис. 2).

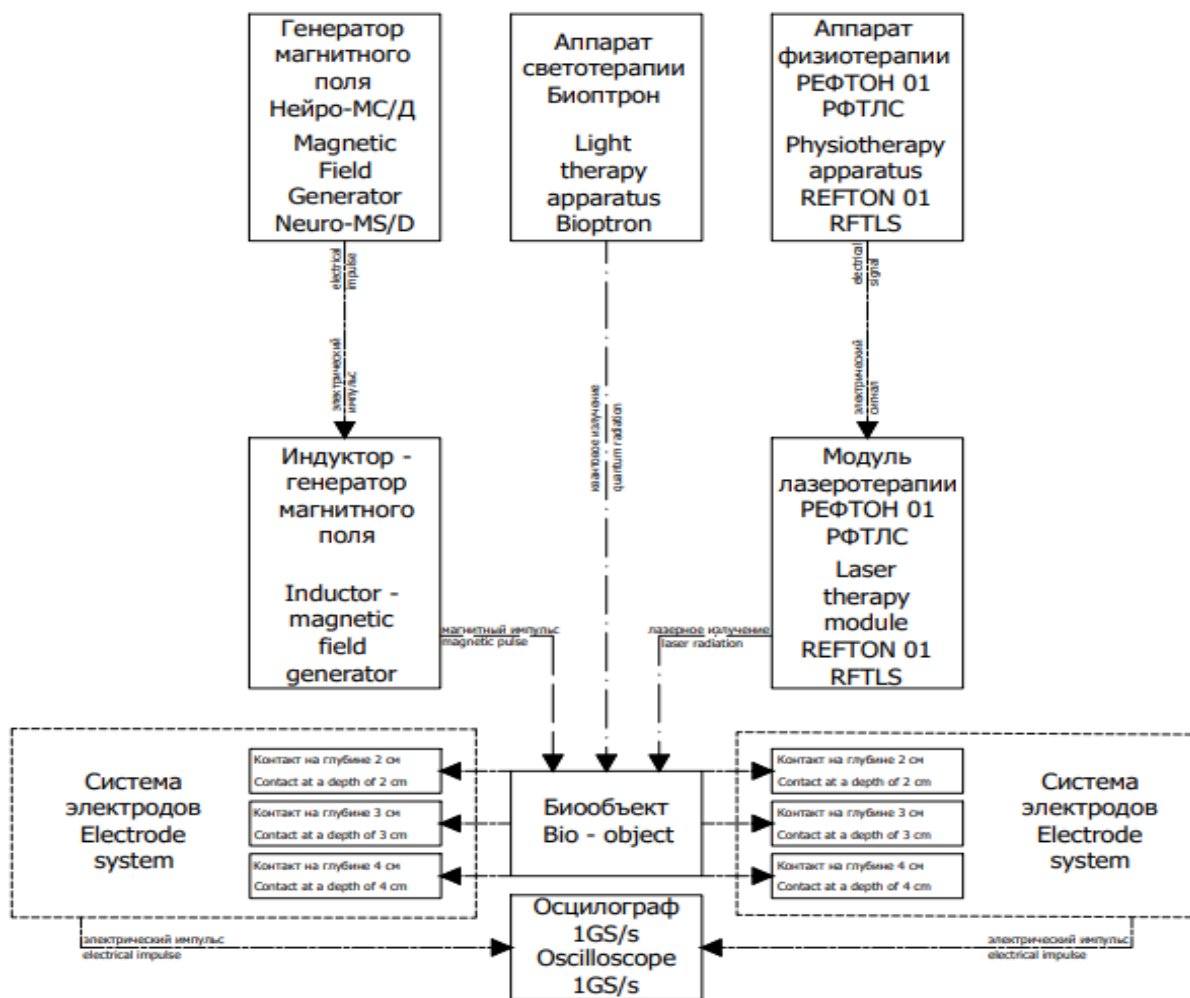


Рис. 2. Схема установки для проведения исследований

Для дополнительного воздействия поляризованным квантовым излучением различной длины волны на биообъект использовались аппарат светотерапии Биоптрон MedAll с различными светофильтрами и модуль лазерного облучения аппарата физиотерапии РЕФТОН 01 РФТЛС.

Оценка влияния сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различной длины волны на биообъект проводилась по изменению падения напряжения между измерительными электродами, размещенными в теле биообъекта на одинаковом расстоянии друг от друга на различной глубине от поверхности биообъекта (2, 3 и 4 см).

Падение напряжения на измерительных электродах оценивалось с помощью цифрового осциллографа 1GS/1: перед проведением воздействия, во время воздействия импульсным магнитным полем и при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различной длины волны.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования были получены две выборки данных: первая выборка, содержащая значения падения напряжения на измерительных электродах при воздействии на биообъект импульсного магнитного поля, и вторая выборка, содержащая значения падения напряжения на измерительных электродах при воздействии на биообъект сочетанного импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения.

Падение напряжения на измерительных электродах в тканях биообъекта при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и квантового поляризованного излучения до 30% превышает падение напряжения на измерительных электродах без дополнительного квантового воздействия (рис. 3).

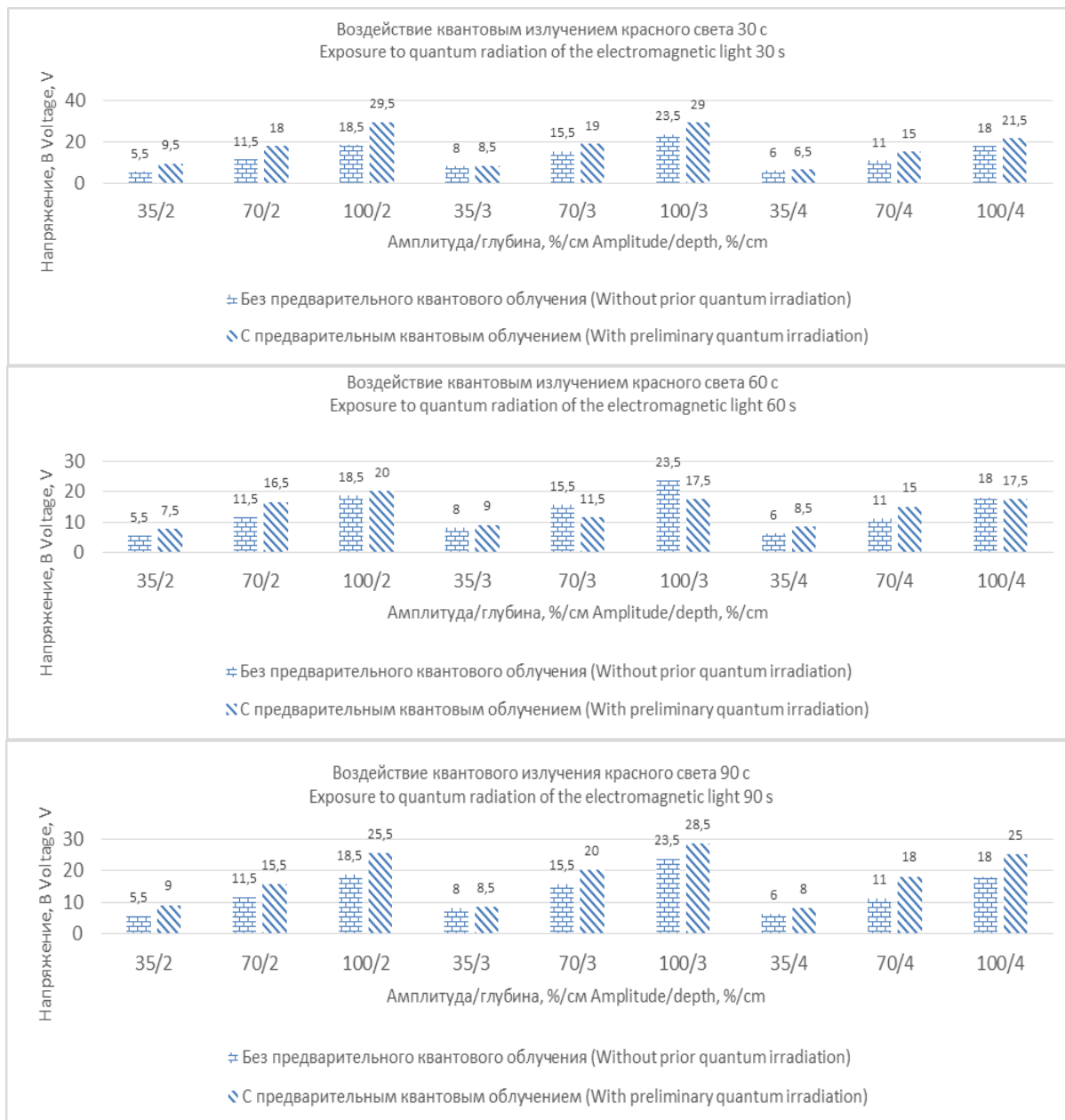


Рис. 3. Сравнение результатов исследования при воздействии на биообъект поляризованным квантовым излучением с использованием красного светофильтра

Падение напряжения на измерительных электродах в тканях биообъекта при воздействии сочетанного импульсного магнитного поля и квантового излучения с применением красного светофильтра возрастает на 8-59% в сравнении со значениями падения напряжения на

измерительных электродах при воздействии только импульсного магнитного поля.

Наблюдается ослабление влияния поляризованного квантового излучения с применением красного светофильтра на падение напряжения на измерительных электродах со временем на глубине 2 см, а именно сразу за кожным и жировым слоями. В мышечных же тканях наблюдается положительный прирост падения напряжения на 5-20% с увеличением глубины расположения измерительных электродов. Такой результат может быть связан с увеличением температуры объекта, ускорением окислительных процессов и разрушением клеток биообъекта в виду использования биообъекта *in vitro* и невозможностью протекания восстановительных процессов.

Падение напряжения на измерительных электродах в биообъекте при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и квантового излучения с использованием поочередно красного, желтого и синего светофильтров доказывают эффективность дополнительного воздействия поляризованного квантового излучения во всем диапазоне видимого спектра (рис. 4).

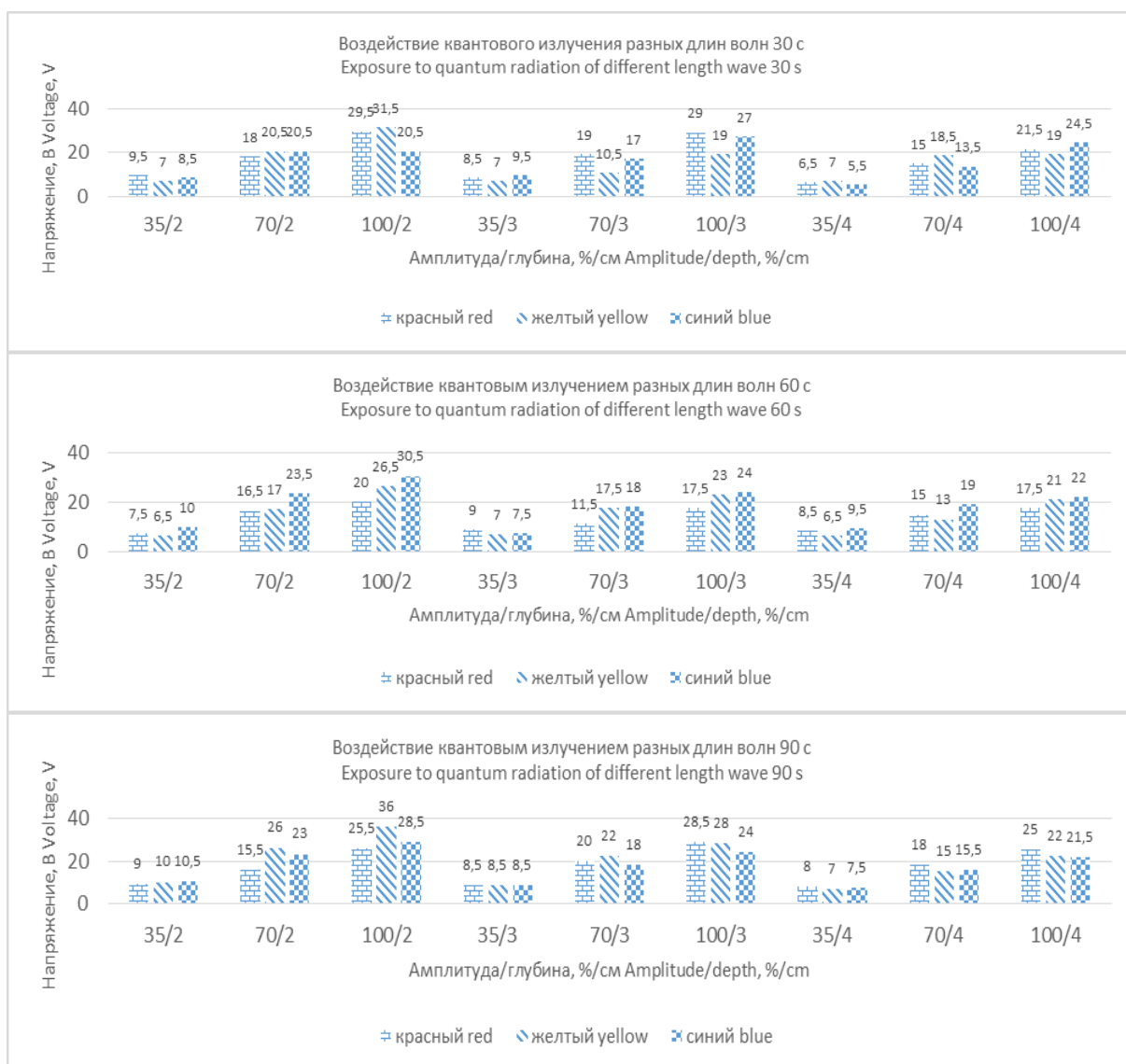


Рис. 4. Сравнение результатов исследования биообъектов при воздействии поляризованным квантовым излучением с использованием красного желтого и синего светофильтров

При средней продолжительности воздействия, синий свет имеет наибольшее влияние на падение напряжения на измерительных электродах, но его проникающая глубина составила не более 1 см. Воздействие на биообъект поляризованным квантовым излучением с

использованием красного и желтого светофильтров оказывают значительное влияние на падение напряжения на измерительных электродах, расположенных на глубине 2 и 4 см.

При увеличении длительности воздействия квантового излучения на биообъект использование красного светофильтра оказывает более ощутимое влияние на падение напряжения на измерительных электродах. Использование желтого светофильтра при непродолжительном воздействии поляризованным квантовым излучением демонстрирует более значимые результаты, чем при использовании красного светофильтра, так как волны красного света имеют меньшую энергию, но большую проникающую способность в сравнении с квантовым излучением при использовании желтого светофильтра. Незначительное воздействие квантового излучения с применением синего светофильтра на падение напряжения на измерительных электродах связана со спецификой данного излучения, которое обладает низкой проникающей способностью, но оказывает наибольший эффект на нервные окончания центральной нервной системы, чем на другие биологические ткани.

Заключение

Опытным путем установлено, что падение напряжения на измерительных электродах во внутренних тканях биообъекта напрямую зависит от сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения. Доказано, что величина падения напряжения на измерительных электродах зависит от длины волны квантового излучения и от времени воздействия. Использование красного светофильтра наиболее эффективно при продолжительном воздействии излучения на биообъект. Синий светофильтр лучше использовать при проведении процедур *in vivo* при обезболивании, так как излучение с данной длиной волны оказывает непосредственное влияние на нервную систему.

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении эффективности физиотерапевтической процедуры за счет сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различных длин волн видимого диапазона. Проектирование медицинских физиотерапевтических аппаратов, позволяющих реализовывать сочетанное воздействие импульсным магнитным полем и поляризованным квантовым излучением, является перспективным направлением развития медицинской электроники.

Список литературы

1. Квартальный, М. А. Моделирование воздействия магнитного поля на эквиваленты биологических тканей человека / М. А. Квартальный, М. В. Давыдов, Сагай Маруф Газаль Гобад // Доклады БГУИР. – 2016. – № 7 (101). – С. 295-300.
2. Чураков, А. В. Модель воздействия сфокусированного ультразвука на биологические ткани=Model of the Impact of Focused Ultrasound on Biological Tissues / Чураков А. В., Камлач П. В., Шульгина И. В. // Доклады БГУИР. – 2022. – Т. 20, № 6. – С. 70 – 77. – DOI: <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-6-70-77>.
3. Основы физиотерапии и курортологии: учебное пособие / Г. А. Мороз [и др.] – Симферополь : Медицинская академия имени С. И. Георгиевского, 2015. – 243 с.
4. Карандашов, В. И. Фототерапия: руководство для врачей / В. И. Карандашов [и др.] – Москва : Российская академия естественных наук, 2001. – 389 с.
5. Камлач, П. В. Электронные медицинские аппараты, системы и комплексы. Лабораторный практикум : пособие / П. В. Камлач, И. И. Ревинская. – Минск : БГУИР, 2020. – 64 с.

УДК 51-76; 612.7; 616.747.11

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КВАНТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ДЕЛЬТОВИДНОЙ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА

П.И. ГОРОХ, В.М. БОНДАРИК, И.Н. СЕМЕНЧИК, В.В. ВОЙТОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В работе рассматривается воздействие квантового излучения на процесс восстановления дельтовидной мышцы после физических нагрузок высокой интенсивности. Анализируя частоту сердечных сокращений (ЧСС) в ключевых точках эксперимента и электромиографические сигналы дельтовидной мышцы авторы пришли к выводу, что облучение квантами света не оказывает существенного влияния на ЧСС, однако позволяет интенсифицировать процесс восстановления дельтовидных мышц после физических нагрузок на 13%.

Ключевые слова: берпи, дельтовидная мышца, квантовая терапия, миография, физические нагрузки, частота сердечных сокращений.

STUDY OF THE EFFECT OF QUANTUM RADIATION ON THE RESTORATION PROCESS OF THE HUMAN DELTOID MUSCLE

P.I. HAROKH, V.M. BONDARIK, I.M. SIAMENCHYK, V.V. VOYTA

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
6 P. Brovki Street, Minsk, 220013, Belarus*

Abstract. The paper considers the impact of quantum radiation on the process of recovery of the deltoid muscle after high-intensity physical exertion. Analyzing the heart rate (HR) at the key points of the experiment and the electromyographic parameters of the deltoid muscle, the authors came to the conclusion that irradiation with light quanta does not have a significant effect on the heart rate, however, it allows to intensify the recovery process of the deltoid muscles by 13% after physical exertion.

Keywords: burpee, deltoid muscle, quantum therapy, myography, exercise, heart rate.

Введение

В условиях высокого уровня конкуренции современных спортсменов остро стоит вопрос повышения эффективности восстановительного этапа подготовки, как после всего ежедневного тренировочного цикла спортсмена, так и в промежутке между физическими упражнениями в течение тренировки.

Воздействие поляризованным квантовым излучением – это физиотерапевтическая методика лечения с помощью направленного сконцентрированного потока поляризованного света. Данная методика применяется практически во всех областях современной медицины: офтальмология, гинекология, урология, стоматология, хирургия, кардиохирургия, ортопедия, педиатрия, онкология [1].

У поляризованного квантового излучения наблюдаются следующие положительные свойства, влияющие на человеческий организм [1]:

- повышается эластичность сосудов;
- сосуды и капилляры расширяются, соответственно их проходимость увеличивается;
- ускоряется метаболизм;
- ткани наполняются кислородом;
- лекарственные средства поступают в организм намного быстрее;
- здоровые клетки получают питательные вещества;

- происходит рост новых клеток;
- ускоряется процесс регенерации поврежденных клеток.

Одним из видов поляризованного квантового излучения является низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). При его воздействии кровь в легких больше насыщается кислородом. Во время физической нагрузки на 1 мм поперечного сечения мышцы открываются до 2500 капилляров против 80 в состоянии покоя. Под влиянием тренировок изменяется и химический состав мышцы. В ней увеличивается количество веществ, при распаде которых освобождается много энергии: гликогена и фосфагена [1].

Процедуры воздействия поляризованным квантовым излучением являются актуальным способом борьбы с целым рядом заболеваний суставов и мышечных групп [2, 3].

На сегодняшний день эффективность взаимного использования излучения видимого поляризованного света и физических нагрузок высокой интенсивности не исследована в должной мере, поэтому представляет научный интерес.

Теоретическое обоснование эксперимента

Поляризованное квантовое излучение оказывает следующее воздействие на организм [2, 3]

1 Под его действием отмечается увеличение биосинтеза нуклеиновых кислот в ядрах клеток различных тканей человека, что свидетельствует об активации системы ДНК-РНК-белок и биосинтетических процессов в клетках.

2 НИЛИ стимулирует активность аденилатциклазные и АТФ-азные системы, что ведет к усилению биосинтетических процессов.

3 Усиливается кислородный обмен.

4 Повышается скорость кровотока и количество функционирующих капилляров.

5 Уменьшается интерстициальный и внутриклеточный отек, что связано с повышением кровотока в тканях, нормализацией мембранной проницаемости.

6 Укорачиваются фазы воспалительного процесса, подавляются экссудативные и инфильтративные реакции.

7 Увеличивается количество новых сосудистых коллатералей.

8 Активируется транспорт веществ через сосудистую стенку.

9 Стимулируется митотическая активность клеток.

10 НИЛИ понижает рецепторную чувствительность тканей, что является следствием уменьшения их отечности, а также прямым действием лазерного луча на нервные окончания.

При поглощении тканями организма НИЛИ уже на расстоянии 250–300 мкм его когерентность и поляризация исчезают. Далее вглубь тканей распространяется поток монохроматического излучения. Он вызывает избирательную активацию молекулярных комплексов биологических тканей (фотобиоактивация). Избирательное поглощение НИЛИ биомолекулами обусловлено совпадением длины волны лазерного излучения и максимумов спектра поглощения биомолекул [1].

Вследствие высокой направленности излучения в области облучения происходит запуск ансамбля многочисленных физико-химических и биохимических реакций организма. Поляризованное квантовое излучение запускает триггерный каскад неспецифических регуляторных реакций организма, за счет которых формируется генерализованная реакция больного на поляризованное квантовое излучение.

Занятия физическими упражнениями в свою очередь увеличивают активность обменных процессов. Работающие мышцы нуждаются в большем количестве кислорода и питательных веществ, а также в более быстром удалении продуктов обмена веществ. Это достигается благодаря тому, что в мышцы притекает больше крови и скорость тока крови в кровеносных сосудах увеличивается.

Описание исследования

Для проведения исследований использовалась система (рис. 1), включающая электромиограф Bagnoli Handheld и аппарат светотерапии Биоптрон MedAll. В качестве оптимальной физической нагрузки испытуемые выполняли от 14 до 20 повторений упражнения Берпи.

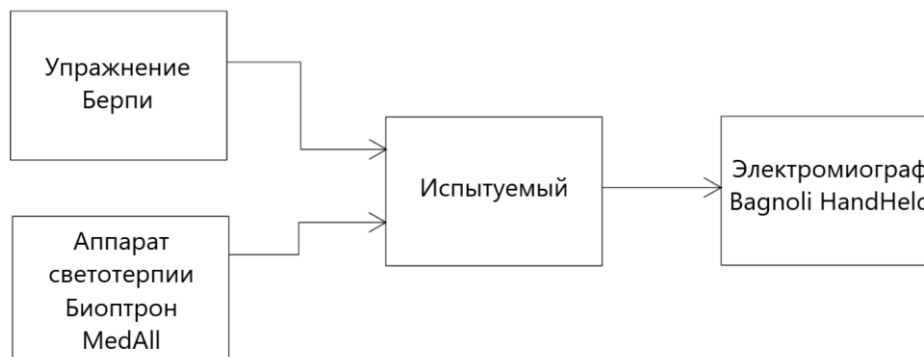


Рис. 1. Структурная схема системы для проведения исследований

В исследованиях приняли участие 23 здоровых испытуемых (15 мужского и 8 женского пола; средний возраст 22 года).

Электрофизиологические исследования проводились на базе Белорусского университета информатики и радиоэлектроники (БГУИР) с использованием двухканального аппаратно-программного комплекса для регистрации и обработки суммарных электромиографических сигналов нервно-мышечного аппарата человека.

Отведение электромиографических сигналов осуществляли с помощью накожных электродов диаметром 10 мм, которые фиксировались в области двигательной точки мышцы. Межэлектродное расстояние не превышало 40 мм (рис. 2).



Рис. 2. Схема подключения измерительных электродов к дельтовидной мышце

Согласно методике проведения исследования сочетанного воздействия квантовой терапии и физических нагрузок высокой интенсивности, каждый испытуемый проводил исследование в два этапа с разницей в одни сутки между этапами. Перед началом проведения исследований у испытуемых определяли максимальное количество повторений упражнения берпи без критических искажений техники выполнения N и проводили исследование, принимая данное количество повторений за оптимальную физическую нагрузку [4].

Берпи – упражнение глобального воздействия на организм. По сути, это упражнение включает в себя три элемента: планка, отжимание и прыжок.

На каждом этапе непосредственно перед проведением исследования фиксировали ЧСС испытуемого в спокойном состоянии v_0 , затем испытуемый выполнял N повторений берпи. Сразу после выполнения данного упражнения еще раз фиксировали ЧСС испытуемого v_m .

На первом этапе группа испытуемых отдыхала в течение промежутка времени t между двумя опытами. На втором этапе группа была подвержена процедуре светолечения аппаратом Биоптрон MedAll в течении того же промежутка времени t между двумя опытами.

Аппаратом Биоптрон MedAll было произведено воздействие поляризованным квантовым излучением на дельтовидную мышцу (лат. *musculus deltoideus*) рабочей руки испытуемого.

Дельтовидная мышца была выбрана ввиду удобства фиксации электромиографических сигналов во время проводимых физических упражнений, оказывающих на нее непосредственное воздействие.

Параметры воздействия аппарата Биоптрон MedAll с различными светофильтрами были следующие:

- мощность источника излучения поляризованного света 0,01Вт,
- длина волны 480..3400 нм,
- степень поляризации >95% (590..1550 нм),
- плотность световой энергии в минуту ср. 2,4 Дж/см²,
- расстояние от источника излучения поляризованного света до поверхности воздействия 4..15 см,
- длительность воздействия $t=4..10$ мин.

После прохождения интервала t у испытуемых необходимо было снова зафиксировать ЧСС и подключить дельтовидную мышцу рабочей руки к аппарату для проведения электромиографического исследования (см. рис. 2).

Для определения интегрального амплитудного напряжения дельтовидной мышцы U_s , выбранного для мощностной оценки влияния эффективности сочетанного воздействия, задействованным в эксперименте необходимо было произвести 20 горизонтальных подъемов рабочей руки в сторону с заранее определенной массой снаряда m . Масса снаряда подбиралась из условия, что испытуемый способен произвести 20 технически чистых повторений горизонтальных подъемов рабочей руки. В экспериментальные данные для фиксации межэлектродного напряжения U , а также дальнейшего суммирования и получения интегрального амплитудного напряжения дельтовидной мышцы U_s , вошли повторения i с $i = 6$ по $i = 15$. Выбор номеров повторений упражнения обуславливался необходимостью нивелирования стабилизационных внутримышечных процессов на старте и финише физического упражнения. После выполнения данного упражнения была зафиксирована ЧСС испытуемого v_e .

Для чистоты собираемых экспериментальных данных этапы исследования производились через достаточные для восстановления после физических нагрузок промежутки времени (2-4 часа).

Испытуемых разделили на несколько групп для выявления эффективности применения светолечения после физических нагрузок высокой интенсивности:

1 Группа 1: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d=4$ см.

2 Группа 2: Фильтр красного света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d=4$ см.

3 Группа 3: Фильтр фиолетового света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляем $d=4$ см.

4 Группа 4: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d=10$ см.

5 Группа 5: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=4$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d=15$ см.

6 Группа 6: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=7$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d=4$ см.

7 Группа 7: Фильтр зеленого света выбирается в качестве фильтра аппарата Биоптрон во время второго этапа исследования. Второй этап проводится в течение $t=10$ мин. Расстояние между аппаратом и объектом светолечения составляет $d=4$ см.

Результаты и их обсуждение

При проведении исследований за базовый опыт, относительно которого фиксировались изменения отслеживаемых опытных данных, была выбрана первая тренировочная сессия первого дня экспериментов. В течение данной сессии воздействие квантовой терапии не применялось.

Результаты исследования влияния квантовой терапии на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы испытуемых при физических нагрузках высокой интенсивности представлены в табл. 1.

Таблица 1. Изменение интегрального амплитудного напряжения U_s в ходе проведения эксперимента

№ Опыта	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6	Группа 7
День 1 Опыт 1	-0,73%	-0,70%	3%	-0,73%	-0,77%	-0,67%	-1,21%
День 2 Опыт 1	5,76%	8,78%	13,26%	3,69%	-3,72%	3,90%	6,59%
День 2 Опыт 2	6,65%	10,76%	12,17%	3,99%	-0,15%	5,51%	4,16%

Результаты исследования влияния квантовой терапии на ЧСС испытуемых при физических нагрузках высокой интенсивности представлены в табл. 2.

Таблица 2. Изменение ЧСС в ходе проведения эксперимента

№ исследования		$\Delta v_0, \%$	$\Delta v_m, \%$	$\Delta v_t, \%$	$\Delta v_e, \%$
Группа 1	День1 Опыт 2	-5,12	-2,81	-7,5	-4,65
	День2 Опыт 1	-2,56	-2,81	-5	-4,65
	День2 Опыт 2	2,56	-1,40	2,5	0
Группа 2	День1 Опыт 2	9,09	3,27	9,09	2,77
	День2 Опыт 1	3,03	3,27	0	2,77
	День2 Опыт 2	0	4,91	3,03	8,33
Группа 3	День1 Опыт 2	-2,63	1,53	17,14	7,5
	День2 Опыт 1	-5,26	0	11,42	7,5
	День2 Опыт 2	0	4,615	11,42	5
Группа 4	День1 Опыт 2	-3,12	-6,45	-2,70	-5,12
	День2 Опыт 1	0	-12,90	-2,73	-2,56
	День2 Опыт 2	6,25	-4,83	-5,40	-5,12
Группа 5	День1 Опыт 2	5,88	2,81	10,52	9,75
	День2 Опыт 1	5,88	1,40	-2,63	0
	День2 Опыт 2	8,82	-1,40	5,26	4,87
Группа 6	День1 Опыт 2	-7,89	2,89	-4,87	-6,81
	День2 Опыт 1	2,63	2,89	4,87	2,27
	День2 Опыт 2	-2,63	7,24	0	-2,27
Группа 7	День1 Опыт 2	-5,40	-4,05	-2,5	-4,65
	День2 Опыт 1	2,70	-6,75	2,5	2,32
	День2 Опыт 2	-2,70	-2,70	2,5	2,32

Экспериментальные данные влияния квантового излучения на интегральное амплитудное напряжение дельтовидной мышцы U_s показывают, что процедуры квантовой терапии оказывают положительное влияние на восстановительный процесс испытуемых (табл. 1). Наибольшая эффективность, заключающаяся в повышении суммарного амплитудного напряжения на исследуемой мышце до 13%, была выявлена у третьей группы испытуемых (рис. 3).

Рост интегрированного значения амплитуд напряжения дельтовидной мышцы U_s свидетельствует об уменьшении нагрузки на мышечную группу во время выполнения физических упражнений вероятнее всего за счет улучшения циркуляции крови и уменьшения выработки молочной кислоты, а также стабилизации внутримышечных организменных окислительно-восстановительных реакций [5, 6].

Экспериментальные данные корреляции воздействия квантового излучения на дельтовидную мышцу испытуемых и ЧСС не выявили существенной взаимозависимости между наличием восстановительного воздействия поляризованного света и ЧСС испытуемых (см. табл. 2).

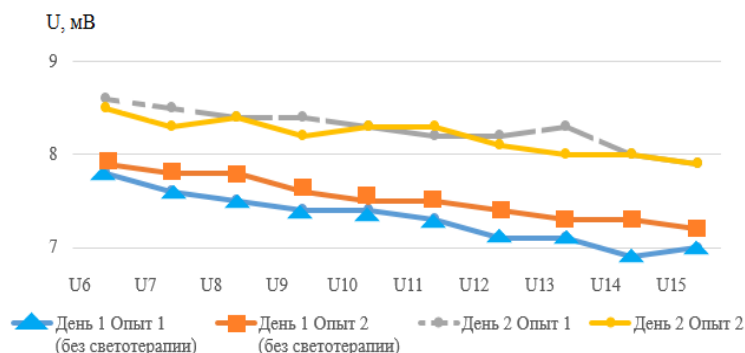


Рис. 3. Обобщенные амплитуды напряжений дельтовидной мышцы у третьей группы испытуемых

Заключение

Установлено что воздействие поляризованного квантового излучения при выполнении физических нагрузок высокой интенсивности не оказывает существенного влияния на ЧСС испытуемых ввиду сильно локализованного воздействия на дельтовидную группу мышц, что оказалось недостаточным для изменения важных физиологических параметров организма человека.

Уменьшение расстояния от источника поляризованного квантового излучения до поверхности воздействия от 15 до 4 см увеличивает эффективность восстановительных процедур квантовой с 2 до 7 %. Увеличение длительности квантовой терапии с 4 до 10 минут не оказало существенного влияния на эффективность восстановительных процедур.

Проведение процедур квантовой терапии, оказывающих значительное влияние на окислительно-восстановительные процессы внутри мышечной ткани, повышает выносливость и резистивность к нагрузкам после проведения высокоинтенсивных физических упражнений. Процедуры квантовой терапии положительно сказываются на электрических показателях дельтовидной мышцы испытуемых, полученных путем миографического исследования. Это доказывает перспективность совместного использования поляризованного квантового излучения с тренировками для ускорения восстановительного периода у спортсменов. Дополнительное применение процедур квантовой терапии во время тренировок поможет профессиональным спортсменам достигать более выдающихся спортивных результатов.

Список литературы

- 1 Абрамович С. Г. *Фототерапия* / С. Г. Абрамович. – Иркутск : ФГБУ «НЦРВХ» СО РАМН, 2014. – 200 с.
- 2 Камлач, П. В. *Электронные медицинские аппараты, системы и комплексы. Лабораторный практикум* : пособие / П. В. Камлач, И. И. Ревинская. – Минск : БГУИР, 2020. – 64 с.
- 3 Улащик В.С. *Физиотерапия. Новейшие методы и технологии.* – Справочное пособие. – Мн.: Книжный дом, 2013. – 448 с.
- 4 Горох, П. И. *Методика исследования сочетанного воздействия светотерапии и физических нагрузок высокой интенсивности* / П. И. Горох, И. Н. Семенчик // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2022. – С. 370–372. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926>.
- 5 Маргазин В. А. *Клинические аспекты спортивной медицины: руководство для врачей* / В. А. Маргазин. - СПб: СпецЛит, 2014. - 455 с. - ISBN 9785299005943. - Текст: электронный // ЭБС "Букап": [сайт]. - URL: <https://www.books-up.ru/ru/book/klinicheskie-aspekty-sportivnoj-mediciny-3360652/> (дата обращения: 25.09.2022). - Режим доступа: по подписке.
- 6 Пархач, Л. П. *Анатомия и физиология человека: учебное пособие* / Л. П. Пархач и др. - Минск : БГУИР, 2013. – 247 с.: ил.

УДК 53.097

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ДИАПАЗОНА 5G (3,4-3,8 ГГц) НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА

М.В. БРИЛЕВСКАЯ, И.И. КУДРЕНОК, В.А. ШУТОВИЧ, М.В. ДАВЫДОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Рассматривается моделирование воздействия СВЧ излучения на имитаторы тканей человека в среде CST Studio Suite. В рамках данного исследования получены коэффициенты отражения, поглощения и прохождения через имитатор сухой кожи человека электромагнитными волнами частотой 3,4-3,8 ГГц.

Ключевые слова: СВЧ, излучение, LTE, 5G, КСВ, коэффициенты S11 и S21, ЭМИ, имитатор биоткани.

SIMULATION OF THE IMPACT OF 5G (3.4-3.8 GHz) MICROWAVE RADIATION ON HUMAN TISSUE

MILENA V. BRILEVSKAYA, ILYA I. KUDRENOK, VIKTOR A. SHUTOVICH,
MAXIM V. DAVYDOV

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The simulation of the effect of microwave radiation on human tissue simulators in the CST Studio Suite environment is considered. Within the framework of this study, the coefficients of reflection, absorption and transmission through a simulator of dry human skin by electromagnetic waves with a frequency of 3.4-3.8 GHz were obtained.

Keywords. Microwave, radiation, LTE, 5G, SWR, coefficient S11 and S21, EMR, biological tissue simulator.

Введение

Количество IoT (множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными) из года в год растет высокими темпами. Например, глобальный рынок устройств умного дома в 2021 году вырос на 11,7 % в сравнении с 2020 годом и составил 895 млн устройств [1]. Нужно учесть, что многие из этих девайсов подключаются к всемирной сети Интернет. В связи с этим начала актуализироваться проблема пропускной способности: в рамках используемых технологий (3G, 4G, Wi-Fi) постоянно возрастающий объем информации становится затруднительно передавать. Внедрение нового поколения мобильной связи 5G может решить данную проблему. Сравнивая его с текущим поколением сети 4G, можно выделить следующие преимущества:

- более высокая скорость передачи данных;
- низкая задержка сигнала;
- возможность подключения большего числа девайсов;
- высокая энергоэффективность;
- многократно возросшая пропускная способность;
- высокая мобильность пользователей [2].

Технология 5G будет использовать для передачи информации электромагнитные волны как с уже используемой длиной (в рамках технологии LTE), так и с меньшей, что означает меньшую дальность ее распространения [3]. А это влечет за собой увеличение количества ретрансляционных вышек и приводит к еще более плотному окружению электромагнитным излучением (ЭМИ). Формально в рамках 5G NR выделяется два диапазона: Frequency Range 1 (традиционные частоты до 6 ГГц) и Frequency Range 2 (с частотами выше 24 ГГц) [2]. На

начальном этапе планируется использование миллиметрового диапазона ($f > 24$ ГГц) в только местах активного потребления (бизнес-центры, научные кластеры, высокотехнологичные производства), в остальных – FR1. Необходимо оценить потенциальное влияние от этого типа волн. В данной статье описывается моделирование воздействия ЭМИ на ткани человека частотами, принадлежащими к более распространенному диапазону до 6 ГГц.

Методика проведения эксперимента

Выполняя анализ спектра ЭМИ, стоит учитывать, что не весь диапазон FR1 будет использоваться для развёртывания сети 5G: в разных странах выделяются свои диапазоны. В Европе и США планируется использовать диапазон 3,4-3,8 ГГц, и наиболее серьёзные разработчики технологий ориентируются именно на него. С другой стороны, Восток — Япония и Китай — планируют использовать 4,4-4,99 ГГц [2]. В России диапазон 3,4-3,8 ГГц занят военными и спецслужбами, поэтому утвержден другой — 4,7-4,9 ГГц для сети 5G [4]. Выбраны для исследований частоты 3,4-3,8 ГГц как наиболее распространенные.

Для оценки взаимодействия ЭМИ с биотканями было проведено моделирование по данной методике [5]. Воздействие ЭМИ на ткани человека можно повести в ПО CST Studio Suite, которое специализируется в анализе и оптимизации электромагнитных компонентов и систем. Модель представлена на рис. 1.

Основа данной модели – прямоугольный волновод. От его поперечных размеров зависит частотный диапазон. Так как вдоль волновода не может распространяться волна с длиной превышающей $\lambda_{кр}$. $\lambda_{кр} = 2a$, где a – ширина волновода. Также существуют стандартизированные размеры волноводов [6]. Для выбранных частот 3,4-3,8 ГГц подходит образец с размерами 72 мм * 34 мм. При передаче по нему практически отсутствуют потери, поэтому длина может быть произвольной. Внутри него, на все поперечное сечение помещается имитатор биоткани для избегания эффекта огибания тканей электромагнитными волнами.

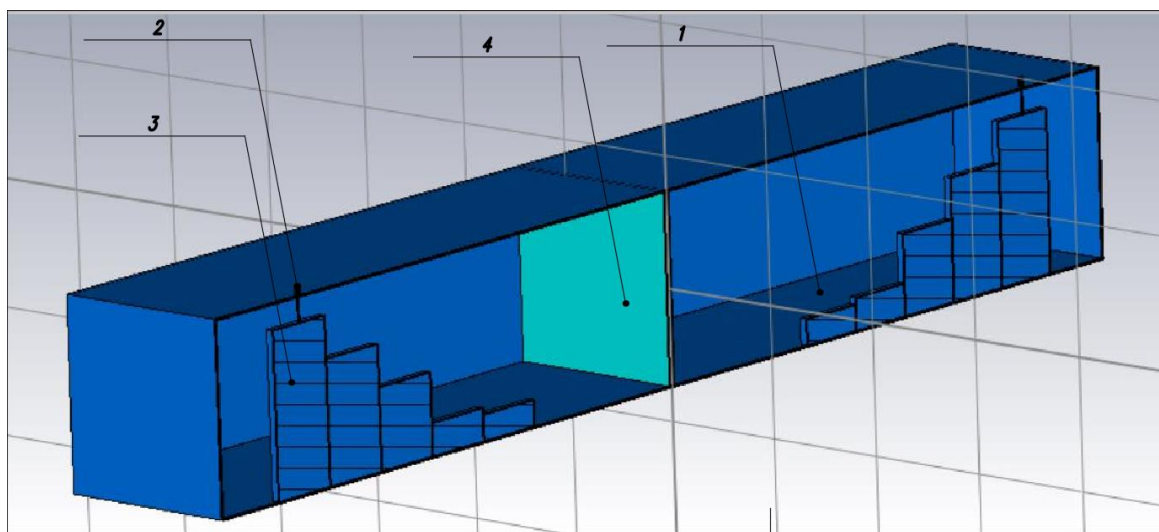


Рис. 1. Модель для исследования воздействия ЭМИ на имитатор ткани; 1.1 – волновод; 1.2 – коаксиальный кабель; 1.3 – согласующий трансформатор; 1.4 – имитатор биоткани

Источником и приемником электромагнитного излучения определены коаксиальные кабели, соединяющиеся с волноводом, у которых различные сопротивления, влияющие на коэффициент стоячей волны (КСВ). При прохождении волн от коаксиального кабеля на волновод и обратно могут происходить отражения, которые ведут к появлению волн с разной амплитудой, а это снижает эффективность установки, и приводит к искажениям в результатах. Для того, чтобы минимизировать данный негативный эффект используется коаксиально-волновой переход (КВП) или же элемент, который согласует сопротивление коаксиального кабеля и сопротивление волновода [7]. Для широкополосного согласования применяются

ступенчатые переходы, представляющие собой каскадное соединение четвертьволновых трансформаторов (ступенек) с разными волновыми сопротивлениями.

В данной модели использован переход, в котором скачки сопротивлений (зависят от высоты ступенек) изменяются пропорционально полиномам Чебышёва (характеристика имеет большую крутизну по сравнению с другими вариантами).

В середину волновода помещается имитатор биоткани, который занимает все поперечное сечение волновода. Затем создается материал имитатора сухой кожи человека: задаются значения диэлектрической постоянной (42,87) и электрической проводимости (2,64), которые у тканей сильно разнятся, при этом они зависят от частоты [8]. Сухая кожа выбрана как внешняя оболочка человека, на нее в первую очередь воздействуют волны. Далее проводится моделирование с образцами толщиной 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 мм.

По результатам моделирования получаются графики параметров S_{11} (отражения излучения от имитатора) (рис. 2), S_{21} (прохождения излучения через имитатор) (рис. 3), а также графики параметров S_{22} и S_{12} , когда входной и выходной порты меняют местами. На основе этих параметров вычисляется величина параметра поглощения ЭМИ имитатором (рис. 4). Зачастую графики S_{12} и S_{21} , а также S_{11} и S_{22} попарно идентичны, в случае симметричности модели.

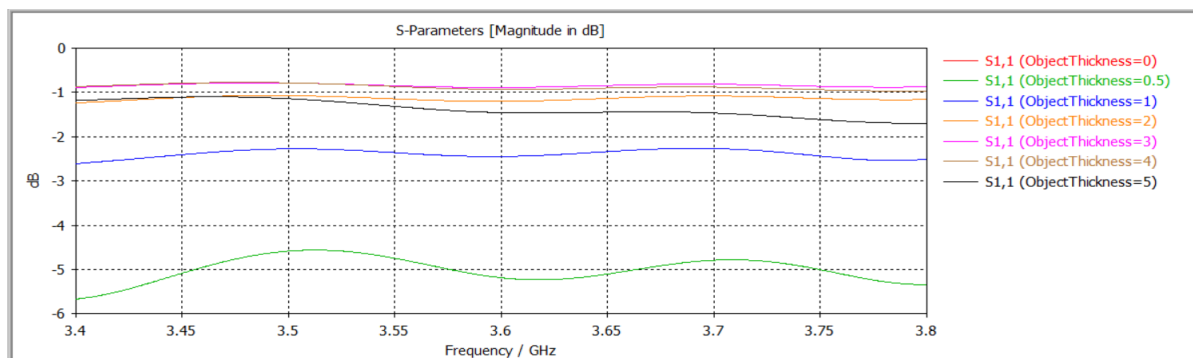


Рис. 2. Параметр S_{11} имитатора сухой кожи на частотах 3.4-3,8 ГГц

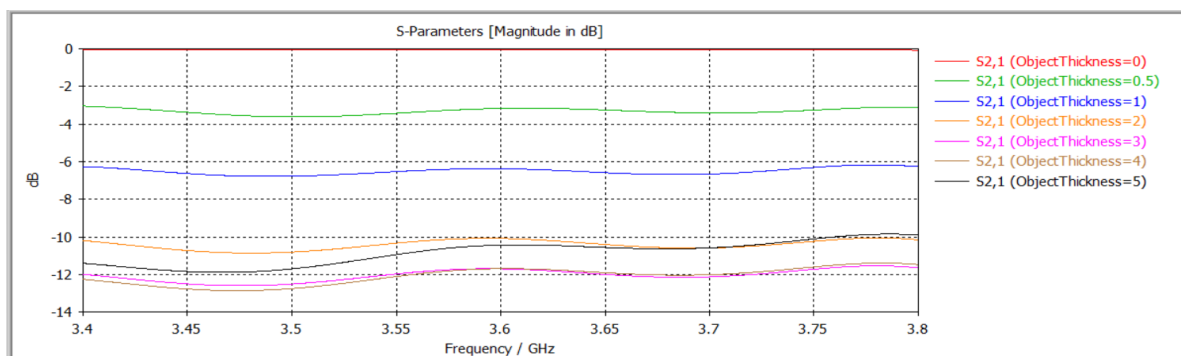


Рис. 3. Параметр S_{21} имитатора сухой кожи на частотах 3.4-3,8 ГГц

Параметр S_{21} для объекта с нулевой толщиной (представлен на рисунке 2) практически не отклоняется от нулевой отметки и составляет сотые доли дБ в зависимости от частоты, что является отличным результатом. Это говорит об низком отражении ЭМИ от самой модели.

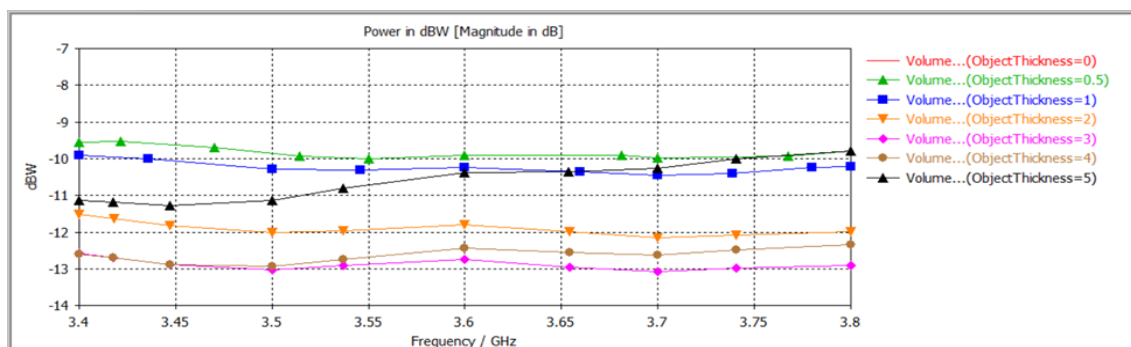


Рис. 4. Параметр поглощения ЭМИ имитатором сухой кожи на частотах 3.4-3,8 ГГц

Результаты и их обсуждение

Проведя анализ графиков, можно выявить некоторые тренды:

1) Начиная с толщины 0,5 мм (-5 дБ) параметр S11 увеличивается до -0,8 дБ у образца с толщиной 3 мм, затем снижается до -1,5 дБ у объекта с толщиной 5 мм. Графики у тканей с толщинами 4 мм и 5 мм одинаковы.

2) Показатель S21 обратную тенденцию. Сначала прохождение ухудшается с -3,2 дБ у ткани с толщиной 0,5 мм до -12 дБ у тканей с толщинами 3 и 4 мм, затем наблюдается улучшение до -10,8 дБ у 5 мм объекта. На частотах выше 3,6 ГГц графики у 2 мм и 5 мм совпадают.

3) Рассеивание энергии в ткани сначала падает с -9,8 дБ у 0,5 мм образца до -12,9 дБ у 3 мм, потом растет до -10,5 дБ у 5 мм. Наблюдается еще одна интересная особенность: график ткани с толщиной 5 мм растет с увеличением частоты с -11,2 дБ до -9,8 дБ.

Более подробные численные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты моделирования воздействия ЭМИ на имитатор сухой кожи

Частотный диапазон, ГГц	Толщина имитатора, мм	Сухая кожа, усредненный показатель по частоте		
		S11	S21	W
3,4-3,8	0,5	-5,0	-3,2	-9,8
	1	-2,4	-6,5	-10,3
	2	-1,1	-10,4	-11,9
	3	-0,8	-12,0	-12,9
	4	-1,5	-12,0	-12,6
	5	-1,5	-10,8	-10,5

Заключение

Моделирование по данной методике позволило выяснить характер взаимодействия СВЧ излучения с имитаторами, близкими по параметрам с различными биотканями. Она позволяет в короткие сроки получить параметры S11, S21, поглощения высокой достоверности без трудоемкого процесса изготовления волноводной установки и проведения опытов на реальных объектах, но в то же время модель максимально близко по своему составу соответствует им.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы: 1) в общем случае повышения толщины приводит к росту коэффициента отражения, но в то же время лучший показатель -0,8 дБ был получен у имитатора 3 мм; 2) ожидаемый эффект от увеличения толщины - коэффициент проождения снижается, минимум получен у той же толщины 3 мм и составляет -12 дБ; 3) наименьшие различия зафиксированы в показателе поглощения (3 дБ, например, у S21 это 8,8 дБ), здесь самый высокий показатель у кожи толщиной 0,5 мм (-9,8 дБ), а самый низкий у образца толщиной 3 мм (-12,9 дБ).

Данная особенность (максимумы и минимумы коэффициентов у имитатора толщиной 3 мм) требует дополнительных исследований для формирования убедительного объяснения.

Список литературы

1. Мировой рынок устройств для умного дома в 2021 году вырос на 11,7 % благодаря развитию интернета [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://3dnews.ru/1064678/mirovoy-rinok-ustroystv-dlya-umnogo-doma-v-2021-godu-viros-na-117-blagodarya-razvitiyu-shirokopolosnogo-interneta/>. – Дата доступа: 12.10.2022.
2. 5G: как работает технология и зачем нам это нужно [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rb.ru/longread/what-is-5G/>. – Дата доступа: 10.10.2022.
3. В чем разница между 4G и 5G? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/439136/>. – Дата доступа: 10.10.2022.
4. Диапазон нашёлся: 5G в России будет работать на частотах 4,7–4,9 ГГц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/1023056/diapazon-nashyolsya-5g-v-rossii-budet-rabotat-na-chastotah-4749-ggts>. – Дата доступа: 12.10.2022.
5. Шутович, В. А. Методика проведения моделирования воздействия СВЧ излучения на ткани человека / В. А. Шутович // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 513–515. – Режим доступа : <https://libeloc.bsuir.by/handle/123456789/46926>. – Дата доступа: 10.10.2022.
6. Трубы прямоугольные и n-образные высокой точности и чистоты поверхности из алюминия и алюминиевых сплавов для волноводов: ГОСТ Р 55774- 2013. – Введ. 22.11.2013 – Москва: Всероссийский институт легких сплавов, 2013г., 15с.
7. Согласующие трансформаторы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4574718/page:22/>. – Дата доступа: 11.10.2022.
8. С.Gabriel, S.Gabriel: Compilation of the Dielectric Properties of Body Tissues at RF and Microwave Frequencies, Internet document. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a305826.pdf> Дата доступа: 12.10.2022.

УДК 378.2(476)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОДГОТОВКИ И АТТЕСТАЦИИ НАУЧНЫХ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.А. НИКОНЕНКО, И.А. КОХАНОВСКАЯ

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь;

Аннотация. Дан анализ динамики подготовки и аттестации научных кадров высшей квалификации в Республике Беларусь по приоритетным специальностям в сфере информационно-коммуникационных технологий, а также по специальности «Приборы, системы и изделия медицинского назначения», связанной с решением проблем развития современных медицинских технологий и их информационного обеспечения.

Ключевые слова: научные кадры высшей квалификации, послевузовское образование, аттестация, информационно-коммуникационные технологии.

THE DYNAMICS ANALYSIS OF HIGHEST QUALIFICATION SCIENTIFIC PERSONNEL TRAINING AND CERTIFICATION IN THE FIELD OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

N.A. NIKONENKO, I.A. KOKHANOVSKAYA

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Abstract. This work is devoted to the dynamics analysis of the highest qualification scientific personnel training and certification on the priority specialties in the field of information and communication technologies, as well as on the priority specialty "Devices, systems and products for medical purposes", related to the creation of novel high-performance systems for medical applications.

Keywords: highest qualification scientific personnel, post-graduate studies, certification, information and communication technologies

Введение

Одними из важнейших приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь определены цифровые информационно-коммуникационные, междисциплинарные, биологические, медицинские и др. технологии. Для кадрового обеспечения развития данных направлений в республике поставлены задачи по увеличению численности и повышению качества подготовки научных работников высшей квалификации (НРВК) по приоритетным специальностям, необходимым для развития высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам экономики (далее – приоритетные специальности).

Государственной программой «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы предусматривается выполнение мероприятий по развитию современной информационно-коммуникационной инфраструктуры и внедрению цифровых инноваций в отраслях экономики [1]. Формирование цифровой экономики страны требует подготовки высококвалифицированных специалистов и научных кадров, обладающих не только обширными знаниями и умениями, но и способных быстро осваивать новые междисциплинарные области.

В настоящее время информационное обеспечение системы послевузовского образования в республике осуществляется посредством республиканской автоматизированной

информационно-аналитической системы мониторинга подготовки научных работников высшей квалификации (АСМ НРВК) [2].

В работе дан анализ динамики подготовки и аттестации НРВК по 15 приоритетным специальностям, относящимся к сфере ИКТ, а также по специальности «Приборы, системы и изделия медицинского назначения», связанной с созданием высокоэффективных систем технического и программного обеспечения средств диагностики и лечения.

По приоритетным специальностям, относящимся к сфере ИКТ, подготовка НРВК осуществляется главным образом в системе Министерства образования (более 90,0 % от общей численности обучающихся в аспирантуре), из них примерно половина проходит подготовку в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. За период 2015-2019 гг. численность проходящих подготовку в аспирантуре по данному направлению составила в среднем 298 чел. (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Показатели подготовки НРВК в системе аспирантуры по приоритетным специальностям в сфере ИКТ за период 2015-2019 гг., чел. *

Шифр	Специальность	Численность обучающихся				
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
01.01.07*	Вычислительная математика	7	9	6	5	4
01.01.09	Дискретная математика и математическая кибернетика	8	9	5	7	7
05.12.04*	Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения	10	9	14	25	22
05.12.07	Антенны, СВЧ-устройства и их технологии	4	3	3	1	2
05.12.13*	Системы, сети и устройства телекоммуникаций	7	15	21	25	27
05.12.14*	Радиолокация и радионавигация	2	2	3	5	-
05.13.01	Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)	49	41	44	56	67
05.13.05	Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления	16	16	14	12	12
05.13.06*	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)	28	27	34	27	23
05.13.11*	Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей	32	41	39	22	20
05.13.12*	Системы автоматизации проектирования (по отраслям)	3	1	2	3	2
05.13.15*	Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети	28	25	20	18	16
05.13.17*	Теоретические основы информатики	16	11	12	18	17
05.13.18	Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	43	48	48	46	49
05.13.19	Методы и системы защиты информации, информационная безопасность	39	44	37	31	19
Итого		292	301	302	301	287

* по отмеченным специальностям подготовка в докторантуре в 2018-2019 гг. не осуществлялась

Наиболее востребованными среди приоритетных в сфере ИКТ являются семь специальностей: «Системный анализ, управление и обработка информации», «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», «Системы, сети и устройства

телекоммуникаций», «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность». По этим специальностям в 2019 году проходили подготовку 79,1 % (в 2015 г. – 71,2%) от общего числа обучающихся в аспирантуре по приоритетным специальностям в сфере ИКТ.

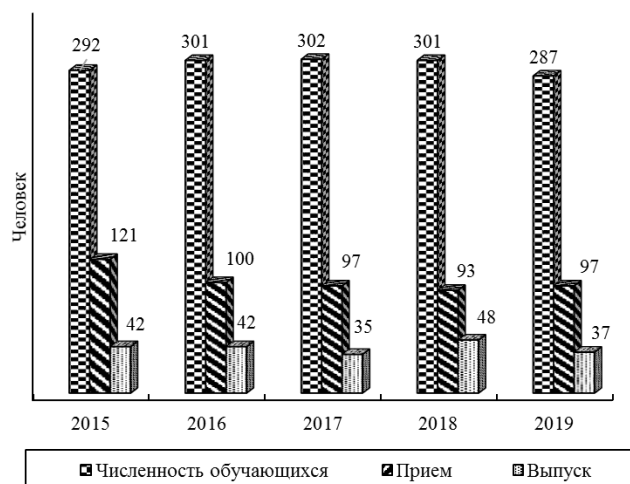


Рис.1. Динамика изменения количественных показателей подготовки НРВК по приоритетным специальностям в сфере ИКТ в системе аспирантуры (адъюнктуры) за период 2015-2019 гг., чел.

За анализируемый пятилетний период значительно возросла численность обучающихся по специальности «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» – в 3,9 раза и по специальностям «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», «Системный анализ, управление и обработка информации» в 2 и 1,4 раза, соответственно. Тогда как по специальностям «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность» и «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» численность обучающихся сократилась в 2,1 и 1,6 раза, соответственно (табл. 1).

В докторантуре в 2018-2019 гг. проходили подготовку 12 чел., причем только по пяти из приведенных в табл. 1 приоритетных специальностей в сфере ИКТ.

Следует обратить внимание, что численность выпуска из аспирантуры по рассматриваемым специальностям в 2019 году по сравнению с предыдущим годом уменьшилась на 11 чел. составила 37 чел. (рис. 1).

В целом по республике в 2019 году удельный вес выпуска с защитой диссертации в срок обучения из аспирантуры (адъюнктуры) составил 9,8%. По приоритетным специальностям в сфере ИКТ 3 выпускника аспирантуры прошли процедуру предварительной экспертизы диссертации и 3 чел. защитили диссертации в срок обучения, что составило 8,1% от общей численности выпуска.

Анализ динамики аттестации НРВК показал, что за период 2017-2021 гг. присуждено 49 ученых степеней кандидата наук по 11 специальностям, приведенным в табл. 1, при этом более половины кандидатских диссертаций защищено в 2018-2019 гг. (в 2019 году - 20 диссертаций, в 2018 году - 10 диссертаций). В 2020-2021 гг. ежегодно присуждалось по 7 ученых степеней кандидата наук. За анализируемый пятилетний период ученая степень доктора наук по рассматриваемым приоритетным специальностям в сфере ИКТ не присуждалась.

По состоянию на конец октября 2022 года по анализируемым специальностям пять соискателей защитили кандидатские диссертации и двое соискателей – докторские.

Наибольшее число кандидатских диссертаций (16 диссертаций или 32,7%) за последние пять лет защищено по наиболее востребованной в системе аспирантуры специальности – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Подготовка НРВК по приоритетной специальности «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» имеет важное значение для решения проблем развития высокотехнологичных медицинских технологий и их информационного обеспечения. В 2019 г. по этой специальности обучалось в аспирантуре в целом по Республике Беларусь 9 аспирантов, из них 2 чел. принято в 2019 году, в докторантуре – 1 чел. В период 2015-2020 гг. по специальности «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» защищено 7 кандидатских диссертаций.

Заключение

Обеспечение развития приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь требует подготовки высококвалифицированных специалистов и научных кадров, обладающими компетенциями в сфере ИКТ и междисциплинарных технологий.

Анализ динамики подготовки и аттестации НРВК свидетельствует о востребованности исследователей в сфере ИКТ и необходимости повышения эффективности деятельности системы послевузовского образования.

С целью развития кадрового научного потенциала в Республике Беларусь необходимо принимать меры по материальному стимулированию исследователей, обучающихся в аспирантуре и докторантуре, усилению кооперации образования, фундаментальной и прикладной науки, созданию условий для поддержки научных школ по приоритетным направлениям научных исследований и закреплению в науке талантливой молодежи.

Список литературы

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 2 февраля 2021 г. № 66 «О Государственной программе "Цифровое развитие Беларуси" на 2021 - 2025 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100066>. – Дата доступа: 31.10.2022.
2. Сутурин, А.К. Применение автоматизированной информационно-аналитической системы мониторинга подготовки научных работников высшей квалификации для анализа динамики развития послевузовского образования в Республике Беларусь / А.К.Сутурин, Н.А.Никоненко / Цифровая трансформация, 2018, № 2. – С. 54-59.

УДК 616-009.3,004.415.2

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРОВ ТРЕМОРА ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Ё. ШАВКАТОВ, Т.С. БОБРОВА, М.В. ДАВЫДОВ, В.И. ЯРМОЛИК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В данной статье представлено мобильное приложение на операционной системе Android для анализа параметров тремора и его дифференциальной диагностики при различных заболеваниях центральной нервной системы. Мобильное приложение позволяет получить данные о интенсивности тремора с помощью акселерометра смартфона, визуализировать полученные данные и сохранить для дальнейшей обработки.

Ключевые слова: тремор, диагностика тремора, акселерометрический метод, мобильное приложение.

MOBILE APPLICATION FOR DIAGNOSTICS OF TREMOR IN DISEASES OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Y. SHAVKATOV, T.S. BABROVA, M.V. DAVYDOV, V.I. YARMOLIK

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Belarus)*

Abstract. This article presents a mobile application on the Android operating system for the analysis of tremor parameters and its differential diagnosis in diseases of the central nervous system. The mobile application allows you to obtain data on the intensity of tremor using a smartphone accelerometer, visualize the received data and save it for further processing.

Keywords: tremor, tremor diagnostics, accelerometric method, mobile application.

Введение

Тремор (дрожание) – часто встречающееся двигательное расстройство, представляющее собой ритмичные произвольные колебания какой-либо части тела [1].

Существуют различные виды тремора с различными паттернами и степенями прогрессирования. В клинической практике чаще всего встречаются эссенциальный тремор, тремор при болезни Паркинсона и усиленный физиологический тремор. Исследование параметров тремора важно для дифференциальной диагностики и лечения различных заболеваний.

В связи с активным внедрением технологических достижений в медицинскую сферу в течение последних лет появилась возможность объективной оценки физических параметров тремора при помощи приложения на мобильном телефоне. Приложение позволяет регистрировать тремор рук и визуализировать результаты на графике, а также сохранять данные для последующего анализа, как локально, так и на внешних серверах и облачных сервисах.

Это приложение предназначено для лиц, которые заинтересованы в мониторинге уровня тремора, а также для исследователей и клиницистов, заинтересованных в отслеживании изменений характеристик тремора, их пациентов с течением времени.

Разработка мобильного приложения

Мобильное приложение для диагностики тремора разработано на операционной системе Android. В основе работы приложения лежит акселерометрический метод регистрации тремора. С акселерометра смартфона снимаются сырые данные, проекции ускорения по трем осям: x, y, z. Затем рассчитывается общий вектор ускорения.

На главном экране приложения при выполнении теста расположены окружности различного диаметра в центре которых расположен шарик красного цвета. Данный шарик перемещается по полю соответственно движению смартфона.

Последовательность работы с приложением заключается в следующем:

- Регистрация пользователя (ФИО, возраст, пол, диагноз (если поставлен), длительность заболевания, контактные данные).
- Выбор типа теста.
- Выполнение теста и снятие данных. Пользователь задает время диагностики становить частоту регистрации данных. Затем выполняет предложенный тест в течение заданного промежутка времени.
- Вывод результатов диагностики в графическом виде и сохранение данных (локально или на сервере) для дальнейшего анализа.
- Обработка полученных данных, определение параметров тремора, заключение и предполагаемый диагноз.

В приложении используется набор тестов. Например, методика теста для определения степени интенсивности тремора заключается в том, что пользователю необходимо стараться удерживать смартфон, так чтобы шарик на экране находился как можно более стабильно в центре окружностей в течение всего времени диагностики.

Интерфейс приложения при выполнении теста приведен на рисунке 1.

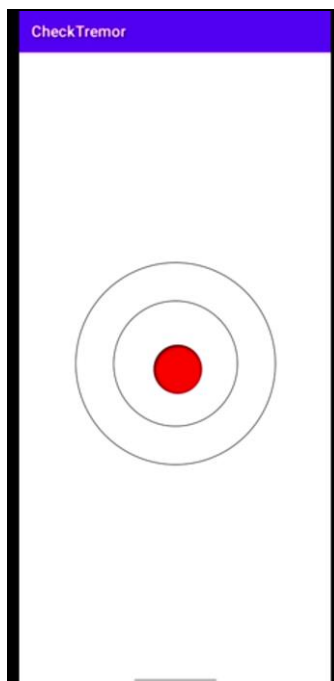


Рис. 1. Интерфейс приложения во время выполнения теста

Полученные результаты

Данные, полученные в ходе выполнения теста для определения параметров тремора сохраняются на телефоне в текстовом файле, а затем отправляются на защищенный сервер, на котором проводится дальнейший анализ.

Визуализация полученных результатов заключается в построении графиков изменения проекции ускорения по трем осям координат: X, Y, X. Построенные графики можно увеличивать в интересующей области. Так же имеется возможность просмотреть график изменения общего ускорения, среднюю амплитуду и частоту сигнала.

Результаты работы приложения представлены на рисунке 2.

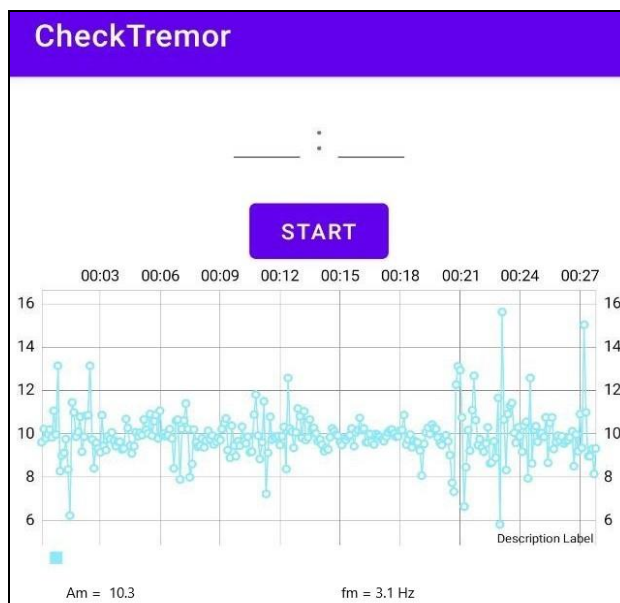


Рис.2. График общего ускорения

Приложение предусматривает возможность поделиться результатами диагностики. При нажатии кнопки «Поделиться» после завершения записи тремора создается три отчета: записанные необработанные данные по трем осям, снимок экрана и первая страница с информацией пользователя. Полученные отчеты можно экспортировать в стандартные приложения, такие как почта, различные мессенджеры или Bluetooth, для возможности оценки результатов диагностики специалистом.

Дальнейшая обработка данных предполагает фильтрацию, частотный анализ, расчет количественных параметров тремора, дифференциальный анализ видов тремора а также поиск паттернов патологии двигательных функций верхних конечностей, характерных для того или иного заболевания центральной нервной системы.

Заключение

Таким образом, разработанное мобильное приложение позволит пациенту, страдающему дрожательным гиперкинезом, как самому осуществлять контроль и мониторинг тремора, а также под контролем лечащего специалиста.

Перспективой разработки данного приложения может быть добавление тестов-опросников для конкретизации физического состояния пациента, добавление модуля дифференциальной диагностики типов тремора.

Список литературы

1. Голубев В. Л., Клинические синдромы в неврологии: руководство для врачей / В. Л. Голубев – Москва: МЕДпресс-информ, 2021. – 712 с.
2. Gutowski T. Analytical tools for evaluation pharmaceutical treatment of neurological diseases – a case study / T. Gutowski // Procedia Manufacturing. – 2020. – Vol. 44. – P. 567-574.

УДК 615.275

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТОГЕНОВ ПРИ ЖЕНСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА

О.Л. БОГДАНОВИЧ¹, Н.А. ОГРЕНИЧ², Д.Э. КАШИЦКИЙ³, Е.В. РОЗАРЁНОВА⁴

¹ЧТУП «Универсальные технологии здоровья», Минск, Беларусь.

²Барановичский родильный дом, Барановичи, Беларусь.

³5-ая городская клиническая больница, Минск, Беларусь.

⁴Дочернее унитарное предприятие «Санаторий «Нарочанка», Минская обл.,
Мядельский р-н, курортный поселок Нарочь, Беларусь.

Аннотация. Рассмотрено применение природных адаптогенов в гинекологии в сочетании с комплексной терапией.

Ключевые слова: адаптогены, гинекология.

THE USE OF ADAPTOGENS IN FEMALE INFLAMMATORY DISEASES OF THE PELVIC ORGANS

O.L. BOGDANOVICH¹, N.A. OGRENICH², D.E. KASHITSKIY³, E.V. ROZARENOVA⁴

¹ChTUP "Universal Health Technologies", Minsk, Belarus.

²Baranovich Maternity Hospital, Baranovich, Belarus.

³5th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus.

⁴Subsidiary unitary enterprise "Sanatorium "Narochanka", Minsk region, Myadelsky district,
resort village of Naroch Belarus.

Abstract. The use of natural adaptogens in gynecology in combination with complex therapy is considered.

Keywords: adaptogens, gynecology.

Введение

Актуальность проблемы воспалительных заболеваний женских половых органов определяется их высокой частотой и склонностью к длительному течению. Воспалительные процессы матки и ее придатков наряду с патологией шейки матки занимают первое место в структуре гинекологических заболеваний.

Основным принципом лечения заболеваний матки и ее придатков должна являться терапия тех изменений в организме, которые способствуют возникновению патологического процесса и поддерживают длительное течение заболевания.

Используемые в настоящее время в гинекологии лекарственные препараты нередко оказывают побочное действие, а часть средств имеет определенные ограничения ввиду имеющихся противопоказаний к их применению. Медикаментозные методы терапии не всегда позволяют добиться полной реабилитации пациенток и предотвратить рецидивы воспалительного процесса. Это в определенной степени можно объяснить тем, что при заболеваниях матки и ее придатков в патологический процесс вовлекаются все звенья репродуктивной системы, нарушаются гемостаз и обмен веществ, что приводит к нарушению специфических функций женского организма.

В связи с этим тактика лечения предполагает более широкое использование средств, направленных на повышение собственных защитных сил организма, оказывающих действие на различные звенья патологического процесса, обеспечивающих комплексное воздействие на организм, позволяющих провести коррекцию имеющихся обменных, иммунологических сдвигов и устраняющих по возможности сопутствующие заболевания.

Основная часть

Адаптогены – фармакологическая группа препаратов природного или искусственного происхождения, предположительно способных повышать неспецифическую сопротивляемость организма к широкому спектру вредных воздействий физической, химической и биологической природы. Открытие Н.В. Лазаревым и его школой состояния неспецифически повышенной сопротивляемости (СНПС) одно из крупнейших в прошлом веке. Доказано, что организм в этом состоянии обладает повышенной резистентностью по отношению к различным повреждающим воздействиям, включая биологические факторы, вызывающие различные заболевания. Ввести организм в это состояние возможно, в частности, с помощью адаптогенов, причем наиболее эффективными оказались средства природного происхождения. Кроме неспецифического общетонизирующего действия на ЦНС, эти лекарственные вещества улучшают эндокринную регуляцию и обменные процессы, а также повышают адаптацию организма к неблагоприятным факторам.

Средства растительного и животного происхождения — это химически сложившиеся комплексы, которые родственны организму человека, так как они вместе и во взаимодействии совершали и совершают эволюцию основных процессов жизнеобеспечения клеток. К наиболее важным источникам адаптогенов, получившими широкое распространение, являются растения и животные Дальнего Востока и Сибири: женьшень, элеутерококк колючий, родиола розовая, лимонник китайский, аралия маньчжурская, заманиха великолепная, левзея сафлоровидная, панты и кровь алтайского марала (пантогематоген) и др., которые используются для дифференцированной иммунокоррекции, воздействия при гипофункции яичников.

Технология производства средства для микроклизм «Эндогем» позволяет сохранить весь комплекс биологически активных веществ исходной природной субстанции «пантогематоген» из донорской крови самки алтайского оленя, взятой у животного в период наивысшей биологической активности и переработанной по запатентованной технологии низкотемпературного обезвоживания и стерилизации. Присутствие множества макро- и микроэлементов, незаменимых аминокислот, пептидов, фосфолипидов, насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, высокой концентрации гормоноподобных веществ оказывает разностороннее действие на организм [4].

По данным исследований кафедры гинекологии Сибирского государственного медицинского университета включение микроклизм с пантогематогеном «Эндогем» в схему лечения сопровождается восстановлением количественных и качественных характеристик нейтрофильных гранулоцитов, выраженным повышением фагоцитарной активности клеток, усилением экспрессии С3b- и Fc γ -рецепторов и их аффинности, повышает концентрацию лизоцила в периферической крови, нормализует показатели системного и местного иммунитета, факторы неспецифической защиты.

Вторым активным веществом, входящим в состав средств «Эндогем», является сухой экстракт ортилии однобокой (СЭОО) или боровой матки. Ортилия однобокая (боровая матка) - *Orthilia secunda* L. (House) или рамишия однобокая – *Ramischia secunda* (L.) Garcke (*Pyrola secunda* L.), семейство вересковые - *Ericaceae* - многолетнее зимнезеленое растение с длинным разветвленным корневищем [1,3]. Показано, что СЭОО содержит комплекс биологически активных веществ, представленный флавоноидами, иридоидами, производными кумарина, фенологликозидами, тритерпеновыми сапонинами, аминокислотами, дубильными веществами [1,3]. Кроме того, установлено, что антиокислительная активность СЭОО равна 47,6 г/л [3].

Проведенные исследования [2] свидетельствуют, что испытанное новое лекарственное средство – сухой экстракт ортилии однобокой – оказывает выраженное противовоспалительное действие при экспериментальном повреждении маточных труб – остром сальпингите у кроликов.

Можно полагать, что молекулярно-клеточным механизмом, определяющим эффективность СЭОО в качестве средства для лечения воспалительных заболеваний, является его способность ингибировать процессы перекисного окисления липидов, обусловленная воздействием комплекса биологически активных веществ, содержащимся в испытуемом фитоэкстракте. Эти вещества оказывают опосредованное антиоксидантное действие, выражающееся в способности защищать от окислительной деструкции важнейшие эндогенные

антиоксиданты: аскорбиновую кислоту, адреналин, тиоловые соединения, способствуя усилению и пролонгированию их эффекта [2,4].

Полученные данные аргументируют целесообразность применения СЭОО в гинекологической практике в качестве противовоспалительного средства в комплексе с другими лечебно-профилактическими мероприятиями.

Средство для интимной гигиены серии «Эндогем» с пантогематогеном в комплексе СЭОО для женщин активизирует защитные силы организма, повышает устойчивость к инфекционным заболеваниям, оказывает выраженное противовоспалительное, обезболивающее, рассасывающее действие, улучшает кровообращение органов малого таза. Реальным резервом оптимизации купирования воспалительного процесса является применение преформированных физических факторов с препаратами природного происхождения, действие которых не столь специфично, но более физиологично.

Адаптогены повышают сопротивляемость ко многим заболеваниям, усиливают обмен веществ в организме, стимулируют гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, способствуют процессам синтеза, улучшают транспорт кислорода к мышцам, к нервной системе, увеличивая образование эритроцитов и препятствуя действию гипоксических стрессов [5,6].

Каждый практикующий врач имеет определенные навыки применения адаптогенов и, если изначально наблюдать развитие терапевтического эффекта с учетом дозы препарата, то контролируемый и желаемый эффект наблюдается в подавляющем большинстве случаев. При назначении этих препаратов всегда учитываются не только возраст, общее состояние, сопутствующие заболевания, но и пол пациента. При составлении фитотерапевтических программ с адаптогенами женщинам детородного возраста ориентируются на фазу менструального цикла и гормональную активность организма. При супружеском бесплодии это порой имеет определенное значение. Так, по нашим наблюдениям, назначая адаптогены в первую фазу менструального цикла при бесплодии на фоне эндометриоза, в некоторых случаях отмечен отрицательный эффект. А именно, отсутствие роста доминирующего фолликула и овуляции; появление анэхогенных включений в яичниках; отсутствие нарастания эндометрия во вторую фазу менструального цикла.

Но при применении сборов с адаптогенами во вторую фазу менструального цикла у женщин с эндометриозом практически всегда наблюдали положительные эффекты.

В лечении супружеского бесплодия адаптогены в сборах или отдельно используем на всех этапах помощи как у мужчин, так и у женщин с учетом индивидуальности и фазы менструального цикла. Если причиной бесплодия является воспалительный процесс, на первом этапе супругам назначается противовоспалительное лечение и адаптогены. Мужчинам и женщинам в первую и вторую фазу назначаем сбор цельных трав «Антибактериально-противовоспалительный» (состав: лист березы, василек шероховатый, зверобой продырявленный, кора осины, тысячелистник обыкновенный, вереск обыкновенный, кладония лесная). Одновременно супруги применяли отвар подмора пчел и экстракт элеутерококка. В последующем при необходимости назначали адаптогены, но только во вторую фазу менструального цикла [3].

Такой тактики придерживаемся и при лечении мочеполовой инфекции у супругов, когда причиной бесплодия был эндометриоз или поликистоз яичников. Лишь после коррекции второй фазы в течение 4-6 менструальных циклов (с этой целью чаще использовали сбор цельных трав «Эндометриоз» - состав: манжетка, тысячелистник, лабазник, вереск, боровая матка, зимолобка зонтичная, василек луговой, спорыш) при отсутствии овуляции активируем первую фазу менструального цикла. Для этого женщины принимали с 4-5-го по 14-15-ый дни менструального цикла сбор цельных трав «Женский первой фазы» (состав: полынь обыкновенная, серпуха венценосная, спорыш, вероника длиннолистная, зверобой продырявленный, дербенник иволистный). В некоторых случаях к приему этого сбора добавляли боровую матку и отдельно настойку красной щетки или элеутерококка.

При гипоплазии матки, гипоменструальном синдроме и при отсутствии сопутствующего поликистоза яичников, воспалительного процесса в малом тазу и эндометриоза этот фитотерапевтический комплекс изначально назначали женщинам в первую фазу менструального цикла.

При мужском бесплодии на первом этапе проводили противовоспалительное лечение и применялся сбор цельных трав «Простато-аденоматозный» (состав: горец птичий, василёк шероховатый, кора осины, золотарник канадский, лист берёзы, эхинацея пурпурная, донник) одновременно назначали отвар подмора пчёл.

При лечении воспалительных заболеваний органов малого таза необходима комплексная терапия, включающая лечение сопутствующих заболеваний, нарушений функций всех звеньев нейроэндокринной системы, центральной и вегетативной нервной, сердечно-сосудистой, мочевыделительной, иммунной системы, гемостаза и обмена веществ.

Применение природных адаптогенов в гинекологии в сочетании с комплексной терапией успешно развивается в санаториях «Альфа-радон», «Радон», «Лётцы», «Нарочь», «Рассвет-Любань», «Спутник», «Нарочанка» и др.

Список литературы

1. <http://travnick-altay.com›borovaja-matka-ortilija-odnobokaja.html>. -Дата доступа: 26.11.11.
2. Ботоева, Е. А. Экспериментальная фармакотерапия повреждений матки и ее придатков сухим экстрактом ортилии однобокой: автореф. дисс. канд. мед. наук. / Е.А, Ботоева, -Улан-Удэ, 2003, -23 с.
3. Антиоксидантные и мембраностабилизирующие свойства сухого экстракта ортилии однобокой / С.А. Чукаев [и др.] // Человек и лекарство: мат. VIII Рос.нац.конгр.-М.,2001. – С.636.
4. Бураева Л.Б. Противовоспалительное действие сухого экстракта ортилии однобокой / Л.Б. Бураева, С.С. Ломбоева // Разработка и внедрение новых методов и средств традиционной медицины. - М. 2001. – Т.2. – С. 182-183.
5. Суховершин А.В. Перспективы лечебно-профилактического использования продуктов пантового оленеводства в санаторно-курортной практике. / Курортные ведомости, №3 (78), 2013. – С. 50-52.
6. Козлов В.И. Отчет «Изучение эффективности и безопасности применения пантовых ванн «О панто» для женщин в пременопаузальном, климактерическом и постменопаузальном периоде». Барнаул, 2019.

УДК 621.395

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ КОДИРОВАННЫХ ДАННЫХ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.И. МИТЮХИН

*Институт информационных технологий Белорусского государственного университета
информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Представлен анализ эффективности методов описания экологических данных дистанционного зондирования Земли. В качестве исходных пространственных данных рассматриваются снимки от аэрокосмических средств наблюдения. Анализ производился на изображениях ландшафтных типов и физических природных образований растрового формата. В качестве кодируемых использовались полигональные объекты различных ландшафтных категорий. Анализируются методы, основанные на статистическом подходе, используемом для линейной обработки 2D-сигналов. Сравнительный анализ касается оценки эффективности с точки зрения сжатия, методов энтропийного кодирования и координатных преобразований. В качестве преобразования рассматривалось оптимальное дискретное преобразование Карунена-Лоэва. Энтропийное кодирование выполнялось с использованием оптимального алгоритма Хаффмена. Оценивалась эффективность сжатия исходных данных при условии получения на выходе обработки изображения с среднеквадратической ошибкой, приближающейся к нулевому значению. Приведены результаты экспериментальной оценки эффективности методов, которые дают возможность устранять избыточность пространственных данных, хранящихся в системах управления базами данными экологического назначения.

Ключевые слова: экология, кодирование, координатное преобразование, полигон, энтропия, сжатие, географическая система, дисперсия.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ALGORITHMS FOR COMPRESSING THE ENCODED DATA OF POLYGON OBJECTS

A. MITSUKHIN

*Institute of Information Technologies of Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The analysis of the effectiveness of methods for describing environmental data of remote sensing of the Earth is presented. Imagery from aerospace observations is considered as the initial spatial data. The analysis was carried out on images of landscape types and physical natural formations of raster format. Polygonal objects of various landscape categories were used as coded. Methods based on the statistical approach used for linear processing of 2D signals are analyzed. Comparative analysis concerns the evaluation of efficiency in terms of compression, entropy coding methods and coordinate transformations. The optimal discrete Karunen-Loeva transformation was considered as a transformation. Entropy coding was performed using the optimal Huffman algorithm. The efficiency of compression of the original data was evaluated, provided that the output of image processing was obtained with a mean square error approaching zero. The results of an experimental assessment of the effectiveness of methods that make it possible to eliminate the redundancy of spatial data stored in environmental database management systems are presented.

Keywords: ecology, coding, coordinate transformation, polygon, entropy, compression, geographic system, dispersion.

Введение

Для решения многих задач экологического контроля окружающего пространства используется аэрокосмическое дистанционное зондирование (ДЗ). Возникает необходимость в обеспечении эффективной передачи, хранения, перераспределения, обработки и обслуживании огромных баз данных (ДЗ). В современных географических информационных системах (ГИС)

данные ДЗ представляются в виде растровых и векторных структур. Выбор типа структуры для последующей обработки определяется многими факторами: назначением приложения, удобством обработки проверенными средствами измерения, быстрым и достоверным дешифрированием экологических данных ДЗ. Доступным и удобным материалом ГИС являются растровые данные. Они используются для приложений, связанных с необходимостью постоянного наблюдения поверхностных полигонов [1]. Примерами полигонов могут быть болота, осушенные болота, разные лесные массивы, земли сельскохозяйственного назначения, антропогенные объекты, такие как дороги, приусадебные участки и пр. С ростом объемов данных ГИС становится все более важным эффективное представление растровых видеоданных. Целью настоящего сообщения является сравнительный анализ эффективности алгоритмов устранения избыточности площадных объектов, оптимизирующий, например, этап тематического распознавания полигонов.

Теоретические принципы

Дальнейшее рассмотрение основывается на предположении о выполненной к снимку операции сегментации. В базе данных ГИС хранится цифровой растровый снимок G экологического ДЗ. Снимок содержит K пространственно распределенные области $g_i, i=1, \dots, K$. Снимку G соответствует матрица $\mathbf{G} = (g_{m,n})$ размером $M \times N$, где m и n обозначают положение пикселя, соответственно в строке и столбце матрицы. Матрица \mathbf{G} характеризуется дисперсией σ_i^2 , ковариационной $\text{cov}(g_i)$ или корреляционной $\text{corr}(g_i)$ функциями. Снимок удовлетворяет определению однослойного полигона, когда выполняется

$$\mathbf{G} = \bigcup_{i=1}^K g_i, \quad g_i \cap g_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad g_i, \quad i=1, \dots, K. \quad (1)$$

Выражение (1) соответствует реальным снимкам ДЗ базы данным ГИС. Один из методов представления растровых изображений полигонов основывается на присвоении тематическим областям полигона разных числовых значений [2]. В этом случае, не зависимо от количества K областей интереса, образующих полигон, в ГИС необходимо хранить весь объем $V = MNn$ данных, где n – значность кода. В статье рассматриваются методы уменьшения объема V путем применения двух подходов: энтропийное кодирование и координатное преобразование. Первый этап обработки (общий для рассматриваемых подходов) связан с изменением статистических характеристик пространственных данных G . Для этого применяется предпроцессорное однородное точечное кодирование [3] вида

$$\mathbf{C} = f(g_{m,n})[\mathbf{G}], \quad (2)$$

где $\mathbf{C} = (c_{mn})$ – матрица, элементы которой соответствуют однородным поверхностям, $f(g_{m,n})$ – функция точечной операции.

Кодирование (2) $g_{m,n}$ осуществляется присвоением полигону атрибутов $c_i, i=1, \dots, K, c_i \in \mathbb{Z}^+, c_i \neq c_j$. Например, всем пикселям области с категорией «пшеница» соответствует 2D кодовое слово с атрибутом $c_1 \in \mathbb{Z}^+$. Формируется новый образ данных с корреляцией $\text{corr}(c_{mn})$.

С использованием концепции теории информации выражение (2) описывает дискретный источник без памяти с известным законом распределения вероятностей элементов матрицы. Количественной характеристикой такого источника является величина энтропии. Эффективность описания источника оценивается фактором сжатия вида

$$\eta_H = H/L_n, \quad (3)$$

где H – энтропия, L_n – средняя длина кода источника.

Следует заметить, что в результате выполнения (2) теряется информационное содержание изображения снимка. В исходной постановке решаемой задачи речь идет о

формировании категориальных (тематических) признаков K полигона, поэтому потеря содержательной информации снимка не имеет значения

Другой математический подход описания процесса (2) основывается на свойстве коррелированности случайного процесса. Применение к сильно коррелированному процессу координатного преобразования позволяет уменьшить объем V_{uv} в области преобразований [4]. В работе рассматривается возможность использования координатного оптимального преобразования Карунена – Лоева (ПКЛ) [5]. Выбор ПКЛ связан с тем, что в сравнении с другими (Фурье-подобными) преобразованиями [6], реализуется полная декорреляция входного процесса, и тем самым восстановление исходных данных после выполнения обратного преобразования с минимально возможной среднеквадратической ошибкой ε_{\min} . Вычисление коэффициентов ПКЛ над каждым из фрагментов (c_{mn}) размером $N \times N$ выполняется формуле

$$\hat{c}_{uv} = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} c_{mn} \mathbf{A}_{mu} \mathbf{A}_{nv}, \quad (4)$$

где u и v обозначает индексы в области ПКЛ, $\mathbf{A}_{mu}, \mathbf{A}_{nv}$ – ядра преобразования по строкам и столбцам фрагмента (c_{mn}) .

Матрицы $\mathbf{A}_{mu}, \mathbf{A}_{nv}$ представляет собой собственные векторы ковариационных матриц по строкам $\text{cov}_{mm}(\mathbf{c}_{mn})$ и столбцам $\text{cov}_{nn}(\mathbf{c}_{mn})$. Этим матрицам соответствует собственные значения по строкам $(\lambda_{mm}) = (\sigma_{mu}^2)$ и столбцам $(\lambda_{nn}) = (\sigma_{nn}^2)$, где (σ_{mm}^2) и (σ_{nn}^2) – дисперсии изображений полигона по строкам и столбцам. Эффективность описания источника в области преобразований оценивается распределением дисперсий $(\hat{\sigma}_{uu}^2)$ и $(\hat{\sigma}_{vv}^2)$ по строкам и столбцам или распределением собственных значений матриц $\text{cov}_{mm}(\mathbf{c}_{mn})$ и $\text{cov}_{nn}(\mathbf{c}_{mn})$. Если значение $\text{corr}(c_{mn}) > 0,95$ между смежными отсчетами реальных изображений имеет величину становится возможным выигрыш в описании исходных данных [7]. Эффективность сжатия оценивается коэффициентом

$$\eta_T = N^2 - M / N^2, \quad (5)$$

где N^2 – затраты на описание без эффективного кодирования, M – затраты после отбора (фильтрации) коэффициентов \hat{c}_{uv} на основе анализа распределения дисперсий $(\hat{\sigma}_{uu}^2)$ и $(\hat{\sigma}_{vv}^2)$.

Экспериментальные исследования

Сравнительный анализ эффективности применения энтропийного кодирования и метода координатного преобразования осуществлялся на изображениях ДЗ со сложным полигоном. Количество областей с отличающимися статистическими характеристиками на полигоне не превышало $K \leq 8$. После выполнения операции (2), вычисления распределения вероятностей источника $P(c_{mn})$ определялось η_H (3). Для определения зоны фильтрации M коэффициентов с максимальным значением \hat{c}_{uv} использовалась 2D функция собственных значений в области преобразования вида [8].

$$\hat{\lambda}_{uv} = \hat{\sigma}_{uv}^2 = \text{diag}(\hat{\lambda}_{uu}) \text{diag}(\hat{\lambda}_{vv}). \quad (6)$$

Оценка эффективности метода координатного преобразования производилась по величине η_T (5). Исследования показали, что максимальное значение корреляционной связи между смежными отсчетов процесса (2) не превышало величину $\text{corr}(c_{mn}) \cong 0,85$ и уменьшалось с ростом расстояния между элементами матрицы (2). В отличие от реальных изображений, отображение (2) не является однородным из-за особенностей точечного кодирования областей полигона. Эксперимент показал, что выигрыш в сжатии изображения методом координатного преобразования в сравнении с энтропийным следует ожидать для полигона вида (2) со значением $\text{corr}(c_{mn}) \geq 0,9$.

Пример оценки эффективности сжатия. На рис. 1. показан ландшафтный снимок экологического отслеживания размером 16×24 .



Рис. 1. Изображение объекта экологического контроля

$$c = (c_{mn}) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 3 & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Рис. 2. Цифровой фрагмент полигона

После сегментации и кодирования фрагмента полигона с категориями: лес, дорога, открытый земельный покров, имеем цифровые данные, рис. 2. График 2D функции дисперсий (6) показан на рис. 3.

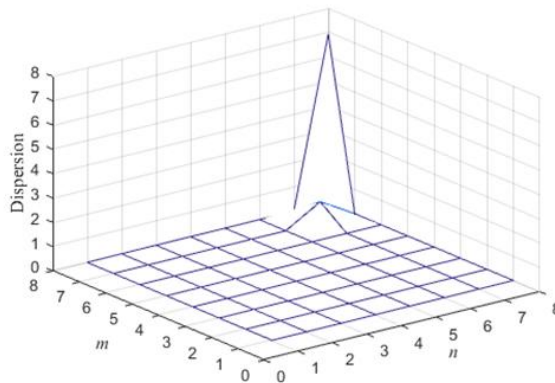


Рис. 3. График двумерной дисперсии
Fig. 3. Graph of two-dimensional dispersion.

График на рис. 3 отражает процесс полной декорреляции значений отсчетов матрицы данных. Операция нормирования к следу $\varepsilon_{\min} = \text{trace}(\text{diag}(\hat{\lambda}_{uv}))$ матрицы 2D дисперсий (6) дает выражение перераспределения дисперсии (энергии) сигнала

$${}^u \hat{\sigma}_{uv}^2 = \hat{\sigma}_{uv}^2 / \text{trace}(\text{diag}(\hat{\lambda}_{uv})) = \begin{pmatrix} {}^u \lambda_{77}^2 & {}^u \lambda_{88}^2 \end{pmatrix} = (0,1083 \quad 0,8917). \quad (7)$$

Из (7) следует, что в восьми коэффициентах вектора $\hat{c}_{8v} = (\hat{c}_{81}, \dots, \hat{c}_{88})$ с собственным значением ${}^u \lambda_{88}^2 = 0,8917$ содержится $\approx 90\%$ энергии процесса, рис 2. Координаты вектора \hat{c}_{8v} образуют зону фильтрации и сохраняются в процессе обработки. Величина ошибки при выполнении обратного ПКЛ равна ${}^u \varepsilon_{\min} = 0,1083$. Применяя к коэффициентам векторов \hat{c}_{7v} , и \hat{c}_{8v} скалярное стандартное восьмибитовое квантование, на их запись потребуется $M_T = 128$ бит. Эффективность сжатия (5) с нулевым значением ошибки $\varepsilon_{\min} = 0$ равна $\eta_T = 0,75$ или 75%.

Вычислив распределение вероятностей источника $P(c_{mn})$, находим величину энтропии $H(p) = 1,405$ бит/символ. Применяя известные методы энтропийного кодирования, находим затраты $H_c(p) = N^2 H(p) = 89,9$ бит на описание всего изображения. Реальное кодирование процесса (6) оптимальным кодом Хаффмена приводит к затратам $M_H = 96$ бит. Фактор сжатия

$\eta_H \cong 0,93$ или $\cong 93\%$. Сравнивая затраты на описание фрагмента, рис. 2, видно, что более эффективное описание реализовано с применением энтропийного подхода.

Обсуждение

На эффективность описания растровых пространственных данных ДЗ методом преобразований или энтропийного кодирования влияют: тип преобразований, размер фрагмента, корреляционные свойства фрагмента, распределение вероятностей источника данных. Для полигонов с большим количеством разных областей требуется большее число битов на пиксель. Вычислительная сложность метода преобразований значительно больше энтропийного. Для сильно коррелированных данных эффективность сжатия изображений методом преобразования значительно выше

Заключение

Особенности алгоритма точечного числового кодирования областей разных тематических категорий позволяют использовать как энтропийное, так и координатное кодирование для целей сжатия изображений однослойных полигонов. Основными критериями для выбора метода эффективного кодирования являются статистические характеристики изображения полигона, число и размеры разных областей, образующих полигон.

Список литературы

1. Chandra A.M. *Remote Sensing and Geographical Information System*. New Delhi: Narosa Publishing House; 2006.
2. Bartelme N. *Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen*. Berlin: Springer-Verlag; 2005.
3. Jahne B. *Digital Image Processing. Concepts, Algorithms, and Scientific Applications*. Heidelberg: Springer-Verlag; 2013.
4. Прэрт У. *Цифровая обработка изображений*. М.: Мир; 1982.
5. Оппенгейм А., Шафер Р. *Цифровая обработка сигналов*. М.: Техносфера; 2006.
6. Яне Б. *Цифровая обработка изображений*. Москва: Техносфера; 2007.
7. Gonzalez R.C., Woods R.E. *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall; 2002.
8. Mitsukhin A. *Efficient Description of the Boundary of the Object under Observation. Proceedings 59th IWK, Ilmenau Scientific Colloquium*, Technische Universität Ilmenau, www.db-thueringen.de/rsc/viewer/dbt_derivate_00039296/ilm1-2017iwk-018.pdf?page=6.
9. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л. *Алгоритмы: построение и анализ*. М.: Вильямс; 2009.

УДК: 616.24-071.6:004

«НЕЙРОННАЯ СЕТЬ» В РЕСПИРАТОРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Е.А. ЛАПТЕВА¹, О.Н. ХАРЕВИЧ¹, Е.И. КАТИБНИКОВА¹, А.Н. ЛАПТЕВ¹, И.В. КОВАЛЕНКО¹, А.С. ПОЗДНЯКОВА¹, В.С. КОРОВКИН¹, А.И. МУШОВЕЦ¹, И.В. БЕЗРУЧКО², О.Л. ГОРЕНЮК³, М.С. ЭЛЬЖБУР³, О.П. ЕРМОЛЕНКО³, Н.А. ВОРОНОВА³, О.И. БУРАКЕВИЧ³, А.Н. МАРТЫНЮК³, Т.Ф. ЧАБАН³, В.В. ХОТЬКО⁴, Е.Н. ЛОБАН⁴, С.М. ТУМАШИК⁴, М.И. ЖУРОВИЧ⁵, И.П. ДУЛУП⁵, А.А. КАРАНКЕВИЧ⁶, М.Н. ЗЯБКО⁶, Е.А. БИНЕЦКАЯ⁶, Ю.Ю. НАРУШЕВИЧ⁶, В.В. ДУБИНЕЦКИЙ⁶, С.И. АЛЕШКЕВИЧ⁶

¹ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Беларусь

²УЗ «Минская областная детская клиническая больница», п. Боровляны, Минская область, Беларусь

³УЗ «Минский областной противотуберкулезный диспансер», д. Лесковка, Минская область, Беларусь

⁴УЗ «Минский городской клинический центр фтизиопульмонологии», Минск, Беларусь

⁵УЗ «6-я городская клиническая больница», Минск, Беларусь

⁶Общество с ограниченной ответственностью «Хэлси Нетворкс», Минск, Беларусь

Аннотация. Внедрение электронной аускультации в практику пульмонолога и фтизиатра представляется перспективным и целесообразным, так как обуславливает объективность трактовки респираторных феноменов, возможность ревизии и экспертной оценки при непосредственном и отдаленном анализе. В Республике Беларусь данное направление практически не разрабатывалось. Цель. Изучить эффективность использования нейронных сетей при осуществлении диагностических мероприятий у пациентов с заболеваниями органов дыхания. Материал и методы. Использовался программно-аппаратный комплекс Lung Pass на основе алгоритма машинного обучения для классификации типа аускультативного феномена. Результаты. Автоматическая система анализа звуковых феноменов обладает высокой чувствительностью (80,81-93,33%) и специфичностью (83,33-98,99%), позволяет объективизировать аускультативные данные. Выводы. Использование метода автоматической классификации аускультативных феноменов на базе машинного обучения позволит повысить эффективность ранней диагностики и мониторинга респираторной патологии.

Ключевые слова: нейронные сети, аускультация, болезни органов дыхания.

NEURAL NETWORKS IN RESPIRATORY MEDICINE

¹E.A. LAPTEVA, ¹O.N. KHAREVICH, ¹E.I. KATIBNIKOVA, ¹A.N. LAPTEV, ¹I.V. KOVALENKO, ¹A.S. POZDNYAKOVA, ¹A.I. MUSHOVETS, ²I.V. BEZRUCHKO, ³O.L. GORENJUK, ³M.S. ELSBUR, ³O.P. ERMOLENKO, ³N.A. VORONOVA, ³A.I. BURAKEVICH, ³A.N. MARTYNIUK, ³T.F. CHABAN, ⁴V.V. KHOTSKO, ⁴E.N. LOBAN, ⁴S.M. TUMASHIK, ⁵M.I. ZHUROVICH, ⁵I.P. DULUP, ⁶A.A. KARANKEVICH, ⁶M.N. ZABKO, ⁶E.A. BINETSKAYA, ⁶Y.V. NARUSHEVICH, ⁶V.V. DUBINETSKY, ⁶S.I. ALESHKEVICH

¹Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus

²Minsk Regional Children's Clinical Hospital, Lesnoy, Minsk region, Belarus

³Minsk Regional TB Dispensary, Leskovka, Minsk region, Belarus

⁴Minsk City Clinical Center of Phthisiopulmonology, Minsk, Belarus

⁵6th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

⁶LLC "Healthy Networks", Minsk, Belarus

Abstract. The implementation of electronic auscultation into the pulmonology and phthiisology practice seems perspective and expedient, since it provides objective interpretation of respiratory phenomena, the possibility of their revision and expert evaluation in on-site and remote analysis. In the Republic of Belarus this field of research has not been previously developed. Aim. To study the efficacy of neural networks application in the diagnostic of the respiratory diseases. Material and methods. Hardware-software complex Lung Pass based on machine learning algorithm was used for classification of lung sound type. Results. The automatic system of lung sound analysis has high sensitivity (80,81-93,33%) and specificity (83,33-98,99%) and allows to objectivize auscultatory data. Conclusions. The use of automatic classification of lung sounds based on machine learning will improve the efficiency of early diagnosis and monitoring of respiratory pathology.

Keywords: neural networks, auscultation, respiratory diseases.

Введение

Внедрение электронной аускультации легких для практической медицины Беларуси представляется перспективным и целесообразным направлением, так как болезни органов дыхания (БОД) в нашей стране лидируют в структуре заболеваемости, занимают по показателю временной нетрудоспособности первое место и влекут значительные экономические затраты. Большинство острых и хронических БОД диагностируются и мониторируются на амбулаторном этапе медицинской помощи, что не подразумевает использования высокотехнологичных и дорогостоящих методов. Один из основных способов диагностики – аускультация. При исследовании органов дыхания этот метод особенно ценен, так как структура бронхов и лёгких создает условия для появления звуковых феноменов, изменяющихся в больших диапазонах при возникновении какой-либо патологии. Объективизация и мониторинг акустических феноменов, сопоставление их с другими клиническими и функциональными симптомами и анамнезом заболевания представляются важной составляющей в работе пульмонолога, фтизиатра, врача общей практики. На важность исследований звуковых феноменов в пульмонологии с применением электронной аускультации лёгких указывает Международная ассоциация лёгочных звуков [1-8]. В Республике Беларусь данное направление практически не разрабатывалось. Целью данного исследования явилась разработка автоматической системы (АС) оценки состояния органов дыхания.

Материал и методы

Исследование проводилось с помощью электронного стетоскопа «Ланг Пасс» - беспроводного устройства для опосредованной аускультации легких, которое позволяет записывать аускультативные феномены и передавать их в цифровом виде на другое электронное устройство с помощью технологии Bluetooth с последующей их обработкой (предварительная обработка и представление временных частот в виде спектрограммы) и классификацией.

Используемые технологии и способ действия заключались в следующем: мобильное приложение, представляющее собой клиент, который обеспечивает доступ к функциям сервера (рис.1).

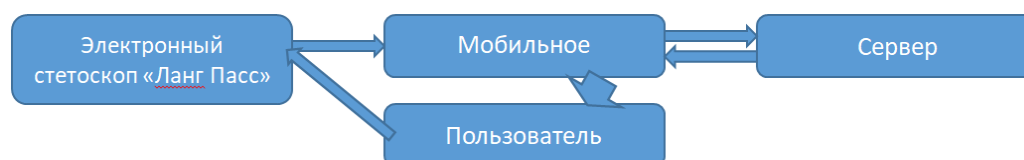


Рис. 1. Основные компоненты приложения

Электронный стетоскоп «Ланг Пасс» осуществляет сбор данных аускультации и их беспроводную передачу в мобильное приложение, которое обеспечивает: управление профилем (возраст, вес, пол, хронические заболевания); аускультацию и классификация звуков; заполнение диагностических анкет; предоставление истории болезни и статистики (собранные данные: результаты анкетирования, результаты аускультации и некоторая агрегированная информация предоставляются в виде визуализированных графиков); обмен данными с

сервером (сбор всех данных, отправка собранных данных на сервер, получение обработанных данных с сервера и представление информации пользователю).

Ядро обработки дыхательных шумов включало: определение типа дыхательного шума и фазы дыхания, визуальную разметку амплитудно-временного отображения сигнала по фазам дыхания и зафиксированные хрипы, цифровую обработку сигналов (шумоподавление, нормализация и частотная фильтрация). Использовались: язык программирования – Python, технология – Tensorflow, Keras.; проектируемые характеристики: время на классификацию записи звука лёгких – до 0,6 с; точность классификации – 93%.

Структура ядра выглядит следующим образом:

- I. Модуль цифровой обработки сигнала.
- II. Модуль автоматического распознавания.
- III. Модуль визуальной разметки и определения фаз дыхания.
- IV. Модуль экспертной системы.

Статистическая обработка данных проведена с использованием методов непараметрической статистики (стандартный пакет программ SPSS 17.0).

Анализ результатов аускультации проводился в два этапа.

1. Определены наиболее значимые симптомы: кашель, дискомфорт в груди, одышка, температура, боль в горле, насморк, слабость. Для формирования выборки определены наиболее распространенные БОД: астма, ХОБЛ, ОРИ, острый и хронический бронхиты, пневмонии. На основе согласованного списка симптомов были созданы иерархические опросники с уточнением характера основных симптомов и включением дополнительных вопросов по анамнезу и факторам риска.

2. Экспертная оценка. Ответ на каждый вопрос взвешивался и варьировался от 0 до 10, чтобы показать его относительную важность для конкретного заболевания. Симптомы оценивались в 10 баллов, причем 10 баллов присваивалось самому важному симптому для конкретного заболевания. Ноль указывал на отсутствие важности. Рабочая группа оценивала каждый симптом в ходе открытого обсуждения, а затем оценивала относительную важность симптома в рамках каждого заболевания и между заболеваниями отдельно для взрослых и детей. Как во время подсчета баллов, так и после того, как все симптомы были оценены по заболеваниям, эксперты проверяли относительность оценок, чтобы выяснить, нет ли явных расхождений. В результате этого метода были получены весовые коэффициенты для всех симптомов по всем выбранным заболеваниям. В результате был создан специальный компьютерный алгоритм (модуль экспертной системы) для оценки результатов анкетирования на основе весовых коэффициентов, который способен оценивать в комплексе и анкетные, и аускультативные данные и объединять их с анамнестическими данными из профиля. Алгоритм модуля экспертной системы был разработан на основе системы взвешенных баллов. Поскольку разработанная анкета имеет древовидную структуру, где дочерние вопросы обычно являются уточняющими для родительского, веса, определяемые экспертами, не суммируются линейно. Вес дочернего ответа умножается на вес родительского ответа, а затем делится на 10, таким образом, вес родительских ответов обычно более ценен, чем вес ответов на уточняющие вопросы. Полученное значение анкеты для каждого заболевания делится на максимально возможный балл для этого заболевания, умноженный на процентный вклад анкеты.

В случае, когда оценивается полная информация с учетом как данных аускультации, так и анкетирования с профильными данными, каждый из этих компонентов имеет свой вклад в конечный результат алгоритма в зависимости от заболевания. Этот вклад определялся в ходе открытого обсуждения в рабочей группе и основывался на мнении экспертов, текущей клинической практике и международных рекомендаций. На основе всех критериев вклада Экспертная система показывает наиболее вероятную причину состояния пользователя и дает рекомендацию, подходящую для этого состояния (выход модуля Экспертной системы).

Валидность разработанного алгоритма и лежащей в его основе балльной системы была внутренне проверена на наборе данных клинических случаев с заранее установленным диагнозом, предоставленным экспертами. Причины ошибок алгоритма были проанализированы инженерами-программистами и представлены на рассмотрение экспертам, после чего некоторые изменения в балльной оценке весов были проведены экспертами в ходе совместной оценки. После этого опросник был передан клиницистам для проверки, которая показала

удовлетворительный результат. Все программное обеспечение было разработано в соответствии со стандартом IEC 62304:2006/A1:2015 и относится к классу В.

Алгоритм был обучен на основе записей, собранных в ходе пилотного многоцентрового перекрестного обсервационного клинического исследования в Республике Беларусь в период с 2017 по 2019 годы в тесном взаимодействии с Белорусской медицинской академией последипломного образования, кафедрой пульмонологии и фтизиатрии в качестве ведущего исследовательского сайта (Ref No 20181692).

Результаты и обсуждение

Было собрано более 18 000 записей (1565 пациентов), которые были помечены и классифицированы как: нормальное дыхание, сухие хрипы («свистящие» и «басовые»), влажные хрипы (крупно-, средне-, мелкопузырчатые, крепитирующие) и шумы окружающей среды. Данные аускультации, симптомы, анамнез фиксировались в электронном дневнике с последующим сохранением с целью формирования обучающей выборки для алгоритма машинного обучения. По результатам рассчитывали чувствительность (Se) и специфичность (Sp) метода:

$Se = N(ИП)/(N(ИП)+N(ЛО))$ – чувствительность (доля исследований с правильной трактовкой наличия и характера хрипов);

$Sp = N(ИО)/(N(ИО)+N(ЛП))$ – специфичность (доля исследований с правильным заключением об отсутствии хрипов), где ИП – истинно положительный результат, ЛО – ложноотрицательный, ИО – истинно отрицательный, ЛП – ложноположительный.

У пациентов с БА при выявлении и интерпретации сухих «свистящих» хрипов Se метода ЭА составила 97,24%, Sp – 98,83%. У пациентов с ХОБЛ, а также с хроническими и острыми бронхитами, сопровождавшимися появлением сухих хрипов разного тембра, Se составила 80,81%, Sp – 98,99%. При пневмониях, обострении ХОБЛ и бронхоэктатических поражениях иной этиологии, сопровождающихся влажными разнокалиберными хрипами, Se и Sp составили, соответственно: для крупно- и средне-пузырчатых хрипов – 93,33% и 83,33%. Выявление крепитирующих хрипов у 182 пациентов с пневмониями обусловило Se 86,67%, Sp – 98,33%. При ЭА здоровых лиц Se и Sp составили 86,67% и 96,67%.

Прослушивание и анализ аускультативных феноменов, выявленных при ЭА, был предложен 32 врачам (терапевты, пульмонологи, фтизиатры, педиатры) с последующим сопоставлением результатов с данными АС. В результате отмечено, что наибольшую настороженность в отношении выявления возможной патологии продемонстрировали педиатры (71,23% верных интерпретаций). Врачи всех специальностей продемонстрировали наибольшую достоверность при распознавании сухих и крупнокалиберных влажных хрипов. Крепитирующие хрипы, как и единичные сухие, всеми специалистами выявлялись реже – в 40,8% случаев. Наименьшее число правильных ответов при аускультации (28,2%) наблюдалось при наличии у одного пациента сухих «басовых» и «свистящих» хрипов, последние из которых нивелировались более звучными низкочастотными «басовыми» хрипами. С учетом полученных результатов, свидетельствующих о неоднозначной трактовке аускультативных феноменов врачами, разработана визуализация звукового сигнала с возможностью воспроизведения. При анализе и сопоставлении звука и изображения выявлены характерные визуальные особенности каждого аускультативного феномена (рис. 1-5).

Логарифмическая шкала частоты звуковых колебаний Гц, 40-8000/

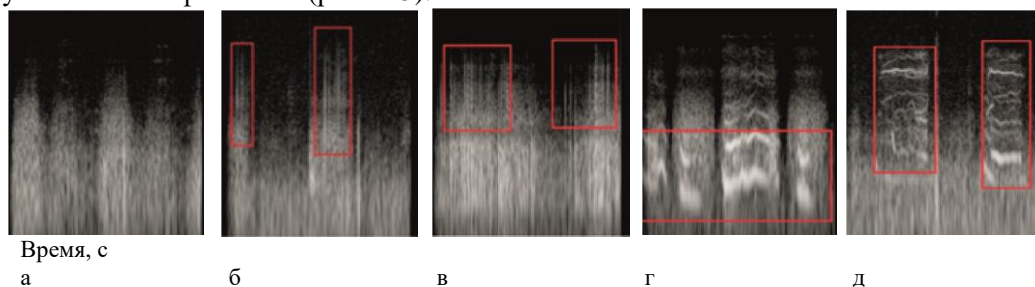


Рис. 1. Частотно-временное представление звукового сигнала при аускультации лёгких у здорового человека (а), крепитирующих хрипов (б), влажных мелкопузырчатых хрипов (в), сухих «басовых» хрипов (г), сухих «свистящих» хрипов (д)

Частотные характеристики большинства дыхательных шумов у здоровых субъектов подразделялись на 3 вида и находились в пределах: низкие частоты – до 100-200 Гц, средние – 200-600 Гц и высокие частоты – более 600 Гц (рис. 1а).

Крепитирующие хрипы характеризовались частотой звуковой волны от 100 до 8000 Гц с доминантной частотой 650 Гц, отдельный феномен имел продолжительность 90-250 мс, кратность повторения хрипов при каждом последующем вдохе не имела сходства с предыдущим (рис. 1б).

Частота крупно-, средне- и мелкопузырчатых хрипов равномерно распределилась в диапазоне 80-6000 Гц с доминантной частотой 350 Гц, продолжительность звучания каждого феномена – до 100 мс, повторяемость была практически идентична (рис. 1в).

Сухие «басовые» хрипы характеризовались частотой до 200 Гц, однако большинство волн находились в диапазоне 80-150 Гц, длительность звучания соответствовала всему акту дыхания, но наибольшая интенсивность звука наблюдалась при вдохе (рис. 1г).

Особенностью сухих «свистящих» хрипов стали частотные характеристики в широком диапазоне – от 200 до 8000 Гц, чаще наблюдались звуковые волны в диапазонах 250-400 Гц и 2500 Гц, выявление хрипов происходило в основном на выдохе, длительность варьировала в широких пределах – от 1 до 5 с (рис. 1д).

Заключение

1. Метод автоматической классификации аускультативных феноменов на базе машинного обучения имеет высокие показатели чувствительности и специфичности; применим для раннего обнаружения и мониторинга (в том числе дистанционного) бронхолегочных заболеваний.

2. Визуализация звуковой волны позволяет объективизировать результаты аускультации, при традиционном обследовании во многом зависящие от субъективных факторов.

3. Физические характеристики аускультативных феноменов являются дифференциально-диагностическими признаками разных патологических процессов, АС способна самостоятельно анализировать полученные аускультативные данные и строить алгоритм дальнейшей оценки состояния пациента, особенно при нежелательном проведении рентгенологического обследования (беременные, дети и др.).

4. Возможность ревизии результатов исследования упростит проведение экспертной оценки процесса обследования пациента.

Список литературы

1. Almeida, A. B. Crackling sound generation during the formation of liquid bridges: A lattice gas model / A. B. Almeida, S. V. Buldyrev, A. M. Alencar // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2013. – Vol. 392, iss. 16. – P. 3409-3416. – doi: 10.1016/j.physa.2013.03.038
2. Auscultation of the respiratory system / M. Sarkar [et al.] // *Ann. Thorac. Med.* – 2015. – Vol. 10, iss. 3. – P. 158-168. – doi: 10.4103/1817-1737.160831.
3. Ida, J. B. Pediatric stridor / J. B. Ida, D. M. Thompson // *Otolaryngol. Clin. N. Am.* – 2014. – Vol. 47, iss. 5. – P. 795819. – doi: 10.1016/j.otc.2014.06.005.
4. Аускультация легких – современная номенклатура дыхательных шумов / А. В. Катилов [и др.] // *Дитячий лікар*. – 2016. – № 5. – С. 5-13.
5. A case of Hamman's Sign: Value of auscultation / A. Patel [et al.] // *Cardio Vasc. Syst.* – 2014. – Vol. 2. – P. 4. – doi: 10.7243/2052-4358-2-4.
6. Интрапульмональная электронная аускультация у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких и бронхиальной астмой: первые результаты и перспективы / Ю. В. Петров [и др.] // *МедиАль*. – 2017. – № 1 (19). – С. 37.
7. Analysis of respiratory sounds: State of the art / S. Reichert [et al.] // *Clin. Med. Circ. Respirat. Pulm. Med.* – 2008. – Vol. 2. – P. 45-58. – doi: 10.4137/ccrpm.s530.
8. Anterior crackles: A neglected sign? / M. Sud [et al.] // *Can. J. Cardiol.* – 2013. – Vol. 29, iss. 9. – P. 1138.e1-1138.e2. – doi: 10.1016/j.cjca.2012.11.014.

УДК 577.345 (075.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Л.В. КУХАРЕНКО, М.В. ГОЛЬЦЕВ, О.Н. БЕЛАЯ

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Аннотация. С помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Nanoscope (R) IIIa исследовалось изменение морфологии поверхности интактных тромбоцитов и их взаимодействие с лейкоцитами после добавления пероксида водорода в обогащенную тромбоцитами плазму. При воздействии пероксида водорода наблюдалась типичная последовательность изменений формы интактного тромбоцита – от дискоцита к активированным клеткам – дискоэхиноциту, далее к сфероциту и сфероэхиноциту. Использование атомно-силовой микроскопии позволило визуализировать изменение морфологии поверхности, как тромбоцитов, так и лейкоцитов, а также процесс формирования тромбоцитарных агрегатов и их взаимодействие с лейкоцитами. АСМ-исследования проясняют некоторые аспекты сложных процессов тромбообразования, включая идентификацию поверхностных лигандов и рецепторов, участвующих в тромбообразовании. Показано, что на основе АСМ можно не только разработать клиническую методику оценки морфофункциональной активности тромбоцитов, основанную на морфометрии большого числа одновременно визуализируемых клеток, но и исследовать взаимодействие кровяных пластинок с клетками крови в процессе образования тромба.

Ключевые слова: атомно-силовая микроскопия; обогащенная тромбоцитами плазма; тромбоциты; дискоцит; сфероцит; сфероэхиноцит; лейкоциты; P-селектин.

STUDY OF THE HEMOCYTES INTERACTION BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY

LYUDMILA.V. KUKHARENKO, MIHAIL.V. GOLTSEV, OLGA. N. BELAYA

Belarussian State Medical University, Minsk, Belarus

Abstract. The platelet surface morphology change and platelet interaction with leukocytes after hydrogen peroxide addition to platelet-rich plasma was investigated by atomic force microscope (AFM) Nanoscope (R) IIIa. When exposed to hydrogen peroxide, a typical sequence of surface morphology changes of an intact platelet was observed - from discocyte to activated cells - discoechinocyte, then to spherocyte and spheroechinocyte. The use of atomic force microscopy made it possible to visualize surface morphology changes of both platelets and leukocytes, as well as the formation of platelet aggregates and their interaction with leukocytes. AFM studies elucidate some aspects of the complex processes of thrombosis, including the identification of surface ligands and receptors involved in thrombosis. It has been shown that, based on AFM, it is possible not only to develop a clinical method for assessing the morphofunctional activity of platelets based on the morphometry of a large number of simultaneously visualized cells, but also to study the interaction of platelets with blood cells in the process of thrombus formation.

Keywords: atomic force microscopy, platelet-rich plasma; platelets, discocyte; spherocyte; spheroechinocyte; leukocytes; P-selectin.

Введение

Современным перспективным методом определения структурной модификации поверхности активированных тромбоцитов на клеточном и макромолекулярном уровнях в условиях максимально приближенных к нативным является атомно- силовая микроскопия (АСМ). Именно методы атомно-силовой микроскопии находят в настоящее время все более широкое применение в изучении поверхностной морфологии клеток [1]. Несмотря на успехи в изучении механизмов активации тромбоцитов, многие вопросы, касающиеся изменения

морфологии поверхности активированных тромбоцитов, а также их взаимодействие с лейкоцитами остаются не известными. Поэтому использование АСМ в исследовании морфофункционального состояния тромбоцитов при их адгезии, агрегации, а так же процессов их взаимодействия с лейкоцитами не утрачивает своей актуальности.

Методика проведения эксперимента

Для проведения АСМ-исследований тромбоцитов была разработана методика их фиксации для изучения морфологии интактных и активированных кровяных пластинок. Слюда использовалась в качестве подложки для АСМ исследований тромбоцитов. Забор крови из локтевой вены проводился максимально быстро, благодаря чему исследуемые морфологические признаки тромбоцитов соответствовали их функциональному состоянию в кровотоке. Далее 2 мл крови фиксировали в 4 мл 0,125% глутаральдегида. Фиксированную кровь сразу же центрифугировали 15 мин при 1000 об/мин для получения обогащенной тромбоцитами плазмы (ОТП). Супернатант разводили раствором 0,125% глутаральдегида в два раза. По одному кусочку свежесколотой слюды помещали на дно микроробирок, в которые добавляли 400 мкл клеточной суспензии. Через 20 мин образцы промывали фосфатным буфером (0,2 М $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$) 5 раз, а затем дегидратировали клетки последовательно помещая подложки с тромбоцитами на 5 мин в водные растворы этанола концентрации 30, 50, 70, 96% и высушивали на воздухе.

Исследование топографии поверхности тромбоцитов осуществлялось с помощью АСМ Nanoscope (R) IIIa в режиме прерывистого контакта на воздухе с использованием стандартных кремниевых кантилеверов ($k=29\text{-}57\text{Н/м}$, Nanosensors GmbH).

Результаты и их обсуждение

В сосудистом русле при отсутствии патологических активирующих факторов подавляющее большинство тромбоцитов интактно, имеют характерную дискоидную форму и практически гладкую поверхность. Анализ полученных АСМ-изображений интактных тромбоцитов показал, что тромбоциты, циркулирующие в кровотоке при отсутствии активирующих факторов, были интактно и имели дискоидную или овальную формы. Диаметр интактных тромбоцитов в среднем составлял 2,5 – 3 мкм, а высота – 150 - 300 нм.

При воздействии факторов активации происходит изменение формы тромбоцитов, отражающее процессы их внутренней ультраструктурной и биохимической перестройки. При этом развивается типичная последовательность изменений: от формы интактного тромбоцита – дискоцита к активированным клеткам – дискоэхиноциту, то есть дискоциту, у которого на поверхности появляются филоподии, далее к сфероциту, имеющего форму шара, и сфероэхиноциту, у которого не только форма становится сферичной, но и возрастает число филоподий. В данной работе активация тромбоцитов осуществлялась добавлением H_2O_2 (10^{-5} М) в обогащенную тромбоцитами плазму.

Известно, что взаимодействие тромбоцитов с клетками крови осуществляется посредством адгезивных молекул Р-селектина, которые экспонируются активированными тромбоцитами. Добавление пероксида водорода в обогащенную тромбоцитами плазму инициировало экспрессию молекул Р-селектина на мембране тромбоцитов путем перемещения их из внутриклеточного депо в α -гранулах. Образование агрегатов, состоящих из тромбоцитов и лейкоцитов, осуществлялось через взаимодействие молекул Р-селектина на мембране тромбоцитов со специфическим Р-селектин-гликопротеиновым лигандом-1 (PSGL-1), находящимся на поверхности лейкоцитов (нейтрофильных гранулоцитов и моноцитов). Активация тромбоцитов так же сопровождается высвобождением фибриногена и адгезивных молекул ICAM-2, которые являются лигандом для β_2 - интегринов CD11b/CD18, CD11a/CD18. Более того, лейкоциты могут напрямую взаимодействовать с фактором Виллебранда через PSGL-1, тем самым усиливая адгезию к тромбоцитам.

На рис.1 показано АСМ-изображение активированных (10^{-5} М H_2O_2) тромбоцитов, взаимодействующих с лейкоцитом.

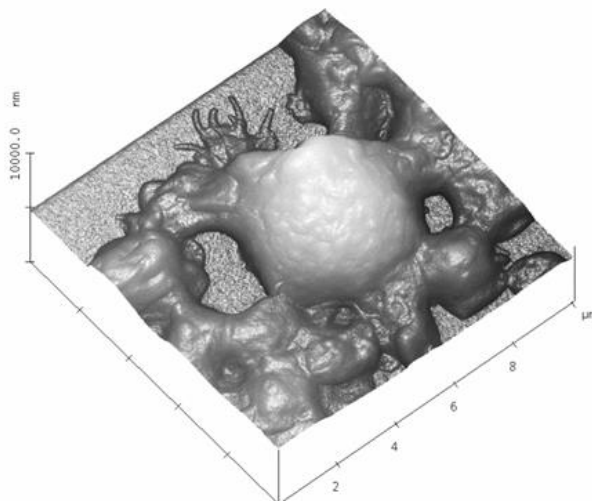


Рис. 1. АСМ-изображение активированных тромбоцитов, взаимодействующих с лейкоцитом

Визуализировано изменение морфологии поверхности, как тромбоцитов, так и лейкоцита. Активированные тромбоциты из дисковидной формы превращаются в сферические с многочисленными короткими выпячиваниями мембраны и агрегируют. Визуализировано образование длинных узких филоподий тромбоцитов. Ширина филоподий составляет от 30 нм до 290 нм. Высота активированных тромбоцитов изменялась от 480 нм до 760 нм. Данные АСМ-изображения так же показывают процесс образования микровилей у лейкоцита.

Заключение

АСМ-исследования могут прояснить некоторые аспекты сложных процессов тромбообразования, включая идентификацию поверхностных лигандов и рецепторов, участвующих в тромбообразовании. Более того, на основе АСМ можно не только разработать клиническую методику оценки морфофункциональной активности тромбоцитов, основанную на морфометрии большого числа одновременно визуализируемых клеток, но и исследовать взаимодействие кровяных пластинок с клетками крови в процессе образования тромба.

Список литературы

1. Dufrene, Y.F., Ando, T., Garcia, R., Alsteens, D., Martinez-Martin, D., Engel, A., Gerber, Ch., Müller, D. J. Imaging modes of atomic force microscopy for application in molecular and cell biology / Y.F. Dufrene, T. Ando, R. Garcia, D. Alsteens, D. Martinez-Martin, A. Engel, Ch. Gerber, D. J. Müller // Nature Nanotechnology. 2017. – Vol.12, – P. 295–307.

УДК 612.117.5

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ САТУРАЦИИ КИСЛОРОДА В КРОВИ С ПОМОЩЬЮ УМНЫХ ЧАСОВ

Ш.Ф. РАДЖАБОВ, С.К. ДИК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Рассматривается принцип работы портативного пульсоксиметра, а также два варианта его исполнения. Сравниваются результаты измерения содержания кислорода в крови, полученные с помощью умных часов таких производителей, как Apple, Samsung, Honor при различных состояниях пользователя.

Ключевые слова: гемоглобин, сатурация, инфракрасный свет, пульсоксиметр, умные часы.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF BLOOD OXYGEN SATURATION MEASUREMENTS USING SMART WATCHES

SHANRAM F. RAJABOV, SERGEY K. DIK

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The principle of operation of a portable pulse oximeter is considered, as well as two variants of its execution. The results of measuring the oxygen content in the blood, obtained using smart watches from manufacturers such as Apple, Samsung, Honor, under various user conditions are compared.

Keywords: hemoglobin, saturation, infrared light, pulse oximeter, smart watch.

Введение

Измерение кислорода в легких и в кровеносной системе дает возможность оценить состояние больного и при необходимости госпитализировать его. Это особенно актуально при поражении в результате COVID-19. Если у человека, который подозревает у себя это заболевание, есть соответствующее устройство, он может анализировать состояние в домашних условиях. Посредством этого приспособления делают анализ, который дает представление о текущем состоянии легких, кровеносной системы пациента. Если уровень кислорода находится на низком уровне, это говорит о *гипоксемии* – состояние требует неотложной медицинской помощи. Следует нормализовать уровень кислорода в легких и крови, в противном случае возможны осложнения вплоть до летального исхода.

Однако, не стоит полностью полагаться на *сатурацию* (показатель уровня насыщенности крови кислородом, %) и игнорировать другие методики определения заболевания, так как на него могут влиять следующие факторы: чувствительность устройства, цвет кожных покровов больного, тип освещения [1]. В норме у здорового человека отображаются показатели 95-98% [2].

Методика определения сатурации называется *пульсоксиметрия*, соответственно *пульсоксиметр* – это прибор с помощью которого можно получить данные об уровне насыщения крови кислородом [3].

Методика проведения эксперимента

Как уже говорилось, уровень сатурации измеряется пульсоксиметром, но оказывается эти приборы в медицинских учреждениях и датчики SpO₂ на фитнес-

браслетах и умных часах работают по одному и тому же принципу. Но небольшая разница, заключается в расположении датчиков. В классическом пульсоксиметре, светодиоды находятся с одной стороны, а фотодиод — с противоположной. Светодиоды излучают свет, который проходит сквозь палец и попадает на фотодиод, размещенный с обратной стороны (рис. 1).

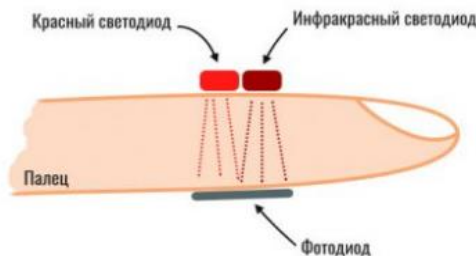


Рис. 1. Классическая вариация измерения сатурации пульсоксиметром

Обычно такие пульсоксиметры надеваются на палец или мочку уха. То есть, на ту часть тела, которую можно легко просветить. Соответственно, для фитнес-трекеров и смарт-часов такой вариант не подходит, так как просветить запястье не получится. В этом случае фотодиод размещается рядом со светодиодами и уже анализируется отраженный свет (рис. 2).

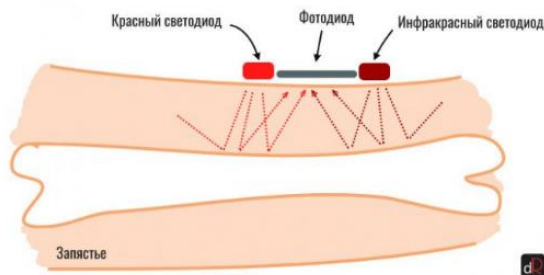


Рис. 2. Вариация измерения сатурации пульсоксиметром с помощью отраженного света

Во всем остальном — никакой разницы. Везде используется один и тот же принцип, только в медицинских приборах анализируется свет, пропущенный через ткани, а в трекерах — отраженный от тканей или костей.

Наличие только двух светодиодов и именно этих типов объясняется тем фактом, что оксигемоглобин (тот, что с кислородом) и дезоксигемоглобин (тот, что без кислорода) по-разному поглощают световые волны разной длины (рис. 3).



Рис. 3. График поглощения электромагнитных волн двумя типами гемоглобина

Из графика хорошо видно: оксигемоглобин поглощает больше инфракрасного света, чем красного, а дезоксигемоглобин, наоборот, гораздо лучше поглощает красный, чем инфракрасный свет. Получается, чтобы определить уровень насыщения крови кислородом, нужно узнать, сколько инфракрасного и красного света было поглощено гемоглобином.

Упрощенная модель выглядит так: светодиоды загораются на несколько миллисекунд, свет проходит через ткани и артерии, отражается (в основном от кости) и возвращается на фотодиод. Затем устройство сравнивает количество света, излученного светодиодами с количеством отраженного света, и определяет степень поглощения в спектрах.

При реализации на практике проявилось много проблем. Например, далеко не весь свет будет поглощаться гемоглобином, пульсоксиметру нужно как-то понять, какая часть света будет рассеиваться внутри тканей нашего тела. Решается эта проблема калибровкой при производстве устройства, где создается специальный график, который используется в дальнейшем при измерениях браслетом либо часами. Строится он по данным уровня кислорода, измеряемому пульсоксиметром и специальным лабораторным оборудованием.

Другая проблема связана с антропометрическими особенностями людей. Одно дело проводить измерение на худощавом запястье, где артерии видны невооруженным глазом и совсем другое — на запястье человека, страдающего лишним весом. Чем толще кожа или жировая ткань, тем больше света будет поглощено внутри тканей и это не имеет никакого отношения к уровню кислорода в крови. Решение этой сложной проблемы оказалось довольно простым.

Во время измерения, все ткани, кроме артерий, будут поглощать свет одинаково. Дело в том, что артериальная кровь постоянно пульсирует и это будет влиять на количество поглощенного света [5]. Ведь, чем больше крови в артерии, тем больше материала, поглощающего свет. Получается, при измерении датчик будет постоянно видеть периодические «изменения SpO₂», причем меняться значения будут в зависимости от пульса.

Соответственно, показания будут состоять из двух наборов данных: той части, что остается неизменной, и той, что меняется в такт пульса. Вот второй «пульсирующий» набор данных и сообщает о сатурации крови кислородом (рис. 4). Если по какой-то причине браслет не сможет поймать такт, то есть, точно определить пульс, он не сможет и точно определить SpO₂ (уровень кислорода в крови).

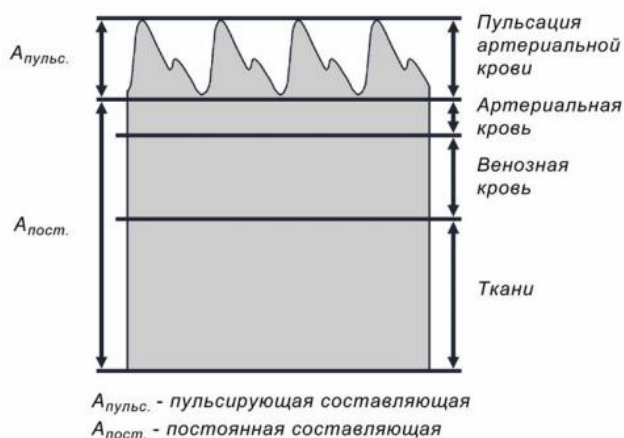


Рис. 4. Распределение абсорбции света в тканях

Кроме того, нужно учитывать следующее: любые движения создают серьезные помехи в сигнале. Поэтому более достоверные результаты получаются, когда пользователь находится в состоянии покоя.

Согласно исследованиям [7], показания прибора для измерения кислорода на запястье являются менее достоверными, так как область исследования тут ограничена, и на их точность существенно влияют такие факторы, как освещенность, давление, а также правильность расположения на запястье.

В исследовании [8] были взяты часы трех производителей — Apple Watch шестого поколения, Samsung Galaxy Watch 3 и Honor Watch ES. Их параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика умных часов

Параметр	Apple Watch Series 6	Samsung Galaxy Watch 3	Honor Watch ES
Экран	Прямоугольный, плоский, AMOLED, 1,57", 324×394 (325 ppi)	Круглый, плоский Super AMOLED, Ø1,4", 360×360	Прямоугольный, плоский, AMOLED, диаметр 1,64", 456×280 (326 ppi)
Материал	Нержавеющая сталь, титан, керамика, переработанный алюминий	Нержавеющая Сталь, Пластик	Пластик
Датчики	Барометрический высотомер постоянного действия, акселерометр нового поколения, гироскоп нового поколения, электрический датчик сердечной активности, оптический датчик сердечного ритма, датчик внешней освещенности, пульсоксиметр (SpO2)	Барометр, акселерометр, гироскоп, датчик сердечной активности, датчик измерения ЭКГ, датчик внешней освещенности, шагомер, измерение насыщенности крови кислородом, компас, глубиномер	Акселерометр, гироскоп, датчик освещенности, шагомер, пульсометр, измерение насыщенности крови кислородом
CPU	Apple S6, 2 ядра	Exynos 9110 (2 ядра @1,15 ГГц)	Huawei Kirin A1
Габариты (мм)	40×34×10,7	45×46,2×11,1	46×30×10,7
Аккумулятор (мАч)	Li-Ion, 303,8	Li-Ion, 340	Li-Ion, 180
Масса (г)	48	53,8	34
Емкость встроенного накопителя, ГБ	32	8	4
Стоимость, бел. руб.	1200	850	600

Для измерения кислорода в Apple Watch шестого поколения предназначено отдельное приложение, а результаты заносятся в приложение «Здоровье» (рис. 5).



Рис. 5. Результаты измерения сатурации часами фирмы Apple

Перед началом измерения необходимо ознакомиться с процессом измерения кислорода в крови с помощью часов Apple Watch: место расположения часов на запястье и степень прижатия датчиков часов к кожному покрову. Часы измеряют сатурацию в течение 15 секунд, график при этом не выводится. Если при этом сдвинуть руку, измерение будет признано неудачным, а его результаты не зафиксируются в часах. После окончания замера показывается только насыщенность крови кислородом, но не пульс. Если провести подряд несколько измерений, показатели меняются в пределах двух процентов. Нехватку кислорода из-за задержки дыхания Apple Watch никак не отразили, а вот учащенное дыхание после физических упражнений отразилось на измерениях — уровень кислорода в крови достиг 100%.

Перед началом измерения часы Samsung Galaxy Watch 3 дадут вам довольно подробную инструкцию о том, где расположить часы (лучше — ближе к сердцу), как подготовиться к измерению, а также напомнят о нормальном диапазоне насыщенности кислородом и влиянии таких факторов, как физические упражнения, высота над уровнем моря и состояние здоровья.

Samsung Galaxy Watch 3 измеряют уровень кислорода в крови, а также пульс, в течение 15 секунд, если сидеть неподвижно, и в течение 40 секунд — если зафиксировано движение (рис. 6). Во время измерения строится график — голубая линия, но является ли он отражением сердцебиения во время замера, и о чем говорит — непонятно. К полученным результатам можно добавить метку о самочувствии, также данные о последнем измерении будут показываться рядом со значком-капелькой в приложении Samsung Health.



Рис. 6. Результаты измерения сатурации часами фирмы Samsung

Результаты трех проведенных подряд измерений со спокойным дыханием отличались на 1-2%. Задержка дыхания никакого влияния на результат не оказала, интенсивная кардионагрузка и сбитое дыхания на данные также никак не повлияли.

Перед началом измерения в умных часах Honor дается лаконичный совет не двигаться и повернуть часы циферблатом к себе, после чего дается 3 секунды на подготовку.

Honor Watch ES измеряют одновременно кислород и пульс. Если сидеть неподвижно, все займет секунд 15-20, если двигаться — 45 секунд. На экране при этом демонстрируется кружок, который медленно заполняется красной жидкостью (рис. 7). Если движений было слишком много, после этого часы напомнят о необходимости не двигаться и предложат повторить.

После измерения выводятся данные об уровне кислорода и пульсе, причем если остаешься в том же меню, то показатели некоторое время меняются. Например, во время первого измерения итоговый результат сначала упал со 100% до 97%, затем поднялся до 99% и на этом зафиксировался. Второе контрольное измерение показало падение с 95 до 93% и обратное повышение до 94%.



Рис. 7 Результаты измерения сатурации часами фирмы Honor

На задержку дыхания, так же, как и на его учащение датчики Honor Watch ES не отреагировали, показав результат в 98% в обоих случаях.

Результаты и их обсуждение

Производители умных часов постоянно подчеркивают, что их изделия не являются медицинскими приборами. Точность измерения уровня кислорода в крови умными часами вызывает вопросы и вряд ли в ближайшем будущем будет восприниматься врачами как значимый фактор при диагностике.

Все рассмотренные устройства обладают довольно высокой погрешностью около 2-3 %. У часов фирмы Samsung не изменяется значение сатурации после физических активностей или задержки дыхания. У умных часов Honor значение уровня кислорода в крови плавает при нахождении в меню. Apple Watch из трех рассмотренных часов имеют лучшие технические характеристики и результаты измерений сатурации, также в них выводятся инструкции и напоминания. А также они реагируют на физ. нагрузки, поэтому часы Apple лучшие из данной выборки, хотя даже их результаты имеют высокую погрешность.

Заключение

Несмотря на погрешности измерения, на бытовом уровне умные часы вполне могут быть полезны. Например, умные часы могут отследить и зафиксировать такую опасную штуку, как апноэ во сне (паузы в дыхании вплоть до нескольких минут).

Кроме того, я бы предложил рассмотреть возможность на время измерения сатурации часы смещать на внутреннюю часть запястья. Связано это с большим количеством артерий и вен, а также лучшим их расположением для исследования. Например, существует методика определения пульса по лучевой артерии без каких-либо приспособлений, просто нажатием пальца по ней. Возможно, располагая часы чувствительной частью над этой артерией можно добиться лучших результатов, но возникает вопрос с точным расположением часов. Это одно из направлений для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Сатурация кислорода в крови при коронавирусе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://el-klinika.ru/saturacziya-kisloroda-v-krovi-pri-koronaviruse/?ysclid=I9okc3znwu592734442>. – Дата доступа: 25.10.2022.
2. Как работает пульсоксиметр? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medteh-murm.ru/blog/kak_rabotaet_pulsoksimetr/?ysclid=I9ojp91lqe218650551. – Дата доступа: 25.10.2022.
3. Пульсоксиметр: зачем нужен и как правильно пользоваться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ayazdorov.ru/info/articles/pulsoksimetr_zachem_nuzhen_i_kak_pravilno_polzovatsya/?ysclid=I9ojoyeos5914794734. – Дата доступа: 20.10.2022.
4. Как работает пульсоксиметр на часах и фитнес-браслетах с функцией измерения SpO2
5. Пульсоксиметрия: физические принципы и применение в медицине. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medphys.phys.msu.ru/pract/pulsoximetria.pdf>. – Дата доступа: 22.10.2022.
6. Пульсоксиметр: зачем нужен и как правильно пользоваться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ayazdorov.ru/info/articles/pulsoksimetr_zachem_nuzhen_i_kak_pravilno_polzovatsya/?ysclid=I9ojoyeos5914794734. – Дата доступа: 20.10.2022.
7. Reflectance pulse oximetry: Practical issues and limitations [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959516301205>. – Дата доступа: 25.10.2022.
8. Измерение кислорода в крови умными часами: как это работает и можно ли доверять результатам [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.dgl.ru/technique/smart-watch/izmerenie-kisloroda-v-krovi-umnymi-chasami-kak-eto-rabotaet-i-mojno-li-doveryat-rezultatam_18425.html?ysclid=I9ojoteo30311580832. – Дата доступа: 22.02.2022.

УДК 004.03

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ САНАТОРИЯ

Л.Г. КАРПИШЕВИЧ¹, В.А. ПОНОМАРЕВ², М.А. КЛИМОВИЧ²,
А.Б. НАЗАРЕНКО³, Т.М. ПОТЯГОВА³

¹ Санаторий «Радон» (г. Минск, Республика Беларусь)
² ОАО «Белагроздравница» (г. Минск, Республика Беларусь)
³ ООО «ГБСофт» (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. В работе представлена интегрированная информационная система комплексного решения для автоматизации санатория.

Ключевые слова: информационные системы, автоматизация, санаторий.

CHARACTERISTICS OF THE INTEGRATED INFORMATION SYSTEMS OF THE SANATORIUM

L.G. KARPISHEVICH¹, V.A. PONOMAREV², M.A. KLIMOVICH²,
A.B. NAZARENKO³, T.M. POTYAGOVA³

¹ Sanatorium «Radon» (Minsk, Republic of Belarus)
² JSC «Belagrozdravnitsa» (Minsk, Republic of Belarus)
³ LLC GBSOFT (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The paper presents an integrated information system of a comprehensive solution for the automation of a sanatorium.

Keywords: information systems, automation, sanatorium.

Введение

Все информационные системы интегрированы и представляют законченное комплексное решение для автоматизации санатория на программной платформе «1С: Предприятие 8». Одноплатформенность обеспечивает бесшовную интеграцию, что в свою очередь приводит к работе пользователей в едином информационном пространстве.

Данный состав АИС санатория проецируется и на остальные «взрослые» санатории ОАО «Белагроздравница»: «Поречье», «Сосновый бор», «Рассвет-Любань». Информационные системы «детских» санаториев «Случь», «Солнышко», «Росинка» и «Налибокская пуца» представлены подсистемами АСБУ и АССП.

Автоматизированная система бухгалтерского учета (АСБУ)

Автоматизированная система бухгалтерского учета (АСБУ) создана в двух модификациях: АСБУ Центрального аппарата и АСБУ Санатория (филиала). Системы созданы на основе типовой конфигурации «1С: Предприятие 8. Бухгалтерия для Беларуси».

Отличительная специфика доработанной конфигурации:

1. Разработан механизм обмена информацией по реализации санаторно-курортных путевок между Центральным аппаратом и филиалами и отражением реализации в конфигурации.
2. Разработан механизм импорта информации по реализованным санаторно-курортным путевкам из веб-портального решения бронирования и реализации путевок.

3. Доработаны процедуры по отражению реализации санаторно-курортных путевок с разбивкой по периодам пребывания на счетах учета доходов.

4. Разработаны отчеты по реализации санаторно-курортных путевок в разрезе покупателей, периодов реализации, периодов пребывания.

5. Доработаны процедуры учета реализации платных медицинских услуг.

6. Разработан механизм переноса информации из программного комплекса «1С: Медицина. Диетическое питание»

7. Разработаны документы по расчету и отражению комиссионного вознаграждения комиссионерам.

8. Доработаны печатные формы документов.

Автоматизированная система санаторного питания (АССП) «1С:Диетпитание. Санаторий» является лучшим решением для санаторно-курортных учреждений по следующим причинам:

1. Автоматизированная система разработана на основе типовой конфигурации «1С: Медицина. Диетическое питание», которая является специализированным программным продуктом с ярко выраженной отраслевой (медицинской, диетологической) направленностью.

2. Программный продукт методологически выверен и соответствует всем требованиям Минздрава и СанПиН.

3. Локализация и доработка типовой конфигурации до «санаторной» специфики выполнена совместно со специалистами филиалов ОАО «Белагроздравница». Более чем 6-ти летний опыт эксплуатации созданных на основе типовой конфигурации информационных систем подтверждает правильность сделанного выбора.

Кратко охарактеризуем АССП санатория «Радон». В санатории в зимний период количество питающихся составляет до 600 человек. Санаторий «Радон» – это фактически два санатория в одном – Взрослое отделение и Детское отделение «Боровичок». Это три основные диеты – Б, Д и П, это несколько категорий питающихся, это дополнительные калькуляции (меню) – «дозаказы» и «доехавшие», возвратные калькуляции (меню). Важно то, что автоматизированная система позволяет реализовать работу с заказным меню. Ещё более важным моментом является возможность рассчитать фактическую пищевую ценность и химический состав рациона для каждого пациента персонально.

В санатории «Радон» в автоматизированной системе работают три диетсестры – две посменно работают на взрослом отделении санатория и одна на детском отделении; три кладовщика – в программе реализован полнофункциональный складской учет; три заведующих производством (две кухни), бухгалтер по учету продуктов и официанты.

Функциональность рабочих мест представлена следующим образом.

Диетсестры: разработка рационов (плановых, перспективных); контроль фактического рациона питания; расчет калькуляций и формирование требуемых отчетов и печатных форм документов для различных категорий пациентов и по различным диетам.

Бухгалтера: формирование бухгалтерской отчетности по учету продуктов; формирование проводок и передача в АСБУ (автоматизированная система бухгалтерского учета).

Официанты: автоматический подсчет количества порций блюд; формирование заборного листа на кухню; формирование отчетов по загрузке официантов.

Заведующие производством пищеблока: контроль документов по перемещению продуктов; контроль остатков продуктов на складах; оформление требуемой производственной отчетности.

Автоматизированная система планирования и учета «Гостиница» и «Медицина»

АСПУ «1С: Гостиница. Санаторий» - автоматизированная система планирования и учета гостиничных услуг (услуг размещения и проживания), созданная на основе программного комплекса управления санаторием «Кинт: Управление Санаторием. Модуль «Гостиница» (программная платформа 1С:Предприятие).

АСПУ «1С: Медицина. Санаторий» – автоматизированная система планирования и учета медицинских услуг, созданная на основе программного комплекса «Кинт: Управление Санаторием. Модуль «Медицина» (программная платформа 1С:Предприятие). Модуль «Медицина» интегрирован с мобильным приложением

«Медсестра», которое устанавливается на планшет медсестры и позволяет отмечать факт прохождения процедур пациентов «одной кнопкой».

Модули «Медицина» и «Гостиница» являются составляющими единого программного комплекса «КИНТ: Управление санаторием». Основные аргументы, обосновывающие данный выбор: Программное решение реализовано на платформе 1С, а среди аналогичных разработок на данной платформе, разработка компании КИНТ выглядит наиболее конкурентоспособным по совокупности характеристик – цена приобретения программного решения / функциональность / информационно-технологическая поддержка / стоимость лицензионной поддержки.

Специально для ОАО «Белагроздравница» выполнены следующие программные модули.

Программный модуль интеграции АСПУ «1С:Гостиница. Санаторий» с АИС «Гостиницы» (МВД РБ).

Как известно, по прибытию гостя в санаторий администратор регистратуры обязан указать в автоматизированной системе регистрационные данные гостя. Если использовать ручной ввод паспортных данных, то на это требуется администратору около 2-ух минут. Обеспечена автоматическая загрузка требуемой информации из сканера паспортов. Данные паспорта в течение 3-5 секунд распознаются и переносятся в соответствующий электронный документ. Очевидное преимущество – экономится время, исключаются ошибки. В качестве сканера используется сканер марки «Regula» (<https://regulaforensics.com/ru/>).

Как известно, в соответствии со статьей 431 Закона Республики Беларусь «О правовом положении иностранных граждан и лиц без гражданства в Республике Беларусь» санаторно-курортные организации в течение трех часов обязаны представлять в орган внутренних дел информацию о временно пребывающих в Республике Беларусь иностранцах.

В данном случае процесс подготовки пакета данных по иностранным гостям и последующая отправка их по электронным каналам связи в МВД РБ осуществляется в автоматизированном режиме. Это экономит время и обеспечивает абсолютную достоверность информации.

Программный модуль интеграции АСПУ «1С:Медицина. Санаторий» с фискальным регистратором «Datecs FP-700».

В стандартной ситуации, пациент, получив от врача или медрегистратора на руки счет на оплату медицинской процедуры, направляется в кассу бухгалтерии. Возможна ситуация, когда в процессе поиска кассы бухгалтерии пациент передумал оплачивать и не вернулся к врачу (медрегистратору), что бы сообщить о своем решении. Такая ситуация крайне нежелательна, т.к. за пациентом зарезервирован сеанс. Минимизировать последствия от подобного рода поведения пациента можно, если процесс выписки счета и приема платежей поручить одному лицу, например, медрегистратору. Для этого необходимо к компьютерной системе подключить фискальный кассовый аппарат. С этой целью выполнена доработка системы – разработан программный модуль, который позволяет печатать кассовый чек непосредственно из системы. Т.е. создано рабочее место кассира «РМК «Кассир- КУС», которое обеспечивает полнофункциональный учет кассовых операций: прием/возврат денежных средств от пациента и печать чека оплаты за оказываемые услуги. Рабочее место кассира «Кассир-КУС» может быть организовано и у администратора регистратуры для приема различных платежей за оказанные услуги.

Программный модуль интеграции с ААС «Портал бронирования»

В настоящий момент вся работа по оформлению и выписке путевок (в том числе оформление заказов и бронирование мест гостиницы) осуществляется в ААС «Портал бронирования». В отдельных случаях оформить путевку можно в филиалах, но специалист отдела маркетинга обязан отразить факт продажи путевки в ААС «Портал бронирования». Для исключения двойного ввода информации в используемых системах реализована интеграция – автоматическая выгрузка требуемой информации с ААС «Портал бронирования».

Из ААС «Портал бронирования» осуществляется следующая выгрузка:

1. Бухгалтерия центрального аппарата осуществляет в АСБУ «1С: Бухгалтерия. Центральный аппарат ОАО «Белгроздравница» выгрузку информации по реализации путевок (клиенты, номер счета на оплату, номера путевок, номера накладных, суммы и даты по путевке).

2. Бухгалтерия филиала осуществляет аналогичную выгрузку реализации путевок в АСБУ «1С:Бухгалтерия. Санаторий».

3. Отдел маркетинга филиала осуществляет выгрузку информации для автоматического создания в АСПУ «Гостиница. Санаторий» документа «Карта гостя», на основании которого далее создается «Карта пациента».

4. Диетсестра (или иной специалист пищеблока) осуществляет выгрузку в АССП «1С:Медицина. Диетическое питание» информацию для рассадки гостей в зале приема пищи и персонафицированного заказа блюд.

Заключение

Для дальнейшего развития ИТ-инфраструктуры ОАО «Белгроздравница» потребуются дополнения по двум направлениям: модернизация и функциональное совершенствование, а также необходимость внесения изменений, обусловленных требованием законодательства. В Республике Беларусь будет создана централизованная информационная система (ЦИС) здравоохранения. Все организации, осуществляющие медицинскую деятельность, обязаны будут передавать в ЦИС сведения, содержащиеся в электронной медицинской карте пациента и других электронных медицинских документах. В связи с этим предстоит на уровне АИС «Белгроздравница» обеспечить формирование и ведение электронной медицинской карты с использованием электронной цифровой подписи и обеспечить информационный обмен с ЦИС.

УДК 616.98:578.834.1SARS-CoV-2-07-06:616.24-002-073.43

ЗНАЧЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ COVID-АССОЦИИРОВАННЫХ ПОРАЖЕНИЙ ЛЕГКИХ

Д.С. АЛЕКСЕЙЧИК¹, А.П. СИВАКОВ², С.Е. АЛЕКСЕЙЧИК¹

¹Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. По данным ретроспективного исследования 35 пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением коронавирусной инфекции, которым была проведена, компьютерная томография и ультразвуковое исследование легких. Выявлена высокая корреляционная связь между классом тяжести интерстициальной пневмонии по данным КТ и количеством выявленных точек по данным УЗИ легких.

Ключевые слова: УЗИ легких, КТ, коронавирусная инфекция.

EVALUATION OF INFORMATIVITY OF ULTRASOUND EXAMINATION IN THE DIAGNOSIS OF COVID-ASSOCIATED LUNG DAMAGES

D.S. ALIAKSEICHYK¹, A.P. SIVAKOV², S.E. ALIAKSEICHYK¹

¹Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. According to a retrospective study of 35 patients with moderate to severe coronavirus infection, who underwent both computed tomography and lung ultrasound. A high correlation was found between the severity class of interstitial pneumonia according to CT data and the number of identified points according to lung ultrasound data.

Keywords: lung ultrasound, CT, coronavirus infection.

Введение

Компьютерная томография считается «золотым стандартом» для выявления пневмонии и других легочных поражений у взрослых, однако не может быть использована в качестве первичного метода визуальной инструментальной диагностики у пациентов (как взрослого, так и детского контингента) с подозрением на пневмонию в связи с высокой дозой облучения [1]. В палатах интенсивной терапии и реанимационных отделениях компьютерная томография не выполняется, а транспортировка больных в кабинет компьютерной томографии не всегда возможна. Ультразвуковое исследование с учетом безопасности лучевой нагрузки и широкой доступности метода может занять надлежащее место в стандартном алгоритме лучевой диагностики у больных воспалительными заболеваниями легких, однако результаты ультразвукового исследования патологии легких требуют более широкого изучения и определенных доработок в ультразвуковой семиотике воспалительных изменений в легких, в том числе при COVID-19 [2, 3].

Методика проведения эксперимента

Проведено ретроспективное исследование в период сентябрь 2021 - январь 2022 года на базе УЗ «10-я городская клиническая больница» г. Минска. В исследование были включены 35 пациентов с covid-ассоцированным поражением легких. Всем пациентам проводились компьютерная томография и ультразвуковое исследование легких. В зависимости от течения заболевания пациенты были разделены на 2 группы: в первую вошли 17 пациентов со среднетяжелым течением, во вторую – 18 пациентов с тяжелым течением (табл. 1).

Таблица 1. Общая характеристика пациентов

Параметры	Среднетяжёлое течение (n=17)	Тяжёлое течение (n=18)	Достоверность различий, p
Пол Муж: % [n]	17,6% [3,0]	44,4% [8,0]	p=0,088
Возраст(лет): Ме [25%-75%]	41,5[35,3-51,8]	52,0 [43,8-62,0]	p>0,05
АГ: I, (% [n]) II, (% [n]) III, (% [n])	0,0% [0,0] 5,9% [1] 0,0% [0]	16,7% [3,0] 16,7% [3,0] 5,6% [1,0]	p>0,05
ИБС (всего): АКС, (% [n]) Стенокардия - ФК 1, (% [n]) - ФК 2, (% [n]) - ФК 3, (% [n]) - ФК 4, (% [n]) Нарушение ритма, (% [n])	23,6% [4] 5,9% [1] 0,0% [0] 5,9% [1] 0,0% [0] 0,0% [0] 11,8% [2]	27,9% [5] 5,6% [1] 5,6% [1] 5,6% [1] 0,0% [0] 0,0% [0] 11,1% [2]	p>0,05

Выделенные группы пациентов были сопоставимы по возрасту, полу, сопутствующей патологии. Статистическая обработка данных проводилась на базе программы SPSS Statistics.

Результаты и их обсуждение

Клиническо-рентгенологическая характеристика пациентов представлена в табл. 2.

Таблица 2. Клиническо-рентгенологическая характеристика пациентов.

Параметры	Среднетяжёлое течение (n=17)	Тяжёлое течение (n=18)	Достоверность различий, p
Нарушение сознания, (% [n])	0,0% [0]	22,2% [4]	p<0,05
SpO ₂ %: - 95-100, (% [n]) - 94-90, (% [n]) - 89-75, (% [n]) - <75, (% [n])	11,8% [2] 76,5% [13] 11,8% [2] 0,0% [0]	0,0% [0] 0,0% [0] 83,3% [15] 16,7% [3]	p<0,05
Температура тела >39, (% [n]) 38-39, (% [n]) 37-37,9, (% [n]) <37, (% [n])	17,6% [3] 58,8% [10] 23,5% [4] 0,0% [0]	27,8% [5] 55,6% [10] 16,7% [3] 0,0% [0]	p>0,05
ЧД>30 в мин, (% [n])	29,4% [5]	61,1% [11]	p=0,06
% поражения лёгких по КТ - 0, КТ0 (% [n]) - 1-25, КТ1 (% [n]) - 26-49, КТ2 (% [n]) - 50-74, КТ3 (% [n]) - >75, КТ4 (% [n])	0,0% [0] 23,5% [4] 70,6% [12] 5,9% [1] 0,0% [0]	0,0% [0] 0,0% [0] 22,2% [4] 61,1% [11] 16,7% [3]	p<0,05

С помощью УЗИ проводилось сканирование 14 стандартных зон у каждого пациента с использованием меток на анатомических линиях грудной клетки (рис. 1).

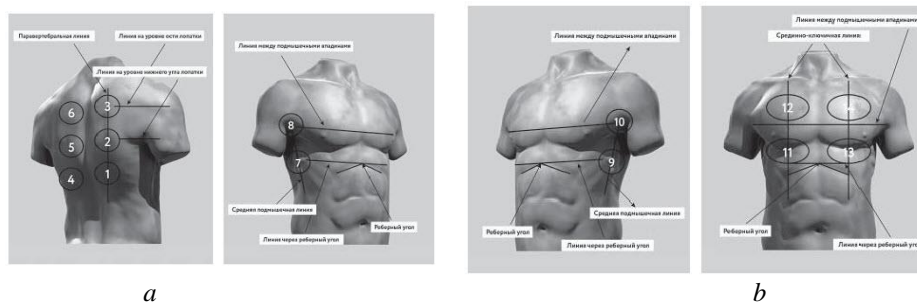


Рис. 1. Точки УЗ-сканирования на грудной клетке: *a* – задняя и правая боковая поверхности; *b* – передняя и левая боковая поверхности

Положительным считался результат при выявлении 3 и более В-линий в одном межреберье (рис.2).

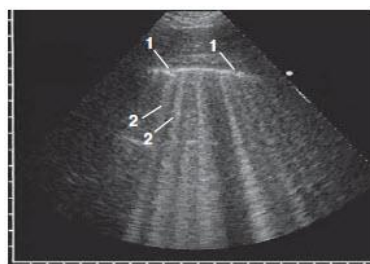


Рис. 2. УЗ-признаки интерстициальной пневмонии: 1-плевральная линия, 2-В-линии

В первой группе коэффициент корреляции между классом тяжести по КТ и выявлением по УЗИ составила 0,92, что соответствует высокой(0,7-0,9) связи параметров ($p < 0,05$). Существует статистически значимая корреляция высокой степени (коэффициент корреляции 0,88) между процентом выявленных положительных точек по УЗИ и процентом поражения легких по КТ ($p < 0,05$).

Во второй группе коэффициент корреляции между классом тяжести по КТ и выявлением по УЗИ составила 0,95, что соответствует высокой (0,7-0,9) связи параметров ($p < 0,05$). Существует статистически значимая корреляция высокой степени (коэффициент корреляции 0,92) между процентом выявленных положительных точек по УЗИ и процентом поражения легких по КТ ($p < 0,05$). УЗИ легких является высокоспецифичным методом обнаружения интерстициальных поражений легких, т.к. значение площади под кривой составило 0,97, то есть в 97% возможных случаев поражений УЗИ окажется информативным.

Заключение

1. Выявлена высокая прямая корреляционная связь между классом тяжести интерстициальной пневмонии при COVID-19 по данным КТ и количеством выявленных точек с интерстициальными изменениями по данным УЗИ легких.

2. Согласно данным ROC-анализа УЗИ легких является высокоспецифичным методом обнаружения интерстициальных поражений легких: в 97% случаев поражений УЗИ окажется информативным.

Список литературы

1. Giacomelli A, Pezzati L, Conti F. Self-Reported olfactory and taste disorders in patients with severe acute respiratory coronavirus 2 infection: a cross-sectional study // Clin Infect Dis. – 2020. - №71. – P. 889–890.
2. Guan W-J, Liang W-H, Zhao Y, W-j G, W-h L. Comorbidity and its impact on 1590 patients with COVID-19 in China: a nationwide analysis // Eur Respir J – 2020. - №55. P. 831–9.
3. Ruan Q, Yang K, Wang W. Clinical predictors of mortality due to COVID-19 based on an analysis of data of 150 patients from Wuhan, China // Intensive Care Med. - 2020. - №46. – P. 846–8.

УДК 615.8

НАСУЩНЫЕ ПРОБЛЕМЫ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ

А.Н. КАМИНСКИЙ

СКУП «Белпрофсоюзкурорт», (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. В статье изложена оценка побочного действия физических факторов в процессе санаторно-курортного лечения.

Ключевые слова: побочное действие, физические факторы, санаторное лечение.

CURRENT PROBLEMS OF SANATORIUM AND RESORT TREATMENT

A.N. KAMINSKY

Sanatorium and Resort Unitary Enterprise «Belprofsoyuzkurort» (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The article presents an assessment of the side effects of physical factors in the process of sanatorium treatment.

Keywords: side effect, physical factors, sanatorium treatment.

Введение

Санатории СКУП «Белпрофсоюзкурорт» (БПК) расположены в специально выбранных заповедных уголках республики, что позволяет максимально использовать исключительный природный курортно-рекреационный потенциал, включая преформированные природные факторы в оздоровлении и реабилитации. А именно: исключительное атмосферное воздействие крупных равнинных лесных массивов, природных водоемов, наличие собственных источников минеральных вод, использование местных лечебных грязей (сапропелей). В работе затронуты наиболее актуальные проблемы санаторного лечения.

Канцерогенный и коканцерогенный эффекты физиотерапии.

По данным Белорусского канцер-регистра за 2020г. прирост заболеваемости злокачественными новообразованиями за 10 лет 2010-2019г.г. составил 21,2%. За этот период прирост новых случаев заболеваемости раком щитовидной железы составил 21,1% в т.ч. за счет лиц, не подвергшихся прямому воздействию радиоактивного иода во время аварии на ЧАЭС.

В источниках литературы концептуально рассмотрены возможные онкогенные эффекты аппаратной физиотерапии:

- Магнитные поля. Если воздействие МП вызывает стресс рост опухоли стимулируется, а повреждающее действие негативных экзогенных факторов (химиотерапии, облучения) усиливается.

- Электромагнитные поля. Существует связь между ЭМП от электрических силовых установок и систем (даже высоковольтные линии, трансформаторы, видеооборудование, холодильники, СВЧ-печи, компьютеры и т.д.) и развитием лейкемии, лимфомы и рака головного мозга. Приведена ссылка на данные о высокой заболеваемости раком детей и взрослых, проживающих в домах, вблизи которых проходят высоковольтные ЛЭП.

- Тепловые лечебные средства (грязи, тепловые ванны, бани, сауны, токи высокой частоты в тепловых режимах). Температура в пределах 38-40 градусов стимулирует опухолевый рост. И именно к отмеченному режиму следует отнести тепловой эффект большинства тепловых физиотерапевтических факторов.

Не подлежит сомнению выраженное биостимулирующее действие лазерного излучения, не требует комментариев воздействие ультрафиолетового излучения.

Распространенность доброкачественных новообразований, рассматриваемых онкологами как предраковые, составляет в популяции практически 100%. Достаточно отметить, что частота случайных находок в виде кист и прочих доброкачественных образований при МРТ головного мозга достигает 70% от общего числа исследованных.

Многолетний практический опыт детального сбора анамнеза, объективного осмотра пациентов на первичном приеме санатория показывает, что вероятность наличия хотя бы одного доброкачественного новообразования близка к 100%, это: аденомы различной локализации, папилломы, гемангиомы, (плюс у женщин: фибромиомы, цервикальные дисплазии, эндометриоз, мастопатии и т.д.), липомы, невусы, практически эндемичные для белорусов узлы в щитовидной железе, кисты, полипы и т.д. Необходимо уделить внимание первичному врачебному осмотру пациента при поступлении в санаторно-курортную организацию, а именно: провести исследование сопроводительной медицинской документации; тщательный сбор анамнеза; физикальный осмотр пациента, включая доступные инструментальные методы.

Одним из таких доступных методов, отвечающим современным требованиям является дерматоскопия. При этом от врача (-терапевта, -общей практики) требуется лишь внимательное обследование кожных покровов, фиксация патологических либо сомнительных кожных элементов (невусов, пигментных пятен и проч.) и направление фотоматериалов на экспертизу врачу – специалисту (дерматовенеролог, онколог). Такой подход в полной мере отвечает концепции онкологической настороженности.

Собранная при этом информация (как чрезвычайно актуальная) должна фиксироваться в медицинской карте пациента. В свою очередь на этапах контроля качества медицинской помощи, соотнося частоту указания в графе - сопутствующий диагноз –стораживающих с онкологической точки зрения образований с частотой их встречаемости в популяции, можно с достаточной долей достоверности сделать вывод о качестве первичного врачебного осмотра, а следовательно и обоснованности назначенного санаторно-курортного лечения.

Опасности стимулирующего эффекта физиотерапии

Не вызывает сомнений, что любая электротерапия, тепловая терапия, большинство видов лучевой терапии, грязелечение являются экологическим стрессом. Помимо того, подавляющее большинство физиотерапевтических процедур, даже те же хвойные ванны имеют в качестве главного физиологического акцента именно тонизирующее, т.е. по существу стимулирующее воздействие. Вышеизложенное лишней раз возвращает нас к этапам восстановительного лечения и медицинской реабилитации, заложенным в 20-х годах прошлого века и которыми мы продолжаем пользоваться и сегодня.

1-й этап - **подготовительный**. Основные задачи 1-го этапа –исключение противопоказаний, подбор методик лечения, сбалансированной диеты и режима, функциональная подготовка больного к активному лечению и (или) проведению реабилитации, предупреждение развития осложнений основного заболевания. Это методы психотерапевтической коррекции с целью преодоления или смягчения нервно-психических нарушений, бальнеолечение, рациональная кинезитерапия, при необходимости - тракционная терапия, рефлексотерапия и медикаментозная коррекция, включая инфузионную терапию;

2-й этап – **реадаптация**. Задачи 2-го этапа - приспособление больного к условиям пребывания и оздоровления (в т.ч. с учетом сезонности), подбор интенсивности индивидуальной программы оздоровления с учетом реабилитационного потенциала пациента. Характеризуется наращиванием объема всех восстановительных мероприятий под контролем функциональных характеристик.

Следует оценить эффективность лечения последствий пандемии COVID-19, в частности – постковидного синдрома, выделяемого сегодня специалистами в отдельную нозологию. По данным российских авторов (А.Н. Разумов, Г.Н. Пономаренко, В.А. Бадтиев) выделены основные клинические синдромы у реконвалесцентов пневмоний, ассоциированных с коронавирусной инфекцией: дыхательная недостаточность, иммунная дисфункция,

астенический, тревожно-депрессивный синдромы. Отмеченное обстоятельство обуславливает соответствующий медицинский подход к санаторно-курортному лечению таких пациентов. При этом информация о возможностях терапии астенических расстройств еще до пандемии являлась одной из самых востребованных для населения (С.Л. Соловьева, 2014г.) И главным в той доказанной практической информации о коррекции астенических расстройств является то обстоятельство, что «стимулирующее лечение у пациента, организм которого не обладает необходимыми физиологическими ресурсами, может лишь ухудшить состояние» (В.И. Симаненков, 2008).

Именно поэтому концепция развития медицинской базы санаториев должна быть нацелена на диагностику и восстановление физиологического ресурса. Инновационным методом в диагностике физиологического ресурса явилось использование теста оценки нейтрализующей активности антител к SARS-COV – 2, повышение которой косвенно, но клинически значимо характеризует дефицит физиологического ресурса.

В свою очередь для развития медицинских услуг, восстанавливающих физиологический ресурс в марте текущего года в санатории «Криница» введено в эксплуатацию отделение гипербарической оксигенации. С учетом доказанной эффективности гипербарической оксигенации в реабилитации пациентов, перенесших COVID – 19 (Журнал: Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021 Е.А. Турова и др.), в частности – предотвращения развития/прогрессирования фиброза легочной ткани, обеспечения эвакуации мокроты из бронхолегочной системы, стабилизации психо-эмоционального состояния; а также лечения больных с невротическими, неврозоподобными, депрессивными состояниями и аффективными расстройствами (метод. указания А.А. Чуркина) методика заняла важнейшее место на первом этапе восстановительного лечения. Кроме того, антигипоксическая терапия хорошо насыщает кожу кислородом и как следствие способствует омоложению и восстановлению упругости кожи: замечено, что под воздействием кислорода быстрее обновляются клетки, активируется иммунная защита кожи.

В настоящее время ЗСКУП «Белпрофсоюзкурорт» совместно с Министерством здравоохранения Республики Беларусь завершают клинические испытания инновационной национальной разработки – оригинальной установки подводного вытяжения позвоночника конструкции А.А. Барташевича на базе одного из санаториев БПК - «Неман -72». После испытаний – в планах оснащение и санаториев Минской области.

В контексте с проблемой дефицита физиологического ресурса актуально подчеркнуть преимущество главного природного фактора - минеральных вод. При их использовании непосредственно у природного источника это практическое отсутствие противопоказаний и, как следствие, возможность их использования практически у 100% пациентов с первых этапов восстановительного лечения, а также их сочетаемость с другими процедурами, что позволяет формировать лечебные комплексы. Минеральная вода используется как питьевое лечение, ингаляции, местные орошения, ванны, в разведенном виде (как правило 1:3 с пресной водой) в бассейнах. В частности: в санаториях Минской области добывается питьевая лечебно-столовая хлоридно-сульфатная натриевая вода с минерализацией не ниже 1,0 г/дм, рН не ниже 7,5. Лечебный эффект на организм человека обусловлен не только 6 макрокомпонентами: ион натрия (Na⁺), кальция (Ca²⁺), магния (Mg²⁺), хлора (Cl⁻), сульфат-ион (SO₄²⁻), карбонат-ион (HCO₃⁻), но и клинически значимым психофизиологическим воздействием, механизм которого до настоящего времени является предметом научного поиска. Ближайшими аналогами такой минеральной воды сульфатно-хлоридные натриевые воды курортов «Солнечногорск» и «Солоники» Архангельской области, Дорохово Московской области. При заболеваниях органов пищеварения рассматриваемая минеральная вода нормализует двигательную и секреторную функции пищеварительного тракта, способствует удалению патологической слизи со слизистой оболочки желудка, дыхательных и мочевыводящих путей. Прием воды внутрь при сахарном диабете и болезнях печени приводит к нормализации кислотно-щелочного равновесия и улучшению обменных процессов в организме. Имеются научные данные, что прием нашей щелочной воды способствует выведению «*Helicobacter pylori*» из клеток эпителия, что предотвращает развитие язвенной болезни, а также ускоряет заживление уже имеющихся язвенных дефектов. Часть минеральной воды всасывается в кровь, благодаря чему изменяется химический состав жидкостей, усиливается образование биологически активных веществ,

активизируются и нормализуются функции органов и систем. При мочекаменной болезни тормозится образование солей мочевой кислоты, а также питьевое лечение способствует растворению уратов и оксалатов.

Хлоридно-натриевая минеральная вода из глубинных водоносных слоев, экологически чистая, при приеме внутрь способна повышать чувствительность тканей к инсулину, от нехватки которого страдает организм при сахарном диабете. Клетки начинают лучше «узнавать» инсулин, в результате чего снижается уровень глюкозы в крови, достигается эффект снижения веса. Прием минеральной воды показан в том числе и пациентам с нарушением толерантности к глюкозе, так как предотвращает развитие сахарного диабета.

Минеральная вода широко используется для лечения и профилактики заболеваний органов дыхания. При помощи ингаляций минеральной водой через небулайзер достигается противовоспалительный эффект при заболеваниях верхних дыхательных путей, улучшается дыхательная функция. Широко применяются методики внутриполостного орошения минеральной водой.

Заключение

Фиксация эффектов санаторно-курортного лечения, работа по минимизации побочных эффектов позволит принять наиболее верные решения на этапах выбора медицинского оснащения, оптимального дизайна построения лечебной базы с точки зрения обеспечения качества медицинской помощи.

Список литературы

1. Белорусский канцер-регистр. Статистика онкологических заболеваний в Республике Беларусь / А.Е. Океанов, П.И. Моисеев, Л.Ф. Левин, А.А. Евмененко, под ред. О.Г. Суконко — Минск: РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова, 2018. — 286 с.
2. Рак в Беларуси: цифры и факты. Анализ данных Белорусского канцер-регистра за 2010-2019 гг./ А.Е. Океанов [и др.]; под ред. С.Л. Полякова. — Минск: РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова, 2020. — 298 с.

УДК 615.838

ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ В САНАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

О.А. ГОРОХОВСКАЯ

Унитарное предприятие «Санаторий «Ченки» г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы физиотерапевтического лечения пациентов с артериальной гипертензией в санаторных условиях

Ключевые слова: физиотерапия, артериальная гипертензия, сердечно-сосудистые осложнения

PHYSIOTHERAPEUTIC TREATMENT OF PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION IN SANATORIUM CONDITIONS

O.A. GOROKHOVSKAYA

Unitary enterprise "Sanatorium" Chenki "Gomel, Republic of Belarus

Abstract. The paper deals with the issues of physiotherapeutic treatment of patients with arterial hypertension in sanatorium conditions.

Keywords: physiotherapy, arterial hypertension, cardiovascular complications

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) — синдром повышения систолического артериального давления (далее — САД) ≥ 140 мм рт. ст. и/или диастолического АД (далее — ДАД) ≥ 90 мм рт. ст. Артериальной гипертензией страдают до 20–30 % взрослого населения, в отношении данного заболевания применимо «правило «половин»: из каждых 2000 человек взрослого населения в городе АГ страдает около 800, при этом только у 400 из них АГ диагностирована, 200 пациентов принимают лекарственные препараты, но только 100 лечатся адекватно, и АД снижается до целевого уровня (140/90 мм рт. ст. и менее).

Артериальной гипертензией обусловлен риск осложнений, таких как острые сосудистые катастрофы в церебральном и коронарном бассейнах, сердечная недостаточность, хроническая почечная недостаточность. Кроме того, повышение артериального давления ассоциировано с развитием и прогрессированием атеросклероза, ишемической болезни сердца, хронических облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей, брахиоцефальных артерий. Артериальная гипертензия прямо или опосредованно является причиной временной или стойкой потерей трудоспособности, смертности, что определяет актуальность разработки новых методов, в том числе физиотерапевтических и программ санаторно-курортного лечения и оздоровления этой группы пациентов.

Основная часть

Цель лечения пациентов с артериальной гипертензией — максимальное снижение общего риска развития сердечно-сосудистых осложнений и летальных исходов от них, что достигается решением следующих задач.

Краткосрочные задачи (1–6 месяцев от начала лечения) состоят в снижении САД и ДАД на 10% и более от исходных показателей или достижении целевого уровня АД, предотвращении гипертонических кризов, улучшении качества жизни, модификации изменяемых факторов риска.

Промежуточные задачи (более 6 месяцев от начала лечения) заключаются в достижении целевого уровня АД, профилактике поражения органов-мишеней или регрессии имеющихся осложнений и устранении изменяемых факторов риска.

Долгосрочными задачами являются отсутствие прогрессирования поражения органов-мишеней, компенсация или обратное развитие уже имеющихся сердечно-сосудистых осложнений, стабильное поддержание АД на целевом уровне.

На каждом из указанных этапов воздействие преформированными и природными факторами оказывает значимое влияние на течение заболевания и результаты лечения пациентов с АГ. Роль упомянутых факторов в лечении данной патологии продолжает интенсивно изучаться, разрабатываются новые методы и технологии, что способствует повышению эффективности лечения и профилактики осложнений у этой категории пациентов. Их использование позволяет снижать потребность в фармакологических препаратах, что позволяет уменьшить их побочные действия и затраты на лечение.

Артериальная гипертензия различной степени доминирует у 60% пациентов, проходящих лечение в санатории «Чёнки», что за 2021 год составило 4167 человек. Повышенный уровень АД более чем у 50 % страдающих АГ не сопровождается какими-либо нарушениями самочувствия. Появление головной боли, головокружения, мелькания «мушек» перед глазами, склонность к сердцебиению, плохой сон, физическая слабость могут быть признаками заболевания и требуют контроля уровня АД. Проявлениями поражения сердца как органа-мишени при АГ являются боли в области сердца, при сердечной декомпенсации – одышка, отеки, боль в правом подреберье, при поражении центральной нервной системы – головная боль (часто по утрам), головокружение, ухудшение памяти, нарушение зрения, двигательные расстройства. Выраженная головная боль, появление двигательных расстройств, нарушение сознания характерны для гипертонических кризов. Поражение почек на ранних стадиях протекает латентно, но позже появляются полиурия, жажда и другие жалобы, обусловленные почечной недостаточностью. Поражение периферических артерий может проявляться мышечной слабостью, симптомами перемежающейся хромоты, трофическими нарушениями.

Физиотерапевтическое воздействие направлено на купирование цефалгии методами, усиливающими тормозные процессы в центральной нервной системе (ЦНС) – седативные методы, коррекцию АГ (гипотензивные методы), снижение активности симпат-адреналовой системы (вегетокорректирующие методы), уменьшение активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) и коррекции почечно-объемного механизма регуляции АД – РААС-модулирующие методы.

При правильном и своевременном использовании физиотерапевтических методик удастся уменьшить потребность в антигипертензивных препаратах и повысить их эффективность; благоприятно повлиять на имеющиеся факторы риска; осуществлять профилактику осложнений АГ и снизить риск их развития или прогрессирования.

Санаторий «Чёнки» располагает широким спектром лечебных и диагностических методов, что позволяет проводить санаторно-курортное лечение пациентов с АГ на современном уровне.

К ним относятся:

- йодобромные ванны – ионы йода и брома способны проникать через гематоэнцефалический барьер, усиливать тормозные процессы в ЦНС. Применяют воду с температурой 35—37°C, время процедуры составляет 10—15 мин через день, курс составляет 10–15 процедур.

- хвойные ванны усиливают тормозные процессы в коре головного мозга за счет воздействия паров летучих ароматических веществ на обонятельные рецепторы полости носа. Применяют воду с температурой 35—37°C с добавлением 50–70 г хвойного экстракта, время воздействия 12–15 мин ежедневно; курс 10–12 процедур

- минеральные ванны со слабо щелочной (рН7,5) минеральной водой высокой минерализации (М29,7г/дм³), основными компонентами которой являются (мг/экв%): Na (83,8), Ca (10,5), Mg (5,4), Cl (93,4) сульфаты (6,0), которая в разведении 1:1 используется в виде ванн 36-37°C со временем воздействия 12–15 мин ежедневно курсом 10–12 процедур.

Ключевое звено в первичном механизме действия минеральных ванн – специфическое влияние минеральных солей с образованием на поверхности кожи "солевого плаща", который является источником длительного раздражения ее рецепторного аппарата с последующим рефлекторным влиянием на весь организм и процессы терморегуляции. Хлоридные натриевые ванны при использовании у пациентов АГ оказывают гипотензивное действие, корректирующее влияние на системную и церебральную гемодинамику, улучшают вегетативную регуляцию сердечно-сосудистой системы, липидный обмен и морфофункциональное состояние микрососудов.

- суховоздушные углекислые ванны (СУВ).

Под действием CO_2 при непосредственном влиянии на структуры кожи происходит усиление кожного кровотока, увеличение возврата крови к сердцу, усиление сердечного выброса, увеличение доставки тканям кислорода. Такое изменение уровня функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) при приеме углекислых ванн происходит при урежении сердечного ритма, что является наиболее выгодным физиологическим механизмом тренировки сердца (удлинение диастолы) и характерно для действия указанных ванн в большей мере, чем других. Углекислые ванны оказывают на ЦНС «тонизирующее» действие, которое выражается в повышении умственной работоспособности, уменьшении проявлений астенизации и утомляемости. Кроме того, углекислый газ принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, в поддержании определенного, необходимого для жизни гомеостаза, в регуляции активности ферментов, обмена веществ, проницаемости клеточных мембран, обладает сосудорасширяющим действием. Использование СУВ, исключая нагрузку для ССС гидростатическое давление, но сохраняющих лечебное действие углекислого газа, является обоснованным и целесообразным при заболеваниях системы кровообращения. Они полностью сохраняют физиологическое воздействие CO_2 – ваготонический (урежение ЧСС, умеренное снижение АД) и сосудорасширяющий эффекты. Доказано влияние углекислых ванн на обменные процессы (снижение холестерина), электролитный баланс (увеличение натрийуреза и снижение натрия в эритроцитах при явлениях недостаточности кровообращения и АГ. Клинически это выражается повышением толерантности к физической нагрузке, облегчением приступов стенокардии.

- Скипидарные ванны с водой температурой 35–37°C, время воздействия 12–15 мин ежедневно; курс 10–12 процедур.

Механизм действия скипидарных ванн объясняется сочетанием влияния пресной воды и химического фактора - скипидара, который по своей природе относится к терпенам, оказывающим раздражающее действие на кожу, что усиливается тепловым воздействием самой водной процедуры. Раздражая рецепторы кожи, скипидарные ванны стимулируют симпатический отдел вегетативной нервной системы и активность антигенпрезентирующих клеток Лангерганса, а также тучных клеток, вследствие чего происходит выброс гистамина, который является одним из самых активных вазодилататоров. Указанные процессы оказывают сосудорасширяющий, катаболический, трофостимулирующий, нейромодулирующий, гипотензивный эффекты.

- электротерапия, воздействует на лимбико-ретикулярную систему, которая оказывает регулирующие эффекты в отношении сердечно-сосудистой системы, мобилизуя вагоинсулярный аппарат, что приводит к снижению АД, уменьшению ЧСС. Применяются импульсы низкой частоты 5-10 мА. Продолжительность процедуры 20 минут, курс 5 -10 процедур.

- электрофорез натрия брома и магния сульфата на воротниковую зону по Щербаку. В результате воздействия понижается возбудимость с усилением торможения в структурах головного мозга опосредованно, за счет уменьшения активирующей афферентной импульсации. Препараты усиливают седативное действие постоянного тока. Процедуру проводят при силе тока 6 мА в течение 6 мин, в дальнейшем увеличивая силу тока на 2 мА, а длительность на 2 мин; курс 12–15 процедур

- дарсовализация волосистой части головы и воротниковой зоны - угнетает проводимость нервных проводников в коже, в результате чего ограничивается поток импульсации в ЦНС. Применяют ток частотой 110 кГц по методике искрового (на волосистую

часть головы) и тихого (на воротниковую зону) разрядов, по 3—5 мин на одну область, ежедневно; курс 10—12 процедур.

- общая магнитотерапия (ОМТ); курс 10-15 процедур.

В отличие от локальной магнитотерапии ОМТ позволяет оказать генерализованное действие на организм человека при использовании небольших дозировок магнитных полей, преследуя цель по усилению и сохранению специфического влияния данного физического фактора. ОМТ у больных АГ вызывает гипотензивный эффект, оказывает корригирующее влияние на системную и церебральную гемодинамику, улучшает вегетативную регуляцию сердечно-сосудистой системы, липидный обмен и морфофункциональное состояние микрососудов.

- Инфракрасная лазеромагнитерапия рефлексогенных зон паравертебрально (СШ—ТШ), во втором межреберье справа и слева от грудины в непрерывном или импульсном (50–100 Гц) режиме по 1–2 мин на поле, ежедневно; курс 8-10 процедур.

Инфракрасная лазеротерапия усиливает активность блуждающего нерва на внутренние органы и снижает чувствительность адренорецепторов сосудов к норадреналину. Выраженность гипотензивного эффекта зависит от полиморфизма гена ангиотензинпревращающего фермента.

Во время первичного осмотра пациента врач, собирая анамнез и учитывая сопутствующую патологию, назначает, при необходимости, дообследования (лабораторные и функциональные, консультации узких специалистов) и на основании собранной информации, совместно с пациентом назначается комплекс процедур, переносимость и эффективность которых оценивается при последующих визитах пациента.

Заключение

Критериями эффективности санаторно-курортного лечения являются субъективные и объективные показатели состояния пациентов. Ввиду того что при хроническом течении заболеваний выраженных изменений в состоянии здоровья в течение курортного лечения зачастую не происходит, то оценка имеет градации: «улучшение», «стойкое улучшение» и «ухудшение».

По завершению курса санаторно-курортного лечения пациенту выдаётся выписной эпикриз, с рекомендациями профилактических мероприятий, здоровому образу жизни, адекватным физическим нагрузкам, приёму гипотензивных препаратов и периодичностью прохождения санаторно-курортного лечения.

Список литературы

1. Чазова ИЕ, Жернакова ЮВ. [от имени экспертов]. Клинические рекомендации. Диагностика и лечение артериальной гипертонии. Системные гипертензии. 2019;16 (1):6– 31.
2. Пономаренко ГН. Физическая и реабилитационная медицина: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015.
3. Пономаренко ГН. Физические методы лечения: Справочник. СПб.; 2011.
4. Улащик ВС, Лукомский ИВ. Общая физиотерапия. Минск: Книжный Дом; 2008
5. Абрамович СГ, Дробилкин АЮ Распопин ЮА Комплексная магнитотерапия у больных артериальной гипертонией: вопросы механизма действия. Сибирский медицинский журнал. 2014; (6): 41-44.
6. Абрамович СГ, Куликов АГ, Долбилкин АЮ. Бальнеотерапия хлоридными натриевыми минеральными водами при артериальной гипертонии Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2015; 14 (1): 47-52.
7. Пономаренко ГН, Крысюк ОБ, Обрезан АГ. Персонализированная лазеротерапия кардиологических больных как пилотный проект концепции персонализированной физиотерапии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2006;78(5):34-38.
8. Кулаковская ТВ. Оптимизация санаторно-курортного лечения детей и подростков с заболеваниями сердечно-сосудистой системы с применением сухих углекислых ванн. Современные вопросы биомедицины. 2020; 4 (4): 36-45.

УДК 615.838

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОКСИТЕРАПИИ В САНАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ

Н.В. БЕЛЬСКАЯ

Санаторий «Криница» Беларусь (аг. Ждановичи, Республика Беларусь)

Аннотация. В работе изложены перспективы применения карбокситерапии в санаторной практике.

Ключевые слова: карбокситерапия, углекислый газ, санаторий.

PROMISING APPLICATION OF CARBOXYTHERAPY IN SANATORIUM PRACTICE

N.V. BELSKAYA

Sanatorium "Krinitsa" (Zhdanovichi, Republic of Belarus)

Abstract. In this paper the prospects of application of carboxytherapy in sanatorium practice are described.

Keywords: carboxytherapy, carbon dioxide, sanatorium.

Введение

«Санаторий «Криница» - одна из старейших здравниц в Республике Беларусь, основными профилями которой являются заболевания системы кровообращения, органов пищеварения и дыхания, женских тазовых органов.

Исторически освоение Ждановичей как лечебной местности началось еще в 1906 году известным врачом и общественным деятелем И.У. Здановичем. Для массового отдыха трудящихся использование этой местности началось с мая 1922 года, когда здесь был открыт дом отдыха "Ждановичи". Санаторий «Криница» функционирует с 1966 года, в 1972 году объединен с санаторием «Ждановичи», который был организован в 1970 году на базе дома отдыха.

Санаторий находится в экологически чистой зоне в березово-хвойном лесу на берегу водохранилища «Криница». на расстоянии 2.5 км от черты города Минска и в 14-ти км от центра города.

Природно-климатические факторы

Климат курорта Ждановичи характеризуется умеренно мягкой, преимущественно облачной зимой, умеренно теплым летом с преобладанием солнечной погоды. Среднегодовая температура + 5,3 градуса С, достаточная солнечная инсоляция - 1800-1850 часов в году, относительно невысокая влажность воздуха (55-60%). Все это дает возможность широко проводить климатотерапию в течение всего года.

Еще в начале XX столетия было известно, что в недрах курорта Ждановичи имеется минеральная вода. В 1956-1960 г.г. были выявлены 2 типа минеральной воды: сульфатно-хлоридного натриевого состава средней (12,2 г\л) и хлоридно-натриевого -малой (3,5 г\л) минерализации. Это явилось предпосылкой дальнейшего развития курорта и строительства здесь санатория "Криница", первый корпус которого на 250 коек был введен в строй 11 января 1966 года, а через год был открыт второй корпус на 260 коек. Основными лечебными факторами санатория являются Ждановичские минеральные воды для внутреннего и наружного применения, лечебная сапропелевая грязь озера Судобль.

Гидроминеральная база санатория "Криница" представлена 4 скважинами глубиной от 370 до 500 м. По физическим свойствам вода прозрачная, бесцветная, без запаха. Температура подземных вод составляет 8-10 градусов.

Опыт первых лет работы санатория "Криница" показал высокую эффективность лечения больных с заболеваниями органов пищеварения, эндокринной и сердечно - сосудистой системы.

В настоящее время санаторий имеет современные комфортабельные благоустроенные спальные корпуса (4 корпуса) на 458 коек, комплекс лечебно-оздоровительных и спортивных площадок, водогрязелечебницу, столовая № 1, столовая № 2, культурно-деловой центр с актовым залом, кафе, бильярдом, сауну с бассейном на минеральной воде, библиотеку, пункты проката спортивного инвентаря, хозяйственный блок (складские помещения, овощехранилище, гаражи, котельная на газовом топливе, мастерские и др.).

Основными методами лечения являются лечение естественными факторами, в том числе водо- и грязелечение, Ждановичская минеральная вода для внутреннего и наружного применения, мощная физиотерапия.

Основным видом деятельности УП «Санаторий Криница» является оказание санаторно-курортных услуг населению. Имеется специальное разрешение (лицензия) №02040/33208 на право осуществления медицинской деятельности, которое продлено на основании решения от 29 октября 2014г. №24.5 и действительно до 19 ноября 2024 года за № М-3208 на 16 вида работ и услуг.

Одним из важнейших природных лечебных факторов, применяемых в санатории, является лечебная сапропелевая грязь, доставляемая из оз. Судобль, находящегося в 90 км от санатория. Сапропель представляет собой однородную пластичную массу, мягкой пастообразной консистенции, от темно-коричневого до оливково-серого цвета.

В санатории эксплуатируются четыре скважины пресной воды: № 1 – 88 м глубиной, 2-75м, 3 - 37,4 – 80 м глубиной. Имеется водонапорная башня объемом 200м³. Суточное потребление пресной воды в санатории составляет 900 м³. Вода соответствует санитарным нормам.

Санаторий «Криница» рассчитан для лечения и оздоровления 458 человек. Профиль санатория: болезни системы кровообращения, болезни органов пищеварения болезни органов дыхания, болезни женских тазовых органов.

Карбокситерапия- широко известный в медицинском мире метод лечения. Суть метода заключается в инъекционном введении углекислого газа в участки кожи при дегенеративно-дистрофических заболеваниях, таких как: остеохондроз позвоночника, грыжи межпозвонковых дисков, артрозы суставов [1-4,6].

Диоксид углерода «двуокись углерода, углекислый газ, оксид углерода, диоксид углерода, угольный ангидрид, углекислота» - CO₂, бесцветный газ со слегка кисловатым запахом и вкусом. Впервые был открыт в 1648 году Ван Хельмонтом. Точные свойства CO₂ установил А.Мейбурге (1770) и Марьянских Лазнях (1818), Франтишковых лазнях.

Вводится углекислый газ подкожно и внутрикожно тонкой иглой-дозатором. Вследствие ряда биохимических реакций возникает расширение стенок мельчайших сосудов (капилляров, артериол), улучшается микроциркуляция и питание тканей, устраняется венозный застой и отек, уменьшается боль. Также этот метод применяется при таких сосудистых заболеваниях как: вазоневрозы (синдром Рейно), ишемические заболевания нижних конечностей, состояние после инфаркта миокарда, головные боли, мигрени, после инсультов, после травм, в эстетической дерматологии.

Для достижения максимального лечебного действия важное значение имеют зоны введения газа. Ведь карбокситерапия, в первую очередь, является рефлекторным методом лечения. Курсовое применение карбокситерапии от 5 до 10 раз позволяет закрепить положительный лечебный эффект в течение длительного времени. А повторные поддерживающие процедуры углекислого газа позволяют забыть о таких проявлениях болезней как: скованность суставов, боль, мышечная слабость [5].

Безопасность карбокситерапии позволяет ее применение, как альтернативного метода лечения у пациентов, у которых невозможно использование медикаментозной терапии, например: при гастрите, язвенной болезни желудка, аллергических проявлениях и др.

Карбокситерапию можно смело назвать натуральным и экологическим методом лечения, ведь углекислый газ является естественным участником биохимических процессов в организме [1].

За 2021 год было пролечено 760 человек, и отпущено 4026 процедур. Основной патологией, при которой назначался данный вид рефлексотерапии, были: дегенеративные заболевания позвоночника, первичный остеоартроз, мигрень, соматоформная дисфункция вегетативной нервной системы, периферические вазоневрозы. Метод показал высокую эффективность. Положительная динамика отмечалась у 85% пациентов, 20% - без видимой динамики, 5% отмечали отрицательную динамику, потребовавшую отмену процедуры.

Заключение

Карбокситерапия является одним из перспективных направлений в физиотерапии и реабилитологии и рекомендуется к применению во всех санаторно-курортных учреждениях.

Список литературы

1. Бунятян Н.Д., Дроговоз С.М., Кононенко А.В., Прокофьев А.Б. Карбокситерапия - одно из инновационных направлений в курортологии // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. Т. 95, № 5. С. 72-76.
2. Дроговоз С.М., Штрыголь С.Ю., Зупанец М.В., Кононенко А.В., Левинская Е.В. Карбокситерапия - альтернатива традиционной фармакотерапии // Клиническая Фармация. 2016. Т. 20, № 1. С. 12-17.
3. Ерчик Н.Н. Карбокситерапия. История применения углекислого газа в медицине. В сборнике: Актуальные проблемы санаторно-курортного лечения. сборник научно-практических работ, посвящённых 40-летию ОАО "Белагроздравница" и 25-летию филиала "Санаторий "Радон" ОАО "Белагроздравница". Гродно, 2020. С. 75-78.
4. Ибрагимов М.Ф., Войтков А.И., Аптынбаева Л.Р. Лечение артритов методом карбокситерапии на фоне природных лечебных факторов санатория "Бакирово" // Вопросы курортологии. Физиотерапии и лечебной Физической культуры. 2016. Т. 93. № 2-2. С. 78-80.
5. Кульчицкая Д.Б., Цыганова Т.Н., Самойлов А.С., Колбахова С.Н. Влияние комплексного применения природных и преформированных физических факторов на состояние микроциркуляции у больных нейроциркуляторной астенией // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №4. Публикация 2-10. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-4/2-10.pdf> (дата обращения 24.11.2017). DOI: 10.12737/article_5a1f9dd3eb1560.05054211.
6. Шайхлисламова Э.Р., Урманцева Ф.А., Галлямова С.А., Валеева Э.Т. Карбокситерапия в практике врача-профпатолога: опыт применения при цервикальной дорсопатии у работников вредных профессий // Санитарный врач. 2020. № 11. С. 8-18.

УДК 615.834

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ПРЕФОРМИРОВАННЫХ ФАКТОРОВ В САНАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

А.П. МОЙСЕЙЧЕНКО, Т.Г. КАЛИНКИНА

*Санаторий «Лётцы»
(Витебская область, республика Беларусь)*

Аннотация. В статье оценено комплексное использование природных и преформированных факторов в санаторных условиях.

Ключевые слова: климатотерапия, минеральные воды, санаторное лечение.

COMPLEX USE OF NATURAL AND PREFORMED FACTORS IN SANATORIUM CONDITIONS

A.P. MOISEYCHENKO, T.G. KALINKINA

Sanatorium "Leotsy" (Vitebsk region, Republic of Belarus)

Abstract. The article assesses the complex use of natural and preformed factors in sanatorium conditions.

Keywords: climatotherapy, mineral waters, sanatorium treatment.

Введение

Санаторий «Лётцы» основан в 1936 году как дом отдыха, затем как туберкулёзный санаторий. В 1959 году перепрофилирован в санаторий кардиологического профиля. В настоящее время санаторий рассчитан на 324 места, которые размещаются в четырёх спальных корпусах (один из корпусов находится на реконструкции), с различными уровнями комфортности: двухместные и одноместные однокомнатные номера, двухместные двухкомнатные номера, номера «Люкс».

В соответствии с решением Республиканской комиссии по государственной аттестации санаторно-курортных и оздоровительных организаций от 29.12.2021 (протокол № 77) санаторий аттестован с подтверждением статуса «Санаторно-курортная организация для взрослых, взрослых и детей» первой категории.

Основная часть

В санатории созданы условия для оказания полного объёма диагностических и лечебно-реабилитационных услуг в соответствии с требованиями постановления Министерства здравоохранения Республики от 16.05.2003 № 23 «Об утверждении норм диагностических и лечебно-реабилитационных услуг (процедур) в области санаторно-курортного лечения» по профилям: болезни органов пищеварения; болезни органов дыхания; болезни системы кровообращения; болезни нервной системы. В санатории «Лётцы» для лечения и оздоровления людей активно используются эффективные природные факторы: климатотерапия, натуральные минеральные воды из собственных источников. Климатотерапия занимает важное место в системе лечебных, восстановительных и профилактических мероприятий, осуществляемых с целью оздоровления и лечения пациентов с различными хроническими неспецифическими заболеваниями, в том числе с заболеваниями органов кровообращения, дыхания и пищеварения, нарушений обмена веществ. В санатории климатолечение проводится в виде 3 основных форм: аэротерапия, гелиотерапия, талассотерапия (купание в озере).

Вода — важнейший компонент не только окружающего нас мира, но и человеческого организма. Без воды жизнь на нашей планете была бы невозможна. Вода играет ключевую роль, выполняя ряд важных функций в организме человека и чтобы всегда чувствовать себя отлично и выглядеть молодо и свежо, необходимо пить достаточное количество природной воды, ведь она играет ключевую роль в поддержании водного баланса организма. Специалисты всего мира рекомендуют именно природную минеральную воду, которая рождается в недрах земли и фильтруется лишь слоями грунта. Такая вода содержит оптимально-необходимое количество минералов и микроэлементов для нормального функционирования всех систем организма и относятся к числу наиболее важных лечебных компонентов, используемых в комплексе лечебно-профилактических, оздоровительных и реабилитационных мероприятий, назначаемых при различных заболеваниях и довольно широко используется в санаторно-курортных процедурах.

Санаторий "Лётцы" располагает четырьмя источниками минеральной воды, которая является уникальной и единственной по своему химическому составу в Витебской области.

Два источника минеральной воды, которые располагаются на глубине 800-850 метров, используются для наружного применения в виде ванн, полосканий, орошений. Это хлоридно-натриевые рассолы с общей минерализацией 103,7 г/л, с высоким содержанием йода и брома 154 г/л, применяются в разведении 1:3 или 1:4 (т.е. концентрация 26-21 г/л). Данная концентрация микроэлементов, при температуре воды 36-38⁰ является наиболее эффективной при лечении сердечно-сосудистых, нервных заболеваний, а также заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Применение Летчанских хлоридно-натриевых йодобромных ванн способствует усилению кровообращения в органах и тканях, снижению вязкости и уменьшению свертывающей способности крови (профилактика тромбозов тромбоземболий), а также повышение тонуса вен и улучшению коронарного кровотока, снижению уровня холестерина в крови. Под влиянием применения этих ванн улучшается мозговое кровообращение, снижается и нормализуется артериальное давление, нормализуется функция щитовидной железы, активизируется функция коры надпочечников и потовых желез, повышается способность больных к выполнению различных физических нагрузок, повышается работоспособность, улучшается сон.

Эффективность применения летчанских минеральных ванн нашла отражение в научно-практических работах врачей санатория («Опыт лечения больных артериальной гипертензией, со смешанным типом гемодинамики минеральными ваннами и психотерапией в условиях санатория «Лётцы» «Дифференцированное применение местных минеральных ванн больных с ИБС, постинфарктным кардиосклерозом в условиях санатория «Лётцы» «Влияние минеральных ванн на состояние мозговой гемодинамики у больных гипертонической болезнью», «Некоторые аспекты комплексного подхода к диагностике и лечению больных нейроциркуляторной дистонией» и ряд других), что позволяет применять их для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы: ИБС, постинфарктного кардиосклероза, нарушений сердечного ритма, вегето-сосудистых дистоний, артериальной гипертензии.

В 1996 году открыты ещё два источника минеральных вод на глубине 450 метров для приема внутрь. Минеральные воды для питья по химическому составу сульфатно-хлоридно-натриевые средней и высокой минерализации (11,5 г/л и 18,9 г/л), слабощелочные с повышенным содержанием кальция и магния. Питье минеральных вод в лечебных целях показано при заболеваниях органов пищеварительной системы: хронических гастритах, язвенной болезни, колитах, энтероколитах, хронических заболеваниях печени и желчевыводящих путей, болезнях обмена веществ (сахарный диабет, подагра, ожирение, мочекислый диатез). Питьевые минеральные воды оказывают на организм многостороннее влияние. Повышают обменные процессы, оказывают заметный желчегонный эффект, повышают или понижают кислотность желудочного сока (в зависимости от способа применения), стимулируют функцию поджелудочной железы, секрецию кишечных ферментов, усиливают процессы регенерации, снижают противовоспалительные, дистрофические, некробиотические процессы, повышают мочеотделение, нормализуют состав мочи, способствуют выведению так называемого мочевого песка.

Врачами санатория проведены и внедрены в практику следующие научно-практические работы применения Летчанских минеральных питьевых вод. «Анализ эффективности Летчанской минеральной питьевой воды при лечении язвенной болезни желудка и язвенной болезни двенадцатиперстной кишки», «Об эффективности местного применения Летчанских минеральных вод у больных с хроническими колитами и цервицитами», «Сравнительная эффективность различных режимов приема Летчанских минеральных вод при хроническом холецистите», «Применение Летчанских минеральных вод у больных с хроническим пиелонефритом», «Применение Летчанской минеральной воды для лечения больных хроническим колитом, хроническим холециститом» и ряд других.

Эти работы доказывают эффективность МПВ и позволяет с успехом лечить следующие заболевания ЖКТ: хронический гастрит, язвенная болезнь, хронический колит, заболевания печени и желчевыводящих путей, нарушение обмена веществ (сахарный диабет, мочекислый диатез).

Всего врачами санатория написано более 150 работ об эффективности комплексного санаторно-курортного лечения с использованием природных и преформированных природных факторов.

За 2021 и 9 месяцев 2022 года среди пролеченных пациентов с заболеваниями системы кровообращения было 5938 человек (что составило 38,9% от общего числа пациентов), из них с улучшением 5936-99,9%, что составило, с заболеваниями органов пищеварения – 1045 (все с улучшением) – 68%, с заболеванием органов дыхания 1751 (все с улучшением)-11,5%.

Санаторий «Лётцы» располагает всеми необходимыми лечебными кабинетами и позволяет на высоком уровне проводить лечение и диагностику заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, органов дыхания и других заболеваний. Всего в санатории отпускается около 245 видов процедур. Из них с использованием природных лечебных факторов-50 видов, с использованием преформированных лечебных факторов, а также других лечебно-реабилитационных услуг- 190 видов.

Заключение

Оказываются следующие виды медицинских услуг: неинвазивный медицинский полианализатор (АМП); ультразвуковая диагностика; ультразвуковая остеоденситометрия; функциональная диагностика; определение хеликобактерной инфекции (дыхательный тест); гидротерапия (вары, души); ингаляционная терапия; термотерапия (парафино-озокерито лечение, сапропелевые грязи); кишечные процедуры; лечебный массаж; психотерапия; лечебная физкультура; аппаратная физиотерапия (электролечение и светолечение); пневмокомпрессионная терапия; импульсная вакуумная терапия; стоматология терапевтическая; нетрадиционная медицинская деятельность (рефлексотерапия, гирудотерапия, ароматерапия, фитотерапия); медикаментозная терапия; косметические процедуры; диетотерапия.

УДК 004.934.2

ГЕНЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОГИБАЮЩИХ В КОНТЕКСТЕ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ГОЛОСОВОЙ ФУНКЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Д.С. ЛИХАЧЁВ, М.И. ВАШКЕВИЧ, Н.А. ПЕТРОВСКИЙ, И.С. АЗАРОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Беларусь)*

Аннотация. В работе предлагается генеративный метод получения спектральных огибающих, предназначенный для использования в задачах анализа и оценки состояния голосовой функции человека. Оценка состояния голосовой функции является определяющей для диагностики различных заболеваний, связанных с изменениями в звучании голоса. В предлагаемом методе получения спектральной оценки используется дискретное преобразование Фурье (ДПФ). В качестве входных данных для ДПФ используются специальным образом сгенерированные последовательности, а не входной сигнал. Входные данные для ДПФ формируются с использованием параметров авторегрессионной модели таким образом, чтобы обеспечить строгую наилучшую периодичность анализируемой последовательности. Как показали результаты экспериментов, спектральные огибающие, полученные с помощью предложенного метода, имеют меньшую среднеквадратичную ошибку представления истинного спектра модельного сигнала по сравнению с остальными. Таким образом, использование предложенного метода для вычисления спектральных огибающих имеет хорошую перспективу для соответствующих задач цифровой обработки речевых сигналов. Получаемые огибающие могут использоваться в качестве признаков для систем машинного обучения.

Ключевые слова: генеративный метод, спектральная огибающая, авторегрессионная модель, преобразование Фурье, диагностика заболеваний по голосу.

GENERATIVE METHOD OF OBTAINING SPECTRAL ENVELOPES FOR SPEECH SIGNAL ANALYSIS AND PROCESSING TASKS

DENIS.S. LIKHACHOV, MAXIM.I. VASHKEVICH, NICK.A. PETROVSKY, ELIAS.S. AZAROV

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Minsk, Belarus)*

Abstract. The paper proposes a generative method for obtaining spectral envelopes intended for use in the tasks of analyzing and evaluating the state of human voice function. Assessment of the state of voice function is crucial for the diagnosis of various diseases associated with changes in the sound of the voice. The proposed method for obtaining a spectral estimate uses a discrete Fourier transform (DFT). Specially generated sequences are used as input data for the DFT, and not the input signal. The input data for the DFT are generated using the parameters of the autoregressive model in such a way as to ensure the strict best periodicity of the analyzed sequence. As the results of the experiments have shown, the spectral envelopes obtained using the proposed method have a smaller root-mean-square error in representing the true spectrum of the model signal compared to the others. Thus, the use of the proposed method for calculating spectral envelopes has a good prospect for the corresponding tasks of digital processing of speech signals. The resulting envelopes can be used as features for machine learning systems.

Keywords: generative method, spectral envelope, autoregressive model, Fourier transform, diagnosis of diseases by voice.

Введение

Оценка состояния голосовой функции человека является определяющей для диагностики различных заболеваний, связанных с изменениями в звучании голоса. Перспективным подходом для решения этой задачи является использование методов

машинного обучения на основе спектральных признаков, которые представлены, в том числе, и в виде спектральных огибающих [1]. Подавляющее большинство применяемых в настоящее время методов получения спектральных признаков используют преобразование Фурье. Это обусловлено прежде всего тем, что данное преобразование хорошо подходит для частотно-временного анализа периодических или частично периодических сигналов, таких как, речевые и аудио сигналы. При использовании ДПФ для получения точной спектральной оценки с точки зрения соответствия истинному спектру необходимо выполнение двух основных требований. Во-первых, анализируемый сигнал должен быть строго периодическим и стационарным на протяжении всего интервала анализа. Во-вторых, период анализируемого сигнала должен точно совпадать с размером ДПФ. Для речевых и аудиосигналов два вышеприведенных требования в строгом виде не выполняются. Это обуславливает необходимость применение временного окна для обработки входных данных [2]. Обработка окном хотя и позволяет ослабить влияние боковых спектральных лепестков, но в тоже время приводит к значительным искажениям в полученной спектральной оценке по отношению к истинной. Также необходимо отметить, что при получении огибающей на основе уже имеющегося спектра возникает проблема его корректной дискретизации и сглаживания.

Генеративный метод получения спектральных огибающих

Основная идея предлагаемого метода получения спектральной оценки в форме огибающей состоит в том, чтобы использовать ДПФ без применения оконной функции для обработки входных данных, обеспечив при этом согласованность периода анализируемого сигнала и размера ДПФ. С этой целью предлагается в качестве входных данных для ДПФ использовать специальным образом сгенерированную последовательность, которая имела бы равный размеру ДПФ период и соответствующий анализируемому сигналу спектральный состав.

Основные этапы предлагаемого метода вычисления спектральной огибающей следующие: 1) нахождение параметров авторегрессионной модели по входному фрейму анализируемого сигнала; 2) генерация с помощью авторегрессионной модели анализируемого процесса периодической последовательности с периодом, равным целевому размеру ДПФ; 3) вычисление дискретного спектра одного периода последовательности с помощью ДПФ.

Пример спектральных огибающих, вычисленных для одного фрейма модельного сигнала приведен на рис. 1.

Результаты и их обсуждение

Был проведен сравнительный анализ эффективности представления истинного спектра модельного сигнала с помощью спектральных огибающих, полученными тремя способами: 1) предложенным генеративным методом; 2) ДПФ без применения окна; 3) ДПФ с применением окна Ханна. В качестве входного анализируемого сигнала использовался синтетический речеподобный сигнал с 11 гармониками с периодом основного тона от 85 до 240 Гц. Анализ проводился для окон анализа длительностью от 1.5 до 20 мс. В качестве критерия эффективности представления спектра модельного сигнала с помощью вычисленных огибающих использовалась среднеквадратичная ошибка (MSE). Для корректного сопоставления частотной сетки спектра модельного сигнала и полученных огибающих использовалась линейная интерполяция. Все огибающие при сравнении нормировались по энергии. Полученные результаты отображены в табл. 1.

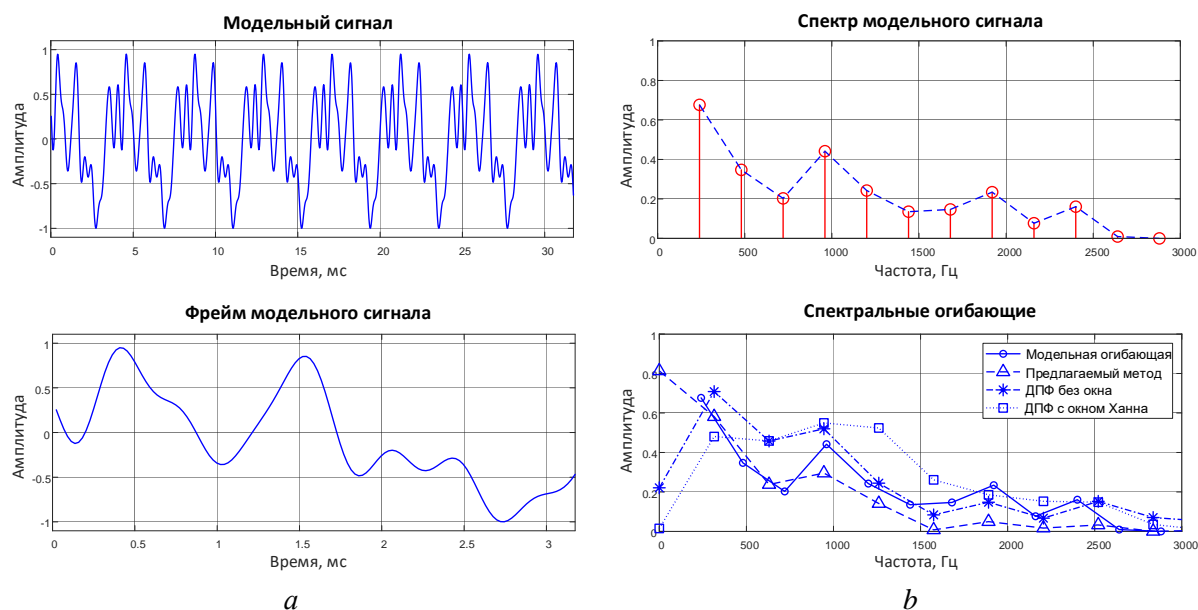


Рис. 1. Пример спектральных огибающих, определенных для одного фрейма модельного сигнала: *a* – модельный сигнал и фрейм модельного сигнала для вычисления спектральных огибающих; *b* – истинный спектр модельного сигнала и полученные спектральные огибающие

Таблица 1. Среднеквадратичная ошибка (MSE) представления спектра модельного сигнала с помощью спектральных огибающих

Метод получения спектральной огибающей	Длительность фрейма анализа, мс				
	1,5	3,2	5,0	10	20
предложенный метод	0,041503	0,038539	0,038408	0,040169	0,044601
ДПФ без применения окна	0,069208	0,055167	0,055008	0,055956	0,067225
ДПФ с применением окна Ханна	0,061174	0,049126	0,041851	0,045179	0,062380

Как показали результаты экспериментов, спектральные огибающие, полученные с помощью предложенного генеративного метода имеют меньшую среднеквадратичную ошибку представления истинного спектра модельного сигнала по сравнению с остальными.

Заключение

Опираясь на полученные экспериментальные результаты можно сделать вывод о том, что использование предложенного метода для вычисления спектральных огибающих имеет хорошую перспективу для задач обработки речевых сигналов, в которых имеет важное значение точность представления спектральных характеристик анализируемого сигнала и возможность отслеживания динамики их изменения во времени при использовании относительно малого количества параметров. Примером такой задачи может служить классификация голосового сигнала на основе оценки состояния голосовой функции человека с помощью методов машинного обучения [1].

Список литературы

1. Вашкевич М.И., Лихачёв Д.С., Азаров И.С. Система анализа и классификации голосового сигнала на основе пертурбационных параметров и кепстрального представления в психоакустических шкалах. Доклады БГУИР. 2022;20(1):73-82. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-1-73-82>
2. F. J. Harris. On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform / Proceedings of the IEEE, vol. 66, no. 1, pp. 51-83, Jan. 1978, doi: 10.1109/PROC.1978.10837.

УДК 616.72-002-08:615.8(075.8)

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ БИОТРОПНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СУСТАВОВ

А.И. УСТИНОВА, Л.А. МАЛЬКЕВИЧ

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, Беларусь)

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы влияния общего магнитного поля низкой интенсивности на функциональное состояние суставов у пациентов ревматоидным артритом с различной степенью активности. Исследования проведены у 34 пациентов ревматоидным артритом с I-III степенью активности воспалительного процесса. В результате проведенного исследования установлено, что включение в комплексную терапию пациентов ревматоидным артритом общей магнитотерапии повышает эффективность лечения, что в сравнительном исследовании подтверждается достоверным уменьшением болевого синдрома и утренней скованности в пораженных суставах. Общая магнитотерапия не вызывает обострения патологического процесса и может использоваться на стационарном этапе лечения и реабилитации пациентов с ревматоидным артритом.

Ключевые слова: ревматоидный артрит, общая магнитотерапия, лечение, физиотерапия, реабилитация.

INFLUENCE OF MAGNETIC FIELDS WITH DIFFERENT BIOTROPIC PARAMETERS ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE JOINTS

A.I. USTINOVA, L.A. MALKEVICH

Educational Institution "Belarusian State Medical University", Minsk, Belarus

Abstract. The article discusses the influence of a general low-intensity magnetic field on the functional state of joints in patients with rheumatoid arthritis with varying degrees of activity. Researches are lead at 34 patients with rheumatoid arthritis with I-III degree of activity of inflammatory process. As a result of the study, it was found that the inclusion of general magnetotherapy in the complex therapy of patients with rheumatoid arthritis increases the effectiveness of treatment, which in a comparative study is confirmed by a significant reduction in pain syndrome and morning stiffness in the affected joints. The general magnetotherapy does not cause an aggravation of pathological process and can be used at a stationary stage of treatment and rehabilitation sick rheumatoid by an arthritis.

Keywords: rheumatoid arthritis, the general magnetic therapy, treatment, physiotherapy, rehabilitation.

Введение

Ревматоидный артрит (РА) – аутоиммунное заболевание, характеризующееся прогрессирующим поражением синовиальных оболочек периферических суставов по типу эрозивно-деструктивного полиартрита. Ревматоидный артрит — это системное заболевание соединительной ткани с преимущественным поражением мелких суставов неясной этиологии со сложным аутоиммунным патогенезом.

Современная базисная терапия ревматоидного артрита позволяет добиваться длительной ремиссии заболевания, однако, несмотря на проводимое лечение, ежегодно из числа заболевших 5-10% пациентов теряют трудоспособность и переходят на социальное обеспечение по инвалидности [1]. Комплекс лечебных мероприятий должен быть направлен на подавление активности и прогрессирования процесса, восстановление функции суставов и профилактику обострения [2].

В последние годы важное место в лечении пациентов с РА занимает физиотерапия, в частности - магнитотерапия, первичным механизмом лечебного действия которой является активация естественных биофизических и биохимических процессов на клеточном и молекулярном уровнях организма. Магнитное поле создает в биологических тканях

индуцированный электрический ток, который способствует улучшению микроциркуляции, уменьшению отека и воспалительного процесса[3]. Особо следует отметить, что особенностью действия магнитных полей является их следовой характер: после однократных воздействий реакции организма или отдельных систем сохраняются в течение 1-6 суток, а после курса процедур - 30-45 дней. Переменные магнитные поля (ПеМП) приводят обычно к более стойким и выраженным изменениям, действуют возбуждающе, усиливают обмен веществ в тканях. Одним из важных факторов магнитотерапии является способность магнитного поля модулировать естественные физиологические процессы и лекарственную терапию.

Цель: изучение влияния общего магнитного поля низкой интенсивности на функциональное состояние суставов у пациентов с ревматоидным артритом.

Материалы и методы

В исследование включались 34 пациента с ревматоидным артритом (24 человека из которых составили исследуемую группу, 10 – контрольную), находящихся на стационарном лечении в ревматологическом отделении МНПЦ ТХиГ г. Минска в 2020-2021 г.г. Все пациенты получали базисную лекарственную терапию, которая включала в себя нестероидные противовоспалительные препараты и антимагнетолиты.

Исследуемые группы оказались однородными по половому и возрастному признаку. Средний возраст больных составил 45,2±0,1 лет, интервал от 16 до 65 лет.

В изучаемых группах также равномерно пациенты распределились и по степени активности воспалительного процесса. В большинстве случаев преобладала II степень активности РА в пределах от 64 до 70%. III степень наблюдалась у 20-28% пациентов, I степень - у 8-10% ($p < 0,001$). По клинико-иммунологической характеристике у 94% пациентов наблюдался серопозитивный ревматоидный артрит, у 6% - серонегативный. В большинстве случаев течение РА сопровождалось одновременным поражением коленных, голеностопных, плечевых, лучезапястных и межфаланговых суставов - у 86% пациентов. Значительно реже клиническое течение заболевания сопровождалось поражением одного или нескольких суставов — 2,7% и 11,3% ($p < 0,001$)

Оценивая распределение пациентов с РА по давности заболевания в исследуемых группах, следует отметить, что во всех группах наблюдалась общая тенденция. Большинство пациентов входило в интервал от 5 до 10 лет (62-74%), средняя длительность заболевания составила 91 месяц, причем диапазон длительности заболевания во всех группах укладывался в промежуток от 12 до 432 месяцев. Приведенные данные свидетельствуют об общей характеристике стационарных пациентов с РА, находящихся длительное время на диспансерном учете и проходящих лечение и реабилитацию на базе ревматологического отделения МНПЦ ТХиГ г. Минска. Также не было выявлено достоверных различий в изучаемых группах и по количеству обострений заболевания в течение года, у каждого пациента течение РА в среднем обострялось 3 раза в год.

У пациентов в исследуемых и контрольной группах не выявлено существенных различий по основным прогностическим критериям: возрасту, степени активности РА, давности заболевания, количеству обострений в течение года и клинико-анатомической характеристике поражения суставов. Это позволяет сделать вывод об однородности и сопоставимости изучаемых групп.

Для оценки состояния пораженных суставов и всего опорно-двигательного аппарата нами определялась утренняя скованность в пораженных суставах и длительность болевого синдрома.

Общая магнитотерапия осуществлялась с помощью магнитного матраца от белорусского аппарата "УНИСПОК". Максимальное магнитное поле, воздействующее на пациента, создается непосредственно над индуктором-матрацем. С увеличением расстояния от рабочей поверхности индуктора до тела пациента магнитное поле быстро ослабевает и на расстоянии 20 см его лечебное действие практически исчезает.

Воздействие общим магнитным полем проводилось на пораженные суставы и соответствующие сегментарные зоны (С6-Th2, Th10-L3), пациент лежал на спине в удобном

для него положений. Интенсивность магнитного поля 3 мТл, длительность воздействия – 15-20 минут. Курс лечения – 10-12 процедур, ежедневно. Методика воздействия - контактная.

Результаты и обсуждение

У пациентов с ревматоидным артритом в период обострения ведущим клиническим проявлением является болевой синдром. Острые боли ограничивают подвижность суставов, снижают двигательную активность, заставляют пациентов принимать вынужденное положение тела и приводят к утрате работоспособности. Применение общей магнитной терапии позволило уменьшить сроки купирования болевого синдрома практически в два раза с 9 до 4 дней ($p=0,001$) ($p<0,001$).

Во всех изучаемых группах исходная утренняя скованность составила от 210 до 228 минут. После проведенного лечения отмечается общая достоверная положительная динамика, однако в контрольной группе при выписке из стационара утренняя скованность составляет $147\pm 14,0$ минут, в то время как в группе с применением общей магнитотерапии мы наблюдаем уменьшение этого показателя практически в 10 раз к начальному уровню, до $38,4\pm 5,3$ минут ($p<0,001$).

До начала лечения у 70-76% пациентов с РА во всех изучаемых группах, продолжительность утренней скованности превышает 120 минут (4 балла). После лечения в контрольной группе количество пациентов с утренней скованностью в 4 балла сохраняется практически на том же уровне (68%), достоверно увеличивается количество пациентов с утренней скованностью в 1 и 2 балла и уменьшается количество пациентов с утренней скованностью в 3 балла.

Следует отметить, что в процессе лечения в исследуемых группах, которым назначались ОМТ не было пациентов «без улучшения», тогда как в контрольной группе не наблюдалось улучшения у 20% пациентов ($p<0,001$) (табл.5.1). В исследуемой группе также достоверно чаще отмечалось «значительное улучшение» в сравнении с контрольной группой: 21% против 10% ($p<0,001$) (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Эффективность лечения пациентов ревматоидным артритом под влиянием общей магнитотерапии и дозированных физических нагрузок (M±t)

Группа	Количество пациентов	Значительное улучшение	Улучшение	Без улучшения
Контрольная	10	1 $10,0\pm 2,77$	7 $70,0\pm 6,48$	2 $20,0\pm 6,2$
ОМТ	24	5 $21,0\pm 6,7^*$	20 $79,0\pm 6,7$	0*

Примечание: * - различия достоверны ($p<0,001$).

Таким образом, использование общей магнитотерапии у пациентов РА в стадии обострения заболевания позволило:

- уменьшить сроки купирования болевого синдрома практически в два раза с 9 до 4 дней;
- уменьшить продолжительность утренней скованности до 20-40 минут.

Быстрое купирование болевого синдрома у пациентов с РА явилось основанием для включения дозированных физических тренировок для мелких суставов кистей и стоп с целью тренировки мелкой моторики. При выполнении физических упражнений поток импульсов с опорно-двигательного аппарата тонизирует центральную нервную систему, уменьшая патологическую доминанту, вызванную длительными болевыми ощущениями. Это ведет к уменьшению общей скованности. Мышечным расслаблением (с помощью специальных упражнений) можно снизить гипертонус мышц, вовлеченных в патологический процесс, что содействует лучшему крово- и лимфообращению в мышцах и суставах. Физические упражнения препятствуют атрофии мышечно-связочного аппарата.

Заключение

Оценивая эффективность комплексного лечения и реабилитации пациентов с РА на стационарном этапе, следует отметить, что в группах пациентов, которым назначались ОМТ не было пациентов «без улучшения», тогда как в контрольной группе не наблюдалось улучшения у 20% пациентов. При проведении общей магнитотерапии не наблюдалось неблагоприятных побочных явлений и осложнений ни во время проведения процедуры, ни после ее завершения.

Полученные данные позволяют положительно оценить метод общей магнитотерапии у пациентов РА и рекомендовать его для применения в лечебных учреждениях.

Наш опыт свидетельствует о том, что общая магнитотерапия быстро снимает обострение, позволяет сократить длительность болевого синдрома (уменьшение интенсивности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале на 50% и более от исходного уровня) до четырех дней, снизить воспалительный индекс и отечность в суставах ($p < 0,001$). Это позволяет рано включить в комплекс реабилитационных мероприятий: щадящие методики кинезиотерапии для кистей и верхних конечностей по специально разработанной программе (упражнения для мелких мышечных групп в исходном положении на ребре ладони; дозированные нагрузки с использованием манометра и резиновой груши) и физические тренировки для суставов нижних конечностей в условиях разгрузки (гимнастические упражнения в исходных положениях лежа на спине, животе, боку, на четвереньках, сидя на стуле, стоя с опорой здоровой конечности на плоскость) с постепенным расширением двигательного режима и включением ДФН (тренировки на велоэргометрах и аппаратах механотерапии). Положительный клинический эффект наблюдали у 71% пациентов РА.

Комплексный подход к адекватному назначению методов физио- и кинезотерапии позволяет добиться не только более быстрого регресса клинических проявлений заболевания, но и способствует улучшению психо-эмоционального статуса больных, восстановлению функции пораженных суставов (стабилизация суставов, увеличение силы и выносливости мышц, окружающих пораженные суставы, поддержание достигнутого и восстановление до максимально возможного объема движений в суставах), повышению физической работоспособности ($p < 0,002$).

Следовательно, рациональная комбинация комплекса физиотерапевтических воздействий и кинезиотерапии у пациентов с ревматоидным позволяет существенно повысить эффективность медицинской реабилитации на стационарном этапе в период обострения и подостром течении заболевания. Это проявляется в удлинении сроков до очередного обострения и сокращении продолжительности временной нетрудоспособности ($p < 0,001$).

Применение магнитного поля низкой интенсивности по методике общей магнитотерапии на этапе стационарного лечения у пациентов ревматоидным артритом позволило в короткие сроки купировать острый болевой синдром и включить дозированные физические тренировки для мелкой моторики, что способствовало увеличению двигательной активности и как следствие, улучшению качества жизни данной категории пациентов.

Общая магнитотерапия не вызывает обострения патологического процесса и может использоваться на стационарном этапе лечения и реабилитации пациентов с ревматоидным артритом.

Список литературы:

1. Рубникович С.П., Хрыщанович В.Я. / БГМУ в авангарде медицинской науки и практики / сборник научных трудов, выпуск 10 – Минск, 2020 – с.183-190, 215-222
2. Медицинская реабилитация /под ред. Сокрут В.Н., Яблчанский Н.И. / – Краматорск: «Каштан», 2015. – С.575
3. Кончугова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Иванов А.В. Эффективность методов магнитотерапии в лечении и реабилитации пациентов с заболеваниями суставов с позиции доказательной медицины // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры

УДК 613.838-085:531.5

ГРАВИТАЦИОННАЯ ТЕРАПИЯ В САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ И ОЗДОРОВЛЕНИИ

В.Л. ШЕВЕЛЬ¹, Н.В. РЕШЕТНИКОВА¹, Л.А. МАЛЬКЕВИЧ²

*Санаторий «Белорусочка»¹, Минский район, аг. Ждановичи, Республика Беларусь
Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»²,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В данной статье освещены результаты развития нового направления в медицине - гравитационной терапии на базе санатория «Белорусочка». На основе экспериментальных и клинических исследований выделены специфические и неспецифические реакции организма на действие повышенной гравитации, описаны механизм лечебного действия и оригинальное устройство для его моделирования. Изложены методологические подходы к лечению и профилактике различных заболеваний, отражены показания и противопоказания в гравитационной терапии.

Ключевые слова: искусственная сила тяжести, гравитационная терапия, повышенная гравитация.

GRAVITY THERAPY IN SPA TREATMENT AND WELLNESS

V.L. SHEVEL¹, N.V. RESHETNIKOVA¹, L.A. MALKEVICH²

*Sanatorium «Belorusochka»¹, Minsk region, ag. Zhdanovichi, Republic of Belarus
Belarusian State Medical University², Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. This article highlights the results of the development of a new direction in medicine - gravity therapy on the basis of the sanatorium "Belorusochka". On the basis of experimental and clinical studies, specific and non-specific reactions of the body to the effect of increased gravity are identified, the mechanism of therapeutic action and the original device for its modeling are described. Methodological approaches to the treatment and prevention of various diseases are described, indications and contraindications in gravity therapy are reflected.

Keywords: artificial gravity, gravity therapy, increased gravity.

Введение

Перед врачами санаторно-курортных учреждений Республики Беларусь стоит непростая задача – за относительно короткий срок пребывания отдыхающих в санатории подобрать эффективное комплексное лечение для пациентов с различной нозологической формой заболеваний. Комплекс лечебных и оздоровительных мероприятий пациентов должен быть направлен на восстановление либо компенсацию функциональных нарушений со стороны пораженных органов и систем организма, стабилизацию неврологического и психического здоровья и, как следствие, улучшение качества жизни [1]. Важнейшей задачей санаторно-курортного лечения и оздоровления является улучшение социальной адаптации пациента, нарушенной вследствие болезни, уменьшение симптомов, повышение физического и эмоционального участия пациента в ежедневной жизни, чему, в значительной степени, способствуют благоприятный климат и комфортные условия пребывания отдыхающих. Настоящей находкой, позволившей повысить эффективность оздоровления, для санатория «Белорусочка» стало приобретение в 2017 году инверсионного стола производства отечественной компании «Белмединновация» и включение в комплекс санаторно-курортного лечения гравитационной терапии [3]. Показаниями для применения инверсионного стола являются: эссенциальная артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, хроническая лимфопатическая недостаточность нижних конечностей [2], нарушение сна, головные боли, постковидные проявления и др. Гравитационная терапия не показана при декомпенсированных заболеваниях внутренних органов, нервной систем, беременности, онкологических

заболеваниях, находящихся в состоянии алкогольного опьянения и пациентов, страдающими психическими заболеваниями.

Материалы и методы

Процедуры гравитационной терапии проводились с использованием инверсионного стола, отличительной способностью которого является то, что пациент подвергается постепенному угловому воздействию благодаря возвратно-поступательным, ритмичным, непрерывным движениям с частотой равной 0.1 Гц. Данная частота лежит в диапазоне вазомоций и называется волной Траубе-Майера-Геринга. Колебания являются плавными, а угол наклона составляет до 30 градусов, что препятствует развитию нежелательных рефлекторных реакций в виде вазоспазма и способствует функционированию наибольшего количества капилляров.

Положение на правом боку в «позе эмбриона» способствует уменьшению нагрузки на сердце, улучшению транспорта содержимого из желудка в двенадцатиперстную кишку. Сгибание и разведение конечностей в тазобедренных суставах, с одной стороны, препятствует резкому оттоку крови при наклоне, а с другой- улучшает кровообращение благодаря тому, что угол разведения соответствует углу бифуркации аорты. Фиксация за таз при наклоне вниз способствует мягкой, пропорциональной массе пациента тракции позвоночного столба, что улучшает трофику межпозвонковых дисков, уменьшает компрессию нервных корешков.

Кроме того, при постепенном наклоне происходит декомпрессия брюшной полости, улучшение лимфатического оттока, стимуляция вестибулярного аппарата, снижение артериального давления, удлинение фазы выдоха, улучшение микроциркуляции легких. Плавный возврат в исходное положение препятствует возникновению нежелательных постуральных реакций. Процедура вызвала повышенный интерес со стороны отдыхающих санатория и получила положительный отклик. Очередь пациентов на процедуру была расписана на неделю вперед.

До и после прохождения курса гравитационной терапии пациенты проходили тестирование по опроснику САН (самочувствие-активность-настроение). Опросник представлен в виде шкалы с индексами (3 2 1 0 1 2 3). Испытуемому предлагалось 30 пар слов, для которых свойственно противоположное значение. Задание состояло в том, чтобы выбрать и обвести в кружок по одной цифре на каждой шкале. Выбранное значение должно наиболее точно отражать состояние человека, каким оно является в момент проведения теста.

Опросник САН выявляет такие особенности, как:

- Самочувствие, состоящее из силы, утомляемости и здоровья.
- Активность – из подвижности, скорости протекания функций.
- Настроение, составляемое характеристиками эмоционального состояния.

Благодаря тестированию становится ясным общее состояние здоровья, степень подвижности, а также эмоциональный фон.

Результаты и их обсуждение

За 5 месяцев работы кабинета «Гравитационной терапии» в санатории «Белорусочка» лечение прошли 144 пациента с различной патологией. Возраст пациентов варьировал от 32 до 73 лет. Курс лечения 8-10 процедур.

Все пациенты хорошо переносили процедуры, осложнений и побочных эффектов не наблюдали. Кабинет «Гравитационной терапии» работал со 100% загрузкой.

Среди пациентов, получавших гравитационную терапию, нарушение сна наблюдалось у 25%, головные боли – у 7%, остеохондроз позвоночника – у 8%, синдром «беспокойных ног» - у 12%, артериальная гипертензия – у 17%, шум в ушах - у 4%, сниженный эмоциональный фон - у 8%, варикозное расширение вен нижних конечностей - у 14%, эректильная дисфункция – у 5% отдыхающих.

Оценивая состояние отдыхающих до начала курса гравитационной терапии по шкале САН средние показатели были в диапазоне от 3 до 3.5 баллов. После прохождения курса лечения значения составили от 4 до 5.5.

После прохождения курса гравитационной терапии отмечали улучшение сна, уменьшение шума в ушах, снижение артериального давления, появления «легкости» в ногах. Пациенты с остеохондрозом позвоночника отмечали состояние легкости в спине, уменьшение болей в области шеи и поясницы, улучшение подвижности в грудном отделе позвоночника.

Заключение

Гравитационная терапия с использованием инверсионного стола хорошо зарекомендовала себя у пациентов с COVID-19 в анамнезе, с синдромом «беспокойных» ног, с варикозной болезнью нижних конечностей, у пациентов с эректильной дисфункцией, с артериальной гипертензией, с сахарным диабетом, с нарушением сна, головными болями.

По нашему мнению, преимуществами использования инверсионного стола в санаторно-курортном лечении являются непосредственное воздействие на крово- и лимфообращение, тренирующий эффект на сердечно-сосудистую систему и системное воздействие на организм в целом. Процедура не требует специальной подготовки пациента, в результате ритмичного перемещения крови и лимфы; минимальные число противопоказаний.

В настоящее время в санатории «Белорусочка» продолжаются исследования по влиянию инверсионного стола на состояние здоровья и качество жизни пациентов, ведётся мониторинг данных АД, пульсоксиметрии, ЭКГ, ЧСС в динамике.

Таким образом, лечебный метод гравитационной терапии является эффективным при комплексном лечении пациентов с различной патологией и может быть широко использован в санаторно-курортном учреждении. Данный метод лечения позволяет не только восстановить нормальную микроциркуляцию при хронических заболеваниях, но и оказать общеукрепляющее и омолаживающее воздействие на организм, а также улучшить качество жизни.

Список литературы

1. Волотовская А.В. и соавторы, «Гравитационная терапия» учебно-методическое пособие для врачей, Минск, БелМАПО, 2018. С. 4-8
2. Применение динамического гравитационного стола для лечения хронической лимфovenозной недостаточности нижних конечностей / Ладожская- Гапеенко Е.Е. [и др.] // Хирургия. Восточная Европа. 2017. Том 6. №2. С. 188-197
3. Решетникова Н.В., Волотовская А.В., «Гравитационная терапия с использованием инверсионного стола в санатории «Белорусочка», журнал «Курортные ведомости» №2 (107) 2018. С.62

УДК 616.8-008.64:[615.847+615.825]

ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕПРЕССИЕЙ

А.С. ВАНДА¹, Л.А. МАЛЬКЕВИЧ¹, М.М. СКУГАРЕВСКАЯ²

¹УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

²ГУ «Республиканский научно-практический центр психического здоровья»,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В данной статье представлены результаты сочетанного применения общей магнитотерапии и дозированных физических нагрузок у пациентов с депрессией. Применение общей магнитной терапией и дозированной структурированной физической нагрузкой у пациентов с депрессией повышает эффективность лечения, что подтверждается достоверным снижением уровня личностной невротизации, тревоги и депрессии, улучшением самочувствия, повышением активности и настроения.

Ключевые слова: магнитотерапия, дозированные физические нагрузки, депрессия.

EXPERIENCE IN TREATING PATIENTS WITH DEPRESSION

A.S.WANDA¹, L.A. MALKEVICH¹, SKUGAREVSKAYA M.M.²

*Belarusian State Medical University¹, Minsk, Republic of Belarus
State institution "Republican scientific and practical center for mental health"²
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. This article presents the results of the combined use of general magnetotherapy and metered-dose physical activity in patients with depression. The use of general magnetic therapy and dosed structured physical activity in patients with depression increases the effectiveness of treatment, which is confirmed by a significant decrease in the level of personal neuroticism, anxiety and depression, improved well-being, increased activity and mood.

Keywords: magnetotherapy metered-dose physical activity, depression.

Введение

Депрессивные расстройства являются самыми распространенными из психических расстройств. По данным ВОЗ в мире депрессивным расстройством страдает более 300 миллионов человек. Физиотерапевтические методы и физические нагрузки оказывают разностороннее влияние на психические функции, обеспечивая их активность и устойчивость. Повышение эффективности комплексного лечения депрессий различного типа имеет большую социальную и экономическую значимость.

Особенно актуальным этот вопрос стал, когда население планеты столкнулось с масштабной коронавирусной инфекцией, вызванной вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19). Инфекция способствовала ухудшению состояния пациентов с депрессивными состояниями [1].

Цель исследования: оценить эффективность сочетанного применения общей магнитотерапии и дозированных физических нагрузок у пациентов с депрессивными расстройствами.

Материалы и методы

Общая магнитотерапия проводилась с использованием установки магнитотерапевтической «Колибри» производства Республики Беларусь. Психодиагностические тесты: Шкалы депрессии Гамильтона, Шкалы депрессии Бека, Шкалы Гамильтона для оценки тревоги, Питсбургский опросник; анализ данных пациентов с

депрессией в проспективном наблюдении; анализ научных данных международных исследований.

Разработанная программа тренировок состояла из аэробных упражнений (терренкур/скандинавская ходьба), в том числе с использованием тренажеров «кардио группы», упражнений на растяжку и координацию (Пилатес), дыхательных техник, изотонической и изометрической тренировки основных мышечных групп, комплекса ЛФК при соматической патологии, имеющейся у пациентов

Обсуждение и результаты

Обзор имеющейся научной литературы показал, что большое число пациентов с депрессией, имели обострение основного заболевания в связи возникновением провоцирующих экзогенных факторов, в т.ч. к которым относится инфекция COVID-19 [2]. Следует предположить, что в не зависимости, какой из факторов способствует прерыванию ремиссии, средства лечения, должны эффективно купировать клинические признаки, а реабилитационные – обеспечить максимальное восстановительное длительное действие, в значительной степени повышая профессиональную адаптацию и качество жизни [3].

С этой целью в РНПЦ психического здоровья в 2018-2020гг. было проведено исследование, для реализации которой поставлены задачи:

1. Подбор оптимальные средств физической реабилитации и их дозирования;
2. Определение наиболее эффективного сочетания дозированной физической нагрузки (ДФН) с физиотерапевтическими методами (общей магнитотерапией (ОМТ)).

В исследование вошли пациенты старше 18 лет, страдающие депрессией уровня легкой – умеренной степени тяжести в рамках диагностических рубрик «депрессивный эпизод», «рекуррентное депрессивное расстройство», «невротические, связанные со стрессом и соматоформные расстройства» МКБ10, находящиеся на стационарном лечении в Республиканском научно-практическом центре психического здоровья. После получения информированного согласия пациенты получали: общую магнитотерапию (ОМТ) проводившуюся с использованием магнитотерапевтической установки бегущим магнитным полем «Колибри», с магнитной индукцией до 3,5 мТл; дозированные физические нагрузки (ДФН) в виде структурированной тренировки в индивидуальном и групповом форматах. Занятия проводились в индивидуальном и групповом формате с частотой 3-5 раз в неделю. Среднее значение количества активных занятий основной группы составило 11

Из спектра средств физической реабилитации, были подобраны те, оказываемое действие которых:

- а) соответствовало уровню функционального состояния кардиореспираторной системы;
- б) обеспечивало корригирующее действие на соматическое и психическое состояние пациента.

Все пациенты были разделены на 2 группы: основная группа (пациенты получавшие ОМТ и ДФН (n=60, средний возраст 41,88±12,66 лет, 17% мужчины) и контрольная группа (пациенты, получающие стандартное лечение в соответствии с Протоколом диагностики и лечения (n=50, средний возраст 42,54±13,63 лет, 20% мужчины). В клинической картине преобладали жалобы на повышенную тревогу, снижение настроения, плаксивость, утрату интереса к жизни, психомоторную заторможенность, повышенную утомляемость, нарушение сна и аппетита. По возрасту, полу, выраженности тревоги и депрессии исследуемые группы были сопоставимы.

До и после курса лечения оценивалась выраженность ведущих синдромов с использованием психодиагностических тестов: Шкалы депрессии Гамильтона, Шкалы депрессии Бека, Шкалы Гамильтона для оценки тревоги, Питсбургский опросник на определение индекса качества сна. Статистический анализ полученных результатов проводился с помощью компьютерной программы SPSS.

В начале исследования не было отмечено статистически значимых различий между группами (p>0,05 для всех вышеуказанных методик). На этапе окончания исследования по показателям депрессии (шкалы Бека и Гамильтона) и тревоги (шкала Гамильтона) различия

между группами были статистически значимы ($p < 0,001$). Выраженность тревожной (по шкале депрессии Гамильтона) и депрессивной (по шкалам депрессии Гамильтона, Бека, позитивного и негативного аффекта) симптоматики не отличалась значимо у мужчин и у женщин на этапе включения в исследование. На этапе окончания пребывания в стационаре и независимо от проводимого лечения, выраженность позитивного аффекта была ниже ($p < 0,05$) у женщин, чем у мужчин, что может объясняться некоторой обеспокоенностью пациенток в вопросах успешности выполнения всех освоенных методик физической реабилитации самостоятельно

Заключение

Таким образом, сочетанное применение общей магнитной терапий и дозированной структурированной физической нагрузки у пациентов с депрессией повышает эффективность лечения, что подтверждается достоверным снижением уровня личностной невротизации, тревоги и депрессии, улучшением самочувствия, повышением активности и настроения.

Полученный опыт позволяет предположить, что средства физической реабилитации в сочетании с общей магнитотерапией, применяемые на поздних этапах реабилитации (амбулаторном и домашнем), будут оказывать, в том числе, профилактическое действие, снижая вероятность обострения.

Список литературы

1. Петрова Н.Н., Кудряшов А.В., Матвиевская О.В., Мухин А.А., Лаврова В.А., Чумаков Е.М., Яльцева Н.В., Кузьмина С.В., Костина Н.В., Акимова Е.В., Садовничий К.С., Анцыборов А.В., Дубовец М.Э., Деменева А.А., Кудрявцева А.М., Акулов А.В., Виноградова Т.А., Саморукова Е.М., Шадрин Е.Н., Мороз Д.И., Мордвинцева Е.Р. Депрессивные состояния в структуре постковидного синдрома: особенности и терапия. *Обзор психиатрии и медицинской психологии имени В.М.Бехтерева*. 2022;56(1):16-24.
2. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Post-COVID Conditions: Information for Healthcare Providers. US: CDC; 2021 [Updated 2021 Jul 09; cited 2021 Sep 06]. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/clinical-care/post-covid-conditions.html>
3. Davis HE, Assafa GS, McCorkella L et al. Characterizing long COVID in an international cohort: 7 months of symptoms and their impact. *EClinicalMedicine* 38, 2021.

УДК 616.831-009.7-092-085.814.1

РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ ГОЛОВНОЙ БОЛИ НА ОСНОВЕ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

С.М. МАНКЕВИЧ, А.П. СИВАКОВ, Т.И. ГРЕКОВА, И.Н. БАРАДИНА

*Белорусская медицинская академия последипломного образования
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Цель работы – обосновать дифференцированный подход в базовом методе рефлексотерапии (РТ) головной боли в зависимости от патофизиологического механизма ее формирования. Объекты и методы. При сосудистой ГБ с регионарной церебральной ангиодистонией используют иглоукалывание канальных точек сосудорегулирующего, седативного действия, вегетативно-активных точек, аурикулярных: 55, 19, 59, 100. Показана поверхностная РТ воротниковой зоны, вакуумный массаж, «Гуаша» массаж скребком, карбоксирефлексотерапия на точки и зоны скальпа, электроакупунктура импульсным биполярным током. При ГБ, обусловленной смешанными сосудистыми механизмами (мигрень) используются тормозной и возбуждающий методы воздействия в соответствии с фазами ангиоспазма и вазодилатации. При ГБ, обусловленной преимущественно мышечным напряжением (неврозы), используют общие точки седативного действия в сочетании с терморефлексотерапией, методом поверхностного иглоукалывания, скальпоэлектроакупунктуры. При миофасциальном синдроме при бруксизме лечение ГБ мышечного напряжения обусловлено сегментарно-релаксирующим эффектом РТ. Невралгическая ГБ, успешно лечится методами РТ по тормозной методике. При психалгии рефлексотерапия ГБ направлена на погашение патологической доминанты, обусловленной дисфункцией центральной антиноцицептивной системы. Результаты. Эффективность РТ головной боли с использованием дифференцированной РТ составляет 65–68%. Заключение: выявление ведущей патофизиологической составляющей в клинической картине ГБ достоверно повышает терапевтическую эффективность дифференцированной рефлексотерапии.

Ключевые слова: головная боль; дифференцированная рефлексотерапия; заболевания челюстно-лицевой области; патофизиологическая классификация головной боли.

REFLEXOTHERAPY OF HEADACHE ON THE BASIS OF PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ITS FORMATION

S.M. MANKEVICH, A.P. SIVAKOV, T.I. GREKOVA, I.N. BARADINA

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The aim of the work is to substantiate a differentiated approach in the basic method of reflexotherapy (RT) of headache depending on the pathophysiological mechanism of its formation. Objects and methods. In vascular headache with regional cerebral angiodystonia, acupuncture of channel points of vasoregulatory, sedative action, vegetatively active points, auricular points is used: 55, 19, 59, 100. Surface RT of the collar zone, vacuum massage, Gouache massage with a scraper, carboxyreflexotherapy on points and areas of the scalp, electroacupuncture with pulsed bipolar current are prescribed. In headache caused by mixed vascular mechanisms (migraine), inhibitory and excitatory methods of exposure are used in accordance with the phases of angiospasm and vasodilation. In headache caused mainly by muscle tension (neurosis), common points of sedative action are used in combination with thermoreflexotherapy, surface acupuncture, scalpoelectroacupuncture. In myofascial syndrome with bruxism the treatment of headache muscle tension is due to the segmental-relaxing effect of RT. Neuralgic headache successfully are treated with RT methods according to the inhibitory technique. In psychalgia, reflexotherapy of headache is aimed at extinguishing the pathological dominant caused by dysfunction of the central antinociceptive system. Results. The effectiveness of RT headache with the use of differentiated RT made 65–68%. Conclusion. Identification of the leading pathophysiological component in the clinical picture of headache significantly increases the therapeutic effectiveness of differentiated reflexotherapy.

Keywords: headache; differentiated reflexotherapy; diseases of the maxillofacial region; pathophysiological classification of headache.

Введение

Эпидемиологические исследования свидетельствуют, что головными болями страдают до 80% трудоспособного населения. Головная боль (ГБ) может быть ведущим, симптомом при 50 различных заболеваниях, в том числе, при травматических, воспалительных процессах челюстно-лицевой области, ортопедо-стоматологических манипуляциях, бруксизме и др. Механизм формирования ГБ обусловлен раздражением болевых рецепторов в коже, подкожной клетчатке, сухожильном шлеме, сосудах мягких покровов головы, надкостнице черепа, оболочках мозга, внутричерепных артериях, венах и венозных синусах. Растяжение или сдавление являются основными факторами, вызывающими раздражение рецепторов перечисленных структур.

Патофизиологическая классификация головной боли включает: сосудистую ГБ с проявлением спазма или дилатации артерий, недостаточности тонуса вен. ГБ мышечного напряжения - на основе активации передачи импульса в нервно-мышечном синапсе, сегментарного механизма.[3] Ликвородинамическую ГБ - с повышением или понижением внутричерепного давления. Невралгическую ГБ - на основе генерализации очагов патологической активности в антиноцицептивной системе. Психалгическую ГБ - на основе дисфункции центральной антиноцицептивной системы при нарушении обмена моноаминов и эндогенных опиатов в ЦНС. Смешанную ГБ - при комбинации вышеперечисленных механизмов.

Теоретическая часть

Цель исследования: обосновать дифференцированный подход в базовом методе рефлексотерапии головной боли в зависимости от патофизиологического механизма ее формирования.

Особенность анальгезирующего действия рефлексотерапии (РТ) заключается в повышении порога возбудимости болевых рецепторов, угнетении проведения болевых импульсов по афферентным путям, а также в активации центральной антиноцицептивной системы. Это обеспечивается нейрогуморальными сдвигами, нормализацией баланса медиаторов и модуляторов боли: серотонина, норадреналина и олигопептидов, в том числе эндогенных опиатов, эндорфинов и энкефалинов.

Материалы и методы

При сосудистой ГБ у пациентов с регионарной церебральной ангиодистонией с гипертонусом артерий используют точки, влияющие на регуляцию сосудистого тонуса, седативного действия: E36, GI10, GI11, MC6, C3, C5, F8, F3, P7, вегетативно-активные точки воротниковой зоны, аурикулярные: 55,19,59,100. Применяется II вариант тормозного метода, с дополнительными манипуляциями иглой, в виде вращения, потряхивания, большой амплитудой раскачивания при извлечении. Показана поверхностная РТ воротниковой зоны, релаксирующий массаж, карбоксирефлексотерапия на точки и зоны скальпа.

Ангиодистония с преобладанием низкого тонуса артерий может иметь фоном гипосимпатикотонию или гиперпарасимпатикотонию. В первом случае лечение направлено на активацию симпатической системы: возбуждающим методом действуют на точки R12, G14, F3, TR3, TR5 и тормозным методом – на точку TR20. Эффективна стимуляционная импульсная электроакупунктура биполярным током с частотой в диапазоне 1-15 Гц в зону проекции верхнешейных симпатических ганглиев. Если регионарная церебральная гипотония сопровождается выраженной общей астенизацией, то возбуждающее действие осуществляют на MC7, MC8, VG14, VI8, E36, R6, а при доминировании невротических жалоб показано мягкое тормозное воздействие на точки E36, C3, C7, IG3. Если артериальная гипотония обусловлена

гиперпарасимпатикотонией, тормозят точки V10, V13, VG12, VB34. При аурикулотерапии с той же целью используют точки коры, гипоталамуса, надпочечников, симпатическую точку. При электроакупунктуре воздействуют импульсным биполярным током, используя частоту 100Гц для подавления гиперпарасимпатикотонии.[1]

При гипотонии вен тонизируют точки меридианов MC, TR, VB, воздействие на которые избирательно регулирует венозный отток: MC5, MC6, TR5, TR18, V10, VB12, V2, P7, а при аурикулоакупунктуре - точки почек, надпочечников, затылка, TR и симпатическую. Показан вакуумный массаж воротниковой зоны, «Гуаша» массаж скребком.

Головная боль, обусловленная смешанными сосудистыми механизмами: *мигрень*. В приступном периоде на стадии спазма интракраниальных артерий начинают с тормозного воздействия на общеукрепляющие точки меридианов желудка (E36, E40), толстой кишки (GI4, GI 18), перикарда (MC6), селезенки (RP6, RP9), точки седативного действия (C5, C7, V60, V62). Эффект повышается при локальном тормозном укалывании точек головы – в зависимости от локализации боли: в лобно-височной области — VB3,4,5,6, VB14, E8, TR5, TR23, E36, E41; в височно-теменной области — VB2, VB17, TR22, VB40, V2, V64, VG22, E8; в затылочной области— VG14, VG20, VB20, VII, IG14. В фазе ангиодилатации, когда большая масса крови устремляется в поверхностную височную артерию, вызывая ее расширение, растягивание, перифокальный отек и пульсацию метод терапевтического раздражения иглой меняется на тонизирующий, особенно в локальных точках головы. При классической (офтальмической) мигрени – VB20, VG16; ассоциированной - VG22, VB16, VB17, VG21, V6; вестибулярной — TR17, TR21, IG19, V11, VB20; мозжечковой — VG17, VB20; кардиальной — C5, C7, MC6, V15, V62; «пучковой» — GI11, E36, TR23, VB14, E2, E8, PC1; «шейной» – VB20; VB12, VG14, V11, VG20; при лицевой – GI19, E6, E2, VB1, PC1, TR22.

Электропунктура или электроакупунктура избирательно потенцирует аналгезию, применяется импульсный биполярный ток с формой импульса «спайк волна» по тормозной или тонизирующей методике в соответствии с типом ангиодистонии.

В межприступном периоде эффективна карбоксирефлексотерапия, способствуя профилактике приступов мигрени, их урежению за счет влияния на ангиодистонический синдромокомплекс.

При ГБ, обусловленной преимущественно мышечным напряжением рефлексотерапия определяется природой основного заболевания, которое разным путем приводит к напряжению мышц головы. Неврозы требуют включения в программу лечения общих точек седативного действия: E36, VB20, C7, C3, V43, GI10. Пользуются II вариантами укрепляющего, гармонизирующего и тормозного методов. В случае преобладания астении, быстрой психической истощаемости, показано тонизирующее воздействие на VG14, VB4, VB41, GI4 в сочетании с вариантами терморефлексотерапии «ЦЗЮ», поверхностного иглоукалывания, скальпоэлектроакупунктуры.

При шейном остеохондрозе, миофасциальном синдроме при бруксизме лечение головной боли мышечного напряжения обусловлено сементарно-релаксирующим эффектом рефлексотерапии.[2] Воздействуют на анальгезирующие системные точки: V60, V62, E36, GI4, CI10, сегментарные точки воротниковой зоны, триггерные точки. Применяют I и II варианты тормозного метода в сочетании с аурикулотерапией шейного отдела позвоночника, затылка, симпатической, шень-мэнь. Лечение дополняют пролонгированной микроиглотерапией на точки воротниковой зоны, паравертебральным вакуумным массажем.

Невралгическая головная боль, как вариант поражения вегетативно-чувствительных нервов (тройничного, затылочных) успешно лечится РТ по тормозной методике. РТ применяют дифференцированно, т. е. в момент приступа боли и вне приступа. Приоритет отдается точкам общего действия седативной, анальгезирующей направленности вегетативно-активным точкам шейно-воротниковой зоны и местным в сочетании с точками ушной раковины в зонах проекции тройничного нерва, шейного отдела позвоночника. Во избежание воздействия в локусы курковых точек используется правило «малого и большого» укола.

При психалгии рефлексотерапия ГБ направлена на погашение патологической доминанты, которая обусловлена дисфункцией центральной антиноцицептивной системы при нарушении обмена моноаминов и эндогенных опиатов в ЦНС. Предпочтителен метод классического иглоукалывания в дистальные точки на кистях и стопах. Воздействие слабое (II вариант

возбуждающего метода), экспозиция 15 мин. Целесообразны сочетания симметричных точек в области проекции боли (1–2 пары), аурикулярные точки - в зоне противокоселка и трехсторонней ямки, скальпоэлектроакупунктура зоны MS5 (корковая проекция лимбикоретикулярного комплекса) импульсным биполярным током «спайк-волна». Оптимизацию лечения обеспечивает методика одновременного сочетания сеанса суггестивной психотерапии и РТ.

Результаты и их обсуждение

По нашим наблюдениям эффективность РТ головной боли с использованием дифференцированных методик патогенетической направленности составляет 65- 68%, что коррелирует с данными большинства авторов, указывающих на улучшение в 55—65% случаев, причем эффективность достоверно выше, чем в группах без применения РТ

Заключение

Дифференцированное использование методов рефлексотерапии головной боли, подбор и сочетание точек акупунктуры, сила терапевтического раздражения должны базироваться на знании механизмов формирования цефалгического синдромокомплекса. Выявление ведущей патофизиологической составляющей в клинической картине головной боли достоверно повышает терапевтическую эффективность РТ.

Список литературы

1. Рефлексотерапия головной боли: учебно-метод. пособие / С.М. Манкевич и др.-Минск: БелМАПО, 2021.-16с.
2. Основные подходы к лечению хронической патологии жевательных мышц: учебно-метод. пособие / И.Н.Барадина и др.-Минск: БелМАПО, 2012.-27с.
3. Шток В.Н. Головная боль. М.: Медицина, 1987, 303 с.

УДК 551.586

ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА И СЕЗОННЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ БЕЛАРУСИ В ФОРМИРОВАНИИ МЕТЕОАДАПТАЦИИ

И.В. БУЯКОВ

Институт природопользования Национальной Академии Наук Беларуси (Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. В статье рассматриваются основные особенности климата Беларуси и его сезонные черты. Произведено картографирование пространственного распределения основных метеорологических элементов, влияющих на организм человека таких как поток солнечной радиации на нижней границе атмосферы, температуры воздуха, суммы осадков и скорости ветра на высоте 2 м. Рассмотрена сезонная динамика метеорологических параметров на примере г. Минска, а также особенности погодных условий сезонов года, негативно влияющих на организм человека и требующих адаптации к ним. Кроме того, предложены меры по смягчению негативного воздействия погодных явлений на организм человека.

Ключевые слова: Климат Беларуси, изменение погодных условий, метеорологические параметры, сезонные особенности, организм человека, меры адаптации.

CLIMATE AND SEASONAL WEATHER CONDITIONS FEATURES IN BELARUS IN THE FORMATION OF METEOADAPTATION

I.V. BUYAKOV

The Institute for Nature management of National Academy of Sciences (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The article discusses the main features of the climate in Belarus and its seasonal features. Mapping of the spatial distribution of the main meteorological elements affecting the human body, such as the solar radiation flux at the lower boundary of the atmosphere, air temperature, the amount of precipitation and wind speed at a height of 2 m. The seasonal dynamics of meteorological parameters is considered on the example of Minsk, as well as the features of the weather conditions of the seasons that negatively affect the human body and require adaptation to them. In addition, measures are proposed to mitigate the negative impact of weather phenomena on the human body.

Keywords: Climate of Belarus, changing weather conditions, meteorological parameters, seasonal features, human body, adaptation measures.

Введение

Изменение климата в Беларуси затрагивает все аспекты жизнедеятельности человека. Не является исключением санаторно-курортная отрасль. В связи с потеплением климата происходит изменение частоты и повторяемости различных метеорологических явлений, оказывающих разнонаправленное воздействие на организм человека. [1,2] Так в холодный период года в связи с ростом температур воздуха происходит уменьшение числа дней с сильными морозами, а в теплый – наоборот увеличение числа дней с жаркой погодой. Все это в совокупности с космическими факторами воздействия (солнечная активность и колебание магнитного поля Земли) требует адаптационных мер и корректировки некоторых аспектов санаторно-курортной деятельности.

Методика проведения эксперимента

С целью построения карт пространственного распределения метеорологических элементов было использована модель реанализа MERRA-2, период обобщения 1989–2021 гг. [3] По данным этого реанализа была построена карта распределения потока коротковолновой солнечной радиации на нижней границе атмосферы [4], а также карта скоростей и направлений ветров на высоте 2 м от поверхности Земли. Поскольку на метеорологической сети ветер

измеряется на высоте 10 м, эта величина не подходит для точной оценки ветровой нагрузки на организм человека. Карта распределения температуры воздуха была построена на базе сеточного архива метеорологических данных, имеющего месячное временное разрешение и разработанного на базе Лаборатории климатических исследований Института природопользования НАН Беларуси [5]. Остальные вычисления были проведены на базе программного пакета MS Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Положение Республики Беларусь в средних широтах между 51 и 56 °с. ш. обуславливает умеренный тип климата. Относительная близость к акваториям морей (от Минска до балтийского моря расстояние по прямой составляет около 400 км), а также обогревающее действие Североатлантического течения обуславливает умеренно-континентальный климат с мягкой зимой и теплым летом. Равнинный рельеф территории и отсутствие высоких горных систем в непосредственной близости от административных границ обуславливает свободное проникновения как арктических, так и тропических воздушных масс, несущих с собой кардинально разные погодные условия. Так, арктическая воздушная масса в любое время года приносит похолодание, сопровождается северными и северо-восточными ветрами, что создает дополнительную холодовую нагрузку на организм человека. Тропические воздушные массы проникают на территорию Беларуси, как правило, в летнее время и могут приносить с собой разные погодные условия. При приходе тропических воздушных масс континентального происхождения наблюдается жаркая очень сухая погода (относительная влажность днем понижается до 15–20%), но с довольно значимыми амплитудами температур. Так при дневном максимуме свыше +30 °С ночные минимумы могут опускаться ниже +15 °С. При затоке тропического морского воздуха наблюдается жаркая, но влажная погода (относительная влажность днем 40–60%, ночью до 80–90%) с незначительным (около 10 °С) суточным перепадом температур. При таких погодных условиях наблюдаются так называемые «тропические ночи», когда минимальная температура воздуха не опускается ниже +20 °С.

Зимний сезон на территории Беларуси имеет следующие особенности:

- Низкая продолжительность светового дня (7 – 8 часов);
- Преобладание дней со сплошной облачностью (20–25 дней в декабре пасмурные);
- Низкие температуры воздуха
- Высокая среднемесячная относительная влажность воздуха (85–94% в декабре)
- Повышенная ветровая нагрузка на организм человека (средние скорости ветра на высоте 2 м колеблются от 0,3 до 1,3 м/с за ноябрь–март, а на высоте 10 м скорость ветра колеблется от 4 м/с на юге до 6 м/с на севере страны)
- Резкие межсуточные колебания атмосферного давления на 10 гПа и более и температуры воздуха на 10 °С и более.

Все эти явления в совокупности создают неблагоприятный режим для пациентов, страдающих метеозависимостью, и снижают оздоровительный потенциал северной части Беларуси.

Для летнего сезона характерны следующие особенности:

- Длинный световой день (16 – 17 часов);
- Повышенное ультрафиолетовое излучение Солнца в период с 11 по 15 часов ($UVI \geq 6$);
- Высокие температуры воздуха (в отдельные дни достигают +35 °С и более);
- «Тропические ночи»;
- Грозы и сопутствующие конвективные явления.

Таким образом в летнее время основными лимитирующими факторами для оздоровления населения является повышенное ультрафиолетовое излучение Солнца и высокие температуры воздуха при затоке воздушных масс тропического происхождения. Это накладывает ограничения на использование рекреационного потенциала южной части Беларуси (см. Рис.1).

Для переходных сезонов года характерно меньшее число неблагоприятных факторов, но негативно на самочувствии пациентов могут сказаться следующие:

- Резкие скачки температуры и атмосферного давления
- Частые смены погодных условий, обусловленные неустойчивой циркуляцией атмосферы в переходные сезоны года при перестройке между летним и зимним режимом циркуляции

Кроме сезонных особенностей погодных условий имеют место постоянные факторы воздействия такие как солнечная и геомагнитная активность. Эти факторы действуют постоянно и подчиняются общеизвестным 11 и 22-летним циклам, связанных с изменением числа пятен на Солнце и частотой и интенсивностью солнечных вспышек.

Метеорологические элементы на территории Беларуси имеют закономерности распределения (Рис.1).

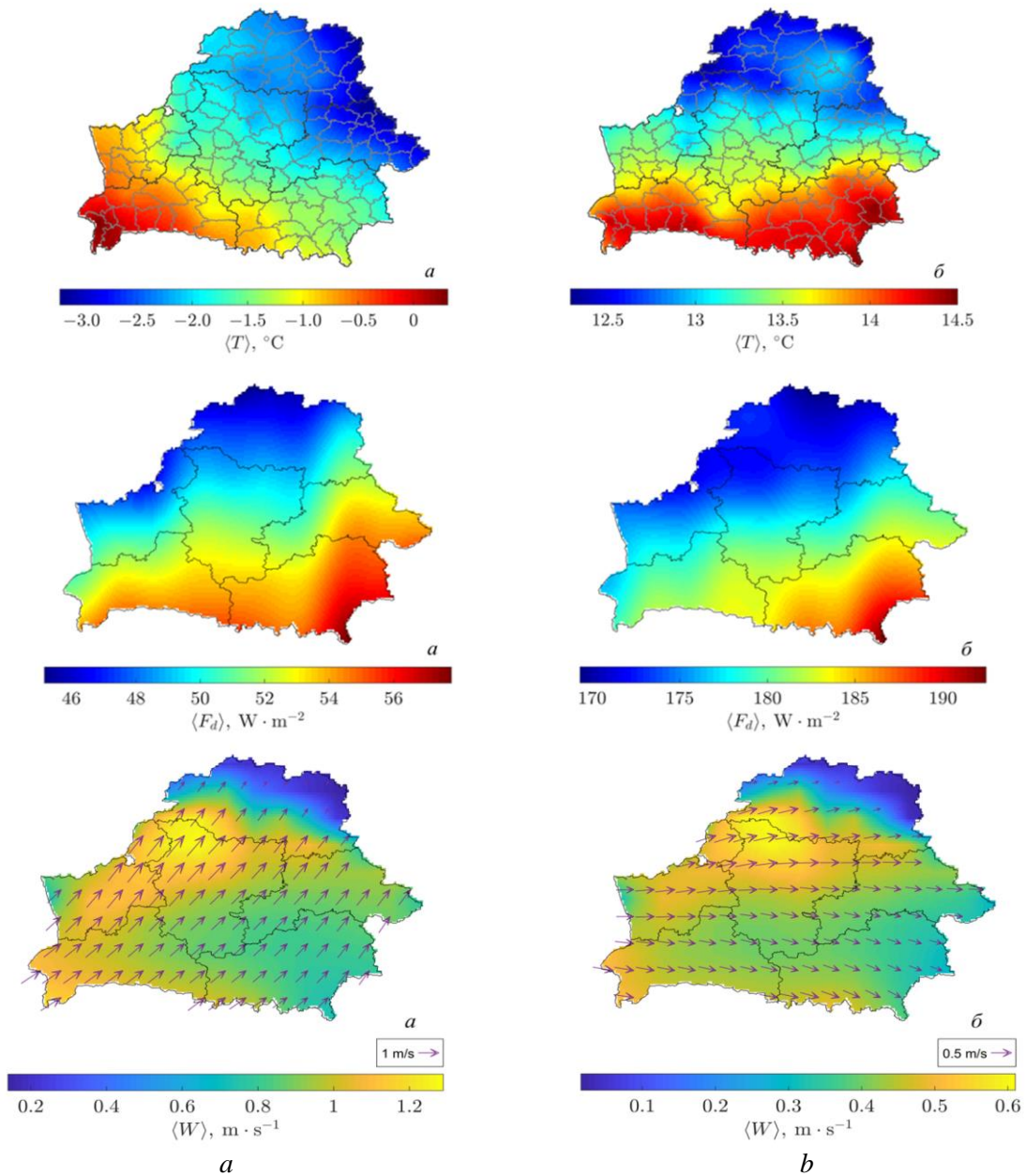


Рис. 1. Пространственное распределение температуры воздуха, потока коротковолновой солнечной радиации на нижней границе атмосферы и скорости ветра на высоте 2 м: *a* – в холодный период года; *b* – в теплый период года

Так для температуры воздуха в холодный период года характерно субмеридианальное распределение, она возрастает с северо-востока на юго-запад от $-3,5$ до $+0,5$ °С. В холодное время года температуру воздуха обуславливает циркуляционный фактор. В теплый период года распределение широтное и колеблется от $+12,0$ °С на крайнем севере до $+14,0$ °С на крайнем юге. Поток солнечной радиации имеет субширотное распределение, однако облачность приводит к тому, что поток коротковолновой радиации минимален на крайнем северо-западе и максимален на крайнем юго-востоке страны. Разность в длине светового дня между июнем и декабрем в 2 раза, а также нахождение Беларуси в средних широтах обуславливают разность в потоке коротковолнового излучения между теплым и холодным периодами года более чем в 3 раза. Для территории характерен в целом спокойный ветровой режим, на высоте 2 м от поверхности земли средние скорости ветров преобладают в диапазоне $0,2 - 1,3$ м/с а в теплый период уменьшаются до $0,1 - 0,6$ м/с. При этом в зимний период преобладают юго-западные ветра, а летом западные и северо-западные.

Годовой ход некоторых метеорологических параметров для метеостанции Минск представлен на Рис. 2.

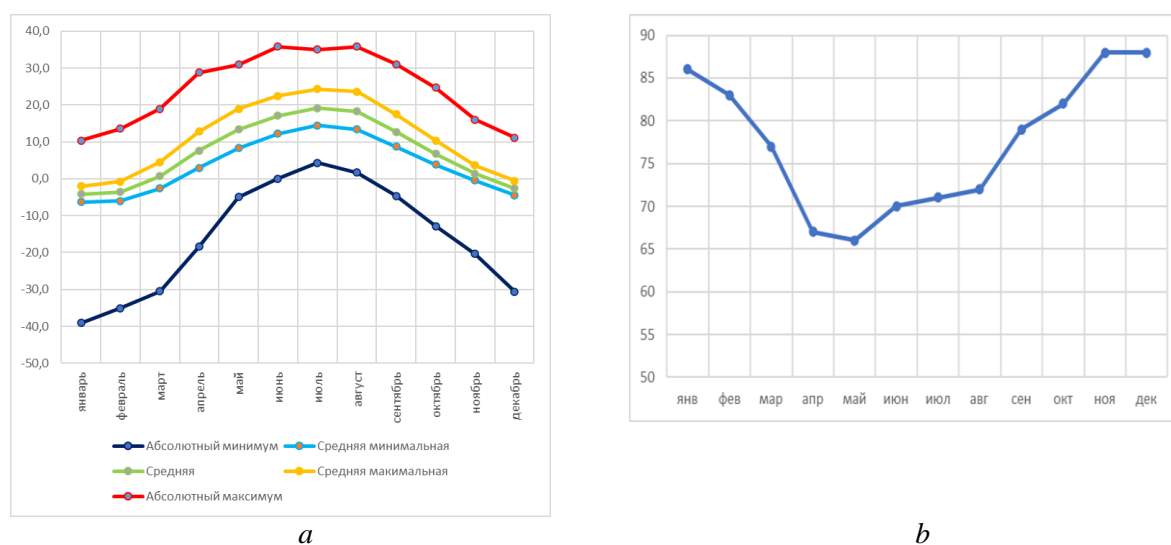


Рис. 2. Годовой ход основных метеорологических параметров по МС Минск:
a – температура воздуха, °С; *b* – относительная влажность воздуха, %

Наибольшие амплитуды температур воздуха характерны для зимних месяцев и достигают 50 °С между абсолютными минимумами и максимумами. В летние месяцы амплитуда температур снижается до $30-35$ °С в июле – августе. Относительная влажность наибольшая в ноябре – декабре и достигает 88% . Наиболее сухие месяцы по относительной влажности – апрель и май, когда ее величина снижается до $66-68\%$. В осенне-зимние месяцы наблюдается наибольшее число пасмурных дней. В Минске в ноябре их в среднем 22 , в декабре – 23 , а в январе – 21 . Самыми солнечными месяцами являются май – август, когда число пасмурных дней не превышает 10 .

Как уже упоминалось ранее, в зимние месяцы преобладают западные и юго-западные ветры (Рис.3).



Рис. 3. Повторяемость направлений ветра (%) по сторонам света по МС Минск в центральные месяцы сезонов года

В январе наиболее часто повторяются ветры южного, юго-западного и западного направлений (18–24%), в июле наиболее часты северо-западные, западные и северные ветры (15–20%). В переходные сезоны года, особенно весной роза ветров приобретает более симметричную форму. Это связано с неустойчивостью ветрового режима в период перестройки с зимнего режима циркуляции атмосферы на летний и наоборот.

Меры по адаптации к изменяющимся погодным условиям можно разделить на три главные группы:

1. Всесезонные меры:

- a. Своевременное информирование врачей и пациентов о прогнозируемых погодных явлениях (резких перепадах температуры и давления, ожидаемых геомагнитных возмущений и бурь и др.);
- b. Оснащение санаторно-курортных учреждений датчиками, фиксирующих уровень ультрафиолетового излучения Солнца;
- c. Подробный сбор анамнеза пациентов по части онкологических заболеваний и метеозависимости;

2. Рекомендации по адаптации зимой:

- a. Ограничение времени нахождения пациентов на открытом воздухе во время сильных морозов или в условиях сочетания сильного ветра и высокой относительной влажности воздуха даже во время оттепели;
- b. Всесторонняя работа с пациентами, имеющими склонность к депрессии, которая усугубляется на фоне короткого светового дня и преобладания пасмурных дней
- c. Своевременная противогололедная обработка территории учреждения и подъездных путей к нему

3. Рекомендации по адаптации летом:

- a. Ограничение времени нахождения пациентов под прямыми солнечными лучами с 11 до 15 часов, особенно лиц, перенесших или имеющих риск развития онкологических заболеваний
- b. Дозирование интенсивных физических нагрузок, перенос процедур их предполагающих на утреннее или вечернее время в условиях жаркой погоды
- c. Рекомендации пациентам по употреблению большего количества воды
- d. Кондиционирование помещений с учетом наружной температуры воздуха так, чтобы разность температур не превышала 6 – 8 °С в жаркую погоду, во избежание резких

перепадов температур между улицей и помещением, что поможет избежать дополнительной тепловой нагрузки на организм.

Заключение

Таким образом, Республика Беларусь имеет умеренный, умеренно континентальный климат с мягкой зимой и теплым летом, который на фоне современных изменений климата, способствует благоприятному оздоровлению населения в большую часть года за исключением осенне-зимнего сезона, когда происходит усиление контрастности погодных условий и возрастает количество дней с явлениями, неблагоприятно влияющими на самочувствие пациентов.

Потепление климата способствует смягчению негативного влияния погоды на организм человека в холодный период года (ноябрь-март), однако полностью не нивелирует негативный эффект. В теплое время года усиливается негативное влияние на организм человека, связанное с повышенным температурным режимом и ультрафиолетовым излучением Солнца.

Витебская, а также северо-запад Минской и север Гродненской области хуже всего освещены зимой, там минимальная длина светового дня, более низкие температуры и сильные ветры зимой, наибольшее число дней с гололедом и метелями, что снижает комфортность отдыха в это время года. В то же время летом, в этих регионах более щадящее УФ-излучение, меньшее число дней с высокими температурами воздуха, что благоприятствует оздоровлению населения в этих районах в теплое время года.

В южных областях Беларуси ситуация противоположная. Эти области зимой лучше всего освещены. Здесь более спокойный ветровой режим, выше температура воздуха и меньше всего дней с метелями и гололедом, что благоприятствует оздоровлению населения здесь зимой. Летом же в этих областях наибольшее число дней с неблагоприятными факторами, характерными для теплого времени года: высокое УФ-излучение солнца, грозовая активность, повышенный температурный режим, а также повышен риск развития засух и пожаров в природных экосистемах.

Таким образом, пациентов, страдающих метеочувствительностью и имеющих риск развития онкологических заболеваний, необходимо направлять в учреждения расположенные на юге страны зимой и на севере страны летом во избежание дополнительных нагрузок на организм. Соблюдение вышеизложенных мер адаптации поможет уменьшить негативный эффект от погодных условий, а также повысить эффективность лечение пациентов в условиях санаторно-курортных учреждений.

Список литературы

1. А.Н. Витченко, И.А. Телеш. Оценка комфортности климата городов Беларуси. Український гідрометеорологічний журнал. 2011; № 8. С. 28-37.
2. В.Ф. Логинов, А.И. Волчек, И.Н. Шпока. *Опасные метеорологические явления на территории Беларуси*. Минск: Беларуская навука; 2010.
3. Gelaro R., et al. MERRA-2 Overview: The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *J. Climate*. 2017. V. 30. P. 1643–1664.
4. Kato, S., F. G. Rose, D. A. Rutan, T. E. Thorsen, N. G. Loeb, D. R. Doelling, X. Huang, W. L. Smith, W. Su, and S.-H. Nam. Surface irradiances of Edition 4.0 Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) Energy Balanced and Filled (EBAF) data product. *J. Climate*. 2018. Vol. 3. P. 4501-4527. DOI:10.1175/JCLI-D-17-0523.1.
5. С. А. Лысенко, В. Д. Чернышев, В. В. Коляда. Сеточный архив метеорологических данных для Республики Беларусь и возможности его применения для исследования пространственно-временных особенностей изменений климата. *Природопользование*. 2019; № 1. С. 17–27.

УДК 544.77.054.6+615.838

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ С НИЗКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ ДЛЯ БАЛЬНЕОЛОГИИ

А.Э. ПЫЖ¹, Ю.Г. ЯНУТА², В.Н. АЛЕЙНИКОВА², Э.С. КАШИЦКИЙ¹

¹Институт физиологии НАН Беларуси, ул. Академическая, 28, 220072, Минск, Беларусь;

²Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь.

Аннотация. Представлены результаты изучения возможности получения гуминовых веществ (ГВ) каустобиолитов с низкой минерализацией для нужд бальнеологии. Показано, что зольность в ГВ представлена различными компонентами и может быть снижена поэтапной обработкой различными растворителями. В зависимости от устойчивости к вымыванию зольные компоненты, находящиеся в ГВ можно разделить на следующие: удаляемые дистиллированной водой, раствором HCl и совместной обработкой HCl/HF. Заключительным этапом такой обработки является промывка обработанного компонента водой.

Ключевые слова: гуминовые вещества, бурый уголь, торф, бальнеология, зольность, минеральные примеси, соединения кремния, экзoeffект, ионообменные центры, деформационные колебания.

TECHNOLOGY FOR OBTAINING HUMIC SUBSTANCES WITH LOW MINERALIZATION FOR BALNEOLOGY

ANNA E. PYZH¹, YURI G. YANUTA, EDWARD S. KASHITSKY¹, VERA N. ALEYNIKOVA²

¹Institute for Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

²Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;

Abstract. The results of the study of the possibility of obtaining humic substances (GW) of low mineralization caustobiolites for the needs of balneology are presented. It is shown that the ash content in the soil is represented by various components and can be reduced by step-by-step treatment with various solvents. Depending on the resistance to leaching, the ash components contained in the GW can be divided into the following: removed with distilled water, HCl solution and HCl/HF joint treatment. The final stage of such treatment is the washing of the treated component with water.

Keywords: humic substances, brown coal, peat, balneology, ash content, mineral impurities, silicon compounds, exoeffekt, ion exchange centers, deformation vibrations.

Введение

Использование торфа, сапропеля в качестве компонентов при бальнеологических процедурах насчитывает не одно столетие. В настоящее время признана эффективность таких процедур [1, 2], однако их использование сопряжено с рядом трудностей: сложность при хранении исходного сырья, высокие удельные расходы на процедуру, проблемы с обращением с уже использованным материалом. В работе [3] показано, что применение ГВ в качестве компонента грязеразводных ванн или при аппликационных процедурах сопоставимо по эффекту с использованием каустобиолитов. При этом сокращаются затраты на транспортировку, хранение и последующее обращение с отработанным материалом. При этом ГВ находятся в каустобиолитах свободном, и в связанном состоянии, что при извлечении приводит к сопутствующему загрязнению примесями. Кроме того, подвижность ГВ, как высокомолекулярных соединений определяется и зарядом молекулы (степенью ионизации функциональных групп), и структурными параметрами. Наличие минеральных компонентов приводит к конформационным изменениям в структуре увеличивающим размер гуминового агрегата. Целю исследований являлась разработка технологии получения ГВ с низким содержанием зольных примесей.

Материалы и методы исследований

ГВ были выделены обработкой каустобиолитов 0,05 н водным раствором NaOH при гидромодуле 1:100. Для установления гидролитического равновесия суспензию выдерживали в течение 24 часов при температуре 20 °С при перемешивании механической мешалкой ИКА RW. По истечении времени гидролиза материал разделяли центрифугированием с получением жидкой и твердой фракции. Разделение осуществляли на лабораторной центрифуге Sigma 4-16 KS при следующих параметрах: объем единичной загрузки – 600 г; время разделения – 20 мин., частота вращения ротора – 4500 об/мин; фактор разделения – 3041, температура – 20 °С. Водорастворимые продукты гидролиза после их разделения имели рН 12,2. Процесс извлечения ГВ повторяли трехкратно с объединением фугата. Из объединенного фугата извлекали ГВ путем обработки раствора 1 н HCl до рН 1,9. Подкисленный таким образом раствор выдерживали в течение суток при постоянном перемешивании, после чего разделяли при условиях, указанных выше. Влажность и зольность образцов определяли согласно СТБ 2042 - 2010. Реакцию среды определяли с использованием рН-метра Hanna Hi 211 с комбинированным электродом.

ИК-спектры регистрировали на автоматизированном приборе IR Prestige-21 (Япония) в диапазоне от 4000 до 400 см⁻¹. Образцы для исследования готовили по стандартной методике запрессовки с KBr. Концентрация анализируемого образца в таблетке составляла 0,3–0,5 %. Дифференциальный термический анализ (ДТА) образцов осуществляли на аппарате STA 2500 Regulus (Netsch) в платиновых тиглях. Образцом сравнения являлся тонкодисперсный Al₂O₃. Параметры проведения исследования: защитный газ и газ-носитель – N₂ с расходом 20 и 30 мл/мин соответственно; скорость подъема температуры – 10 °С/мин; максимальная температура – 900 °С.

Результаты и их обсуждение

ГВ, извлеченные из природного сырья, характеризуются высокой зольностью. В таблице 1 приведены результаты трехкратной обработки 0,1 н HCl и последующей двукратной промывки водой гуминовых препаратов, выделенных из торфа и бурых углей. Согласно полученным результатам можно констатировать, что трехкратная обработка HCl и последующая промывка водой позволяет получить низкозольные ГВ торфа. Для сапропелевых и буроугольных ГВ данный тип обработки не позволяет достичь зольности менее чем 6,24 масс.%, что в большинстве случаев для получения чистых ГВ недостаточно.

Таблица 1. Изменение зольности препаратов ГВ

Характеристика обработки	ГВ торфа, % масс.	ГВ сапропеля, % масс.	ГВ бурого угля, % масс.
Без обработки (контроль)	19,9	20,0	20,3
Первая обработка 0,1н HCl	10,4	12,4	14,6
Вторая обработка 0,1н HCl	6,3	6,6	8,2
Третья обработка 0,1н HCl	4,3	5,3	7,3
Четвертая обработка 0,1н HCl	3,9	4,7	7,1
Первая отмывка водой	1,2	3,2	6,5
Вторая отмывка водой	0,7	2,4	6,2
Третья отмывка водой	окраска фугата	окраска фугата	окраска фугата

Примечание. Окраска фугата свидетельствует о частичном переходе ГВ в водорастворимое состояние, т.е. о потере образца.

ИК-спектры образцов ГВ, выделенных из различного сырья, показало, что трехкратная обработка водных растворов приводит к практически полному переводу карбоксильных групп в Н-форму. Это не объясняет невозможность удаления минеральных примесей обработкой водными растворами HCl с последующим центрифугированием.

Результаты ДТА обработанных образцов ГВ сапропеля водными растворами HCl представлены на рисунке 1.

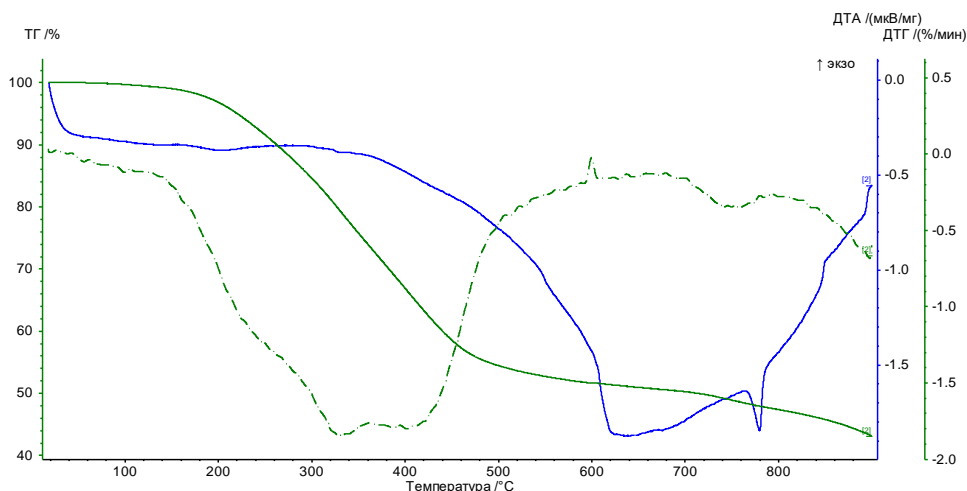
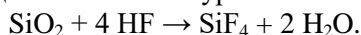


Рис. 1. Кривые ДТА сапропеля бурого угля.

Как видно из рисунка 1, на кривой термических эффектов виден четкий эндоэффект в высокотемпературной области (минимум при 780 °С). Данный эффект не сопровождается изменением массы навески образца, что можно трактовать как фазовый переход в образце. Происхождение данного эффекта может быть связано как с перестроением углеродного скелета органической части образца, так и со структурными превращениями минеральных примесей.

Согласно [4] зольные компоненты бурого угля в основном представлены соединениями кремния. В этом случае необходимое количество HF для связывания кремния можно определить согласно уравнению:



Установлено, что при стехиометрическом соотношении HF:Ас = 1:1 обработка ГП в течение 2,5 ч снижает их зольность с 6,2 до 2,2 масс. %. Дальнейшее увеличение времени обработки до 96 часов снижает зольность до 0,9%.

На рисунке 2 представлены ИК-спектры ГВ бурого угля, подвергнутых обработке HF.

Особо нужно обратить внимание на следующие диапазоны: 1040 см⁻¹ – валентные колебания Si – O –C, деформационные колебания OH; 915 см⁻¹, 760 см⁻¹– деформационные колебания связи Si–O. Широкая полоса при 540 – 430 см⁻¹ состоит из ряда плохо разрешенных полос деформационных колебаний групп Si–O–Me, Si–O–Si, Si–O (535 см⁻¹, 505 см⁻¹, 475 см⁻¹, 435 см⁻¹) минеральных составляющих.

Таблица 2. Влияние обработки ГВ бурого угля HF на зольность

Продолжительность обработки, час	HF:Ас, масс. %/стехиометрическое/					
	0,5/0,4	0,9/0,7	1,3/1,0	1,7/1,3	2,4/1,8	3,0/2,3
0,2	5,3	5,0	4,5	4,4	4,2	4,0
0,5	5,0	3,8	3,3	2,9	1,9	1,8
1,2	4,9	3,3	3,2	2,6	1,6	1,5
2,5	4,6	2,6	2,2	1,7	1,4	1,4
5,0	4,5	2,3	1,8	1,6	1,4	1,3
24,0	4,4	1,5	0,9	1,0	1,0	1,0
48,0	4,0	1,4	1,0	0,8	0,7	0,8
96,0	3,9	1,1	0,9	1,0	0,8	0,8
144,0	3,9	1,1	0,9	0,9	0,8	0,8

Следует отметить, что предварительная трехкратная обработка ГВ HF полностью удаляет ионообменно связанные элементы, т.е. наблюдается сильная полоса валентных колебаний C=O кислот, интенсивность которой не изменяется при последующих обработках кислотой.

Обработка ГВ HF в течение 0,5 ч оказывает существенное влияние на полосы соединений Si: исчезает полоса деформационных колебаний (915 см⁻¹, 760 см⁻¹), наблюдается ослабление узкой полосы валентных колебаний Si – O (1040 см⁻¹) и полос 535 см⁻¹, 505 см⁻¹

деформационных колебаний соединений кремния. Увеличение стехиометрического соотношения HF:Ac при том же времени обработки 0,5 час практически не вызывает никаких изменений в ИК-спектрах. Увеличение же времени обработки до 48 часов приводит к полному исчезновению (оставшейся неизменной при времени обработки 0,5 час) полосы Si–O – минеральной составляющей соединений кремния.

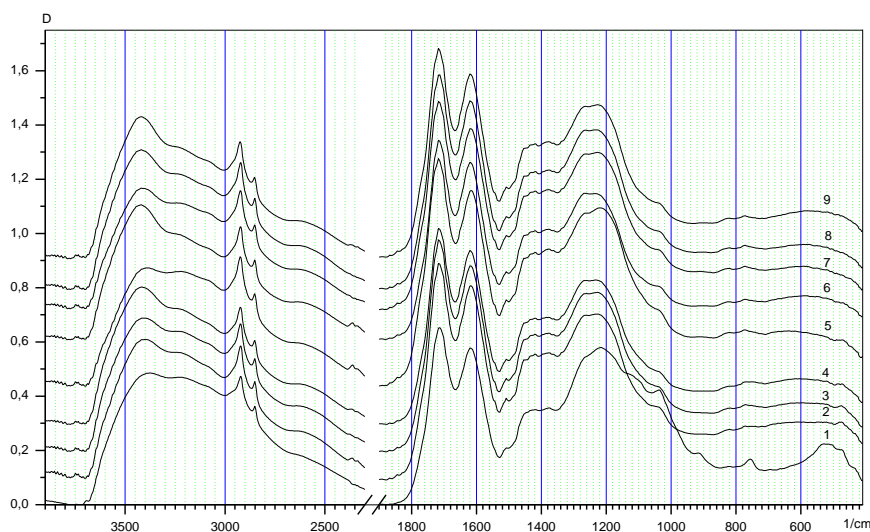


Рис. 2. Влияние обработки ГВ бурого угля HF на их ИК-спектры: 1 – исходный образец (контроль); 2–5 – время обработки = 0,5 ч; 6–9 – время обработки = 48 ч; 2,6 – HF:Ac = 0,9; 3,7 – HF:Ac = 1,3; 4,8 – HF:Ac = 1,7; 5,9 – HF:Ac = 2,4.

Полученные результаты показывают, что обработка ГВ в течение 0,5 час HF приводит практически к полному удалению органо-минеральных соединений кремния. Для удаления минеральных соединений кремния требуется увеличение времени обработки и увеличение стехиометрического соотношения реагентов.

Заключение

Таким образом, выполненные исследования свидетельствуют, что зольные компоненты в ГВ различного происхождения можно условно разделить на следующие составляющие: зольные компоненты, легко удаляемые путем простой промывки дистиллированной водой. Их присутствие обусловлено, как правило, выделением ГВ (щелочной гидролиз и последующее осаждение кислотой). Вторая группа веществ связана с ионообменными центрами ГВ (в первую очередь карбоксильными группами). Эти соединения можно удалить путем обработки ГВ раствором HCl. И третья группа примесей: примеси, удаление которых возможно лишь путем разрушения их структуры. Эти соединения представлены в основном SiO₂. Их удаление возможно путем обработки образца раствором HF. При этом целесообразно использовать совместную обработку HF/HCl, что не приведет к потере целевого продукта.

Данный метод обеззоливания ГВ позволяет получать препараты со стабильными физико-химическими свойствами, что создает предпосылки для их использования в бальнеологии.

Список литературы

1. Смирнова В.В. Закономерности формирования, ресурсы и качество торфяного сырья Беларуси для получения лечебных грязей. Дисс. ...канд. техн. наук: 05.15.05/ Инст. пробл. исп. прир. рес. и экологии НАН Беларуси – Мн.: 1993. - 166 с.
2. Торф и его применение в медицине / В.М. Козин [и др.]. – Томск, 2014. – 172 с.
3. Беркович А. М. Применение гуминовых и гуминоподобных препаратов в ветеринарии и медицине [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.humipharm.ru/research/prim.pdf>. – Дата доступа: 01.10.2021.
4. Фаллошин П.Л., Коврик С.И., Смолячкова Е.А. Качественные характеристики бурых углей Бриневского месторождения / Природопользование, 2007. – Вып. 13. – С. 109-113.

УДК 613.165.6

МОНИТОРИНГ УФ ИНДЕКСА В БЕЛАРУСИ

Т.Г. ТАБАЛЬЧУК, А.Г. СВЕТАШЕВ

*Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ
(Минск, Беларусь)*

Аннотация. В работе описана сеть и приборная база, используемая Национальным научно-исследовательским центром мониторинга озоносферы БГУ для осуществления оперативного мониторинга интенсивности приземного уровня ультрафиолетовой радиации и УФ индекса. Показана разница в наблюдаемых значениях УФ индекса в Минске и в районе озера Нарочь, а также причины указанной разницы. Полученная информация может быть полезна при выработке рекомендаций по времени и продолжительности нахождения людей на открытом воздухе во время санаторно-курортного лечения.

Ключевые слова: солнечная радиация, ультрафиолетовое излучение, УФ индекс, мониторинг УФ индекса

UV INDEX MONITORING IN BELARUS

TATIANA.G. TABALCHUK, ALEXANDER G. SVETASHEV

*National Ozone Monitoring Research Center of Belarusian State University
(Minsk, Belarus)*

Abstract. The paper presents the network and instrumentation used by the National Ozone Monitoring Research Center of the Belarusian State University for real-time monitoring of the ultraviolet radiation surface level intensity and the UV index. The difference in the observed values of the UV index in Minsk and in the area of Lake Naroch is shown, as well as the reasons for this difference. The information obtained can be useful in recommendations on the time and duration of people's stay in the open air during sanatorium treatment.

Keywords: solar radiation, ultraviolet radiation, UV index, UV index monitoring.

Введение

В последние годы наряду с общим ухудшением экологической обстановки, изменением климата, загрязнением атмосферы, воды и почв, возникла проблема, связанная с влиянием на здоровье человека избыточного ультрафиолетового облучения. Глобальный процесс деградации озонового слоя Земли, одним из проявлений которого является образование "озоновых дыр", привел к нарушению привычного режима естественного ультрафиолетового (УФ) излучения.

С избыточным влиянием УФ излучения Всемирная организация здравоохранения связывает более 25 заболеваний и нарушений состояния здоровья. Среди наиболее социально и экономически значимых неблагоприятных последствий влияния УФ излучения следует отметить онкологические заболевания кожи. В 2020 г. во всем мире было диагностировано более 1,5 млн случаев рака кожи и зарегистрировано более 120 000 обусловленных им случаев смерти. Также, согласно оценкам, около 18 млн человек в мире страдают слепотой по причине катаракты; порядка 10% таких случаев могут быть вызваны воздействием УФ-излучения [1].

К причинам, обуславливающим внимание к этой проблеме в Республике Беларусь, следует отнести увеличение солнечной радиации из-за снижения уровней озона, возрастание популярности отдыха на южных курортах в течение всего года, а также рост заболеваемости злокачественными новообразованиями кожи: за последние 30 лет количество ежегодно регистрируемых первичных случаев меланомы в Беларуси увеличилось более чем в 10 раз [2].

Методика проведения эксперимента

Учреждение Белорусского государственного университета «Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы» (ННИЦ МО БГУ) осуществляет оперативный мониторинг, анализ и прогноз состояния озоносферы и уровней приземного УФ излучения в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды. Наблюдения проводятся на Минской озонометрической станции (№354) ННИЦ МО БГУ (53.83°N, 27.47°E), в учебно-научном центре «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» (53.89°N, 27.55°E), а также в Гомельском государственном университете им. Франциска Скорины (52.44°N, 31.00°E).

В качестве приборной базы используется автономная дистанционная система для мониторинга состояния озонового слоя и измерения дозы активного биологического ультрафиолетового излучения ПИОН-ФН. Система включает в себя двухканальный фотометр и солнечную панель. ПИОН-ФН полностью автономен и не требует внешних источников питания и связи с компьютером для хранения и обработки данных. Результаты измерений передаются посредством сети GSM на удаленный сервер, что позволяет непрерывно следить за состоянием озоносферы и УФ индексом в режиме online. Автономность системы и использование сети GSM для передачи данных позволяет устанавливать фотометр фактически в любом месте, где есть покрытие оператора сотовой связи, что позволяет в кратчайшие сроки создать сеть для эффективного мониторинга озоносферы и оперативного предупреждения о риске УФ облучения.

ПИОН-ФН имеет высокую энергоэффективность: энергопотребление в спящем режиме составляет всего 13мВт. Использование микроконтроллера с архитектурой ARM позволяет проводить расчет общего содержания озона и УФ индекса непосредственно программой микроконтроллера. Помимо этого, программа рассчитывает время восхода и захода солнца, что позволяет автоматически переводить фотометр в спящий режим в ночное время. В случае невозможности использовать сеть GSM в фотометре предусмотрен альтернативный беспроводной канал связи на частоте 433МГц и максимальной дальностью 1 км. В этом случае данные передаются на ПК или ноутбук [3].

Результаты и их обсуждение

Наблюдения показали, что наибольшие значения УФ индекса приходятся на летние месяцы, что объясняется наибольшей высотой солнца над горизонтом и, как следствие, наибольшим притоком ультрафиолетовой радиации. Однако высокие значения УФ индекса (6 и выше) могут также регистрироваться и весной. Это, в первую очередь, связано с состоянием озонового слоя. Весной происходит активная перестройка атмосферы с зимнего режима циркуляции к летнему, в результате чего существенно увеличивается изменчивость в содержании озонового слоя и над территорией Беларуси наблюдается большое количество как положительных, так и отрицательных озоновых аномалий. Если такая отрицательная аномалия совпадает с ясной безоблачной погодой, то УФ индекс может достигать высоких значений, больше характерных для летних месяцев. Высокие значения УФ индекса в весенний период достаточно опасны, т.к. кожа после зимы, как правило, ещё не успела получить новую дозу солнечной радиации и выработать меланин для естественной защиты от УФ излучения.

Отдельный интерес представляют пространственные особенности распределения УФ индекса на территории Беларуси. На рисунке 1 представлены годовые значения УФ индекса, измеренные на Минской озонометрической станции, а также на Нарочанской биологической станции. Логично предположить, что УФ индекс в районе Нарочи будет ниже, т.к. озеро расположено севернее Минска, а значит высота солнца над горизонтом там будет меньше. Однако в весенне-летние месяцы ситуация противоположная: интенсивность приземного ультрафиолетового излучения в Минске ниже, чем на Нарочи. В данном случае существенное влияние оказывают такие местные факторы как состояние атмосферы и альbedo подстилающей поверхности.

Атмосферный аэрозоль, который в большом количестве содержится в атмосфере над Минском, дополнительно рассеивает солнечную радиацию, в том числе и ультрафиолетовую,

снижая тем самым приземный уровень УФ облучённости. В районе Нарочи же атмосфера значительно чище и содержание атмосферного аэрозоля намного меньше, а значит отсутствует дополнительное рассеяние УФ радиации.

Более высокие значения УФ индекса в районе Нарочи обусловлены в том числе самим озером. Из-за более высокого альbedo водного зеркала Нарочь отражает обратно в атмосферу больше ультрафиолетовой радиации, чем земная поверхность или урбанизированные территории (как в случае с Минском). Этот фактор дополнительно увеличивает УФ облучённость территории и как следствие более высокое значение УФ индекса в районе озера Нарочь по сравнению с Минском.

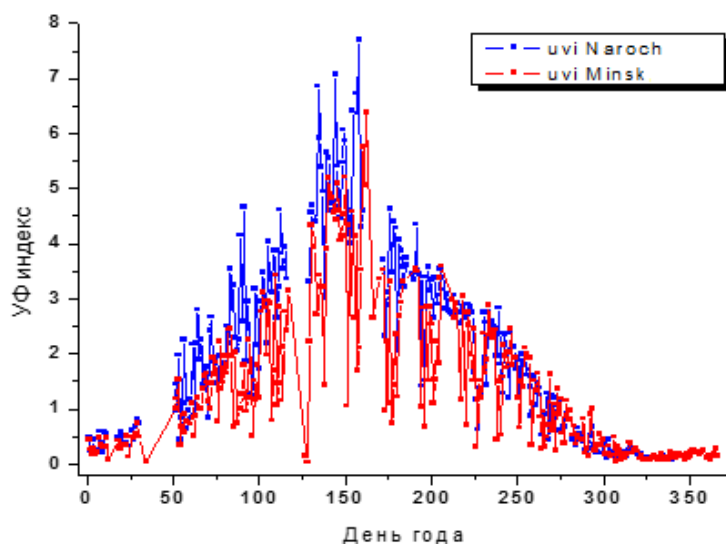


Рис. 1. Сравнение годовых распределений значений УФ индекса в районах Минской озонметрической станции и станции БГУ на оз. Нарочь

Заключение

Максимальные значения УФ индекса приходятся на летний период, однако наибольшую опасность представляют высокие значения УФ индекса, наблюдающиеся в весенний период в результате образования отрицательных озоновых аномалий.

Интенсивность ультрафиолетового излучения, достигающего земной поверхности, зависит от высоты солнца над горизонтом, состояния и степени загрязнения атмосферы (облачность, общее содержание озона, наличие аэрозолей). Существенное значение, кроме того, имеет отражательная способность подстилающей поверхности. Совокупность указанных факторов приводит к тому, что большую часть года в районе озера Нарочь значения УФ индекса выше, чем в Минске.

Список литературы

1. Ультрафиолетовое излучение [Электронный ресурс] // Информационные бюллетени Всемирной организации здравоохранения / Всемирная организация здравоохранения. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>. – Дата доступа: 02.11.22.
2. Республиканский День профилактики меланомы [Электронный ресурс] // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/novoe-na-saite/respublikanskiy-den-profilaktiki-melanomy/>. – Дата доступа: 02.11.22.
3. V. Dziomin et. al. — Independent remote system to monitor ozone layer state and measure active biological erythema dose of ultraviolet radiation // Quadrennial Ozone Symposium 2016, Edinburgh, Scotland, UK. - Abstract QOS2016-355. – 2016.

УДК 61:612.88

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕНИРОВОК В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

И.П. МАРЬЕНКО, С.А. ЛИХАЧЕВ, М.П. МОЖЕЙКО

РНПЦ Неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь

Аннотация. Широкая распространённость статокINETических расстройств при заболеваниях нервной системы обуславливает необходимость поиска новых методов и технологий для медицинской реабилитации и улучшения качества жизни пациента. Тренировки в дополненной и виртуальной реальности создают среду полимодальной сенсорной афферентации, активирующую механизм «обратной связи» для усиления процессов восстановления. Показана эффективность использования тренировок в среде виртуальной реальности, как метода восстановления нарушений статокINETической устойчивости.

Ключевые слова: статокINETическая устойчивость, медицинская реабилитация, тренировка, виртуальная реальность, стабилметрия, полимодальная афферентация

THE EFFECTIVENESS OF TRAINING IN A VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT TO IMPROVE STATOKINETIC STABILITY

I.P. MARYENKO, S.A. LIKHACHEV, M.P. MOZHEIKO

RRCC of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

Abstract. The big prevalence of statokinetic disorders in nervous system diseases shows the necessitates to search for new methods and technologies of medical rehabilitation and improvement of the patient's quality of life. Training in augmented and virtual reality creates an environment of polymodal sensory afferentation that activates the "feedback" mechanism to enhance recovery processes. The effectiveness of using training in a virtual reality environment as a method in restoring violations of statokinetic stability is shown.

Keywords: statokinetic stability, medical rehabilitation, training, virtual reality, stabilometry, polymodal afferentation

Введение

Поддержание статокINETической устойчивости (СКУ) представляет непрерывный динамический процесс постоянного взаимоперемещения звеньев тела и общего центра давления (ЦД), где ЦД – это интегральная точка на плоскости опоры [6]. Основная стойка человека в проекции представляет собой вертикаль, проходящую через общий ЦД тела, который опускается от центра головы, проходя на 1 см кпереди от 3–4-го поясничного позвонка через центр тазобедренного сустава, впереди коленного сустава и ложится на плоскость опоры на 4–5 см кпереди от линии внутренних лодыжек [2,3]. Биомеханически, тело подобно модели перевернутого маятника, где взаимная работа мышц определяет его устойчивость, а управление и ориентация в пространстве реализуется взаимодействием афферентных сигналов различных сенсорных систем [3,6]. Механизм поддержания СКУ в различных состояниях обеспечивается афферентными (вестибулярное, зрительное, проприоцептивное) и эфферентными звеньями (нейровегетативное, мышечное), повреждение которых, а также нарушение взаимодействия между этими звеньями искажает управление СКУ.

Прямое управление движениями с помощью только эфферентных импульсов невозможно, ввиду необходимости механизма «обратной связи», осуществляемого афферентными импульсами и афферентным синтезом, сигнализирующим о правильности выполнения движений [1]. В связи с этим, использование полимодальной афферентации для

активации возврата физиологической информации повышает эффективность методов, направленных на улучшение СКУ.

Методика проведения эксперимента

Цель. Оценить эффективность использования тренировок в среде виртуальной реальности (VR) для улучшения СКУ у пациентов с координаторными нарушениями при заболеваниях ЦНС.

Участвовало 25 пациентов с жалобами на головокружение и нарушение СКУ, средний возраст составил $35 \pm 3,8$ лет. По данным неврологического осмотра установлена неустойчивость в пробе Ромберга, ходьба на широкой базе, интенция при выполнении пальце-носовой и коленопяточной проб, что характеризовало умеренные координаторные нарушения.

С целью улучшения состояния СКУ в мероприятия медицинской реабилитации были включены тренировки в среде VR, где пациенту предлагалось управлять виртуальным объектом, отклоняя собственное тело во фронтальной и сагиттальной плоскостях в рамках заданного игрового сценария. Использовалась виртуальная среда для создания игр и приложений Unity3d на оборудовании виртуальной реальности «HTC Vive». До и после проведения курса тренировок в среде VR оценивали состояние СКУ методом стабилотрии (Стабилан-01-2 ОАО «Ритм», Россия) в тесте Ромберга, где учитывали такие показатели статокнезиограммы (СКГ), как качество функции равновесия (КФР, %), площадь эллипса (ПЭ, мм²) и средняя скорость перемещения центра давления (ССП ЦД, мм/с). Также использовали показатель площади зоны перемещений (ПЗП, мм²) в тесте на устойчивость.

Все пациенты хорошо переносили погружение в среду VR, негативных реакций после тренировок не выявлено.

Результаты и их обсуждение

Распределение выборок ненормальное, в связи с чем использовали непараметрический критерий Уилкоксона для оценки достоверности различий до и после курса тренировок в среде VR.

Результаты динамики показателей СКГ до и после курса тренировок в среде VR в классическом тесте Ромберга представлены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика показателей статокнезиограммы в тесте Ромберга до и после курса тренировок в среде VR, n=25, абс., %

Тест Ромберга Параметры, Ме [25%; 75%]	До курса тренировок в среде VR	После курса тренировок в среде VR	T, p
ССП ЦД, мм/с	12,1[10;18,7]*	9 [6,2;12,4]	T=5 Z=2,58 p=0,002
ПЭ, мм ²	240[114,1;405,3]*	137[71,6;230]	T=9 Z=2,63 p=0,006
КФР %	70[48;79]*	85,1[67,3;89,4]	T=4 Z=3,045 p=0,002

* - значимые различия при $p < 0,05$ (по критерию Уилкоксона)

После курса тренировок в VR установлено значимое увеличение показателя КФР до $85,1[67,3;89,4]\%$, который до тренировки составил $70[48;79]\%$ ($p < 0,005$).

Выявлено достоверное изменение показателя ПЭ, который до курса составил $240[114,1;405,3]$ мм², после курса снизился до $137[71,6;230]$ мм², ($p < 0,005$). Показатель ССП ЦД достоверно снизился с $12,1[10;18,7]$ мм/с до $9[6,2;12,4]$ мм/с, ($p < 0,005$).

Далее оценивали динамику изменения показателя ПЗП в тесте на устойчивость. Выявлено достоверное увеличение показателя ПЗП в тесте на устойчивость с 4290[4095;4900] мм² до 5980[5130;6540] мм², (p<0,005), что указывает на улучшение произвольной позной устойчивости.

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало эффективность использования среды ВР в улучшении СКУ с достоверным изменением показателей СКГ. Значимое улучшение показателя ПЭ с 240[114,1;405,3] мм² до 137[71,6;230] мм², (p<0,005) указывает на улучшение статической устойчивости, меньшее напряжение СКУ в сохранении позы.

Погружение человека в среду ВР, где полимодальные афферентные стимулы воздействуют посредством игрового сценария. Игровой сценарий, отвлекая и увлекая пациента, обучает произвольному управлению тела, двигательному контролю, снижается страх передвижений и падений, повышает эмоциональную вовлеченность в процесс реабилитации.

Полимодальная стимуляция механизмов нейропластичности позволяет преобразовать функционирование нейронных сетей, обеспечивающих управление СКУ, создавая основу для восстановления или компенсации поврежденных функций.

Таким образом, использование тренировок в среде ВР может быть использовано в улучшении и восстановлении нарушений СКУ у пациентов с координаторными нарушениями при заболеваниях ЦНС.

Список литературы

1. Бернштейн, Н. А. Физиология движений и активность / Н. А. Бернштейн. – М.: Наука, 1990. – 495 с.
2. Винарская, Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Исследование процессов взаимодействия афферентного и эфферентного системного синтеза в постуральной активности человека / Е.Н. Винарская, Р.А. Кууз, М.А. Ронкин, Г.И. Фирсов // Информатика и системы управления 2010. - № 2(24). - С.47-49.
3. Денискина, Н.В. Фронтальная устойчивость вертикальной позы человека: авто-реф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Денискина. – М., 2009. – 28 с.
4. Карпов, О.Э. Технологии виртуальной реальности в медицинской реабилитации, как пример современно информатизации здравоохранения/ О.Э. Карпов, В.Д. Даминов, Э.В. Новак, Д.А. Мухаметова, Н.И. Слепнева// Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. –2020. – т. 15. – № 1. – с.89-90.
5. Марьенко, И. П., Лихачев С. А., Можейко М. П., Юрченко М. В., Суша Н. А., Иваницкий Е. С., Качановский А. В., Чарыкова И. А., Филипович Л. В. Возможности технологии виртуальной реальности в диагностике и восстановлении функции равновесия: анализ собственных наблюдений / И. П. Марьенко, С. А. Лихачев, М. П. Можейко, М. В. Юрченко, Н. А. Суша, Е. С. Иваницкий, А. В. Качановский, И. А. Чарыкова, Л. В. Филипович // Неврология и нейрохирургия. Вост. Европа. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 28–35.
6. Скворцов, Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. / Д. В.Скворцов, Т.М. Андреева // М., - 2007. - 640с.

УДК 004.42+004.92

ПРИМЕРЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ

П.Ю.БРАНЦЕВИЧ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Медицинская и технической диагностика, как набор правил, методов, алгоритмов, которые позволяют принять решение о состоянии наблюдаемого объекта или субъекта имеют много общего. Создание новых и совершенствование уже существующих методов оценки состояния человека является важным направлением медицинских исследований. Несомненный научный интерес представляет исследование нейронной сети головного мозга человека с использованием электроэнцефалограмм. Представлены некоторые результаты цифровой обработки временных реализаций электроэнцефалограмм методами спектрального анализа, цифровой фильтрации, выделения огибающей несущей гармоники, преобразования Гильберта-Хуанга. Полученные данные позволяют сформулировать гипотезу о возможности выявлять информативно-значимые признаки функционирования нейронной сети головного мозга человека на основе цифровой обработки электроэнцефалограмм и применять их при решении задач оценки изменения параметров и характеристик электроэнцефалограмм: в процессе накопления знаний или запоминания информации в нейронной сети мозга человека; изменения состояния человеческих органов даже на начальных стадиях; определения исходных предрасположенностей человека к конкретным видам деятельности и поведению; создания интеллектуальных систем анализа исходных данных и принятия решений с элементами самообучения и развития.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, цифровая обработка, амплитудный спектр, цифровая фильтрация, преобразование, гистограмма, модовая декомпозиция.

EXAMPLES OF DIGITAL PROCESSING OF ELECTROENCEPHALOGRAMS

P.J. BRANCEVICH

Belorussian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Medical and technical diagnostics, as a set of rules, methods, algorithms that allow you to make a decision about the state of the observed object or subject, have much in common. The creation of new and improvement of existing methods for assessing the human condition is an important area of medical research. The study of the neural network of the human brain using electroencephalograms is of undoubted scientific interest. The results of digital processing of temporary realizations of electroencephalograms by the methods of spectral analysis, digital filtering, extracting the envelope of the carrier harmonic, Hilbert-Huang transformation are presented. The data obtained make it possible to formulate a hypothesis about the possibility of identifying informative and significant signs of the functioning of the human brain neural network based on digital processing of electroencephalograms and applying them in solving problems of assessing changes in the parameters and characteristics of electroencephalograms: in the process of accumulating knowledge or storing information in the neural network of the human brain; changes in the state of human organs, even at the initial stages; determining the initial predispositions of a person to specific activities and behavior; creation of intellectualized systems for analyzing initial data and making decisions with elements of self-learning and development.

Keywords: electroencephalogram, digital processing, amplitude spectrum, digital filtering, transformation, histogram, mode decomposition.

Введение

В производственных процессах значительную часть от эксплуатационных затрат составляют расходы, направляемые на обеспечение работоспособности производственного

оборудования. Снижение затрат на его эксплуатацию можно достичь путем внедрения современных систем технического обслуживания, которые базируются на использовании технологий мониторинга, оценки состояния, диагностики, прогнозирования развития дефектов, и по сути являются интеллектуальными системами [1].

Для контроля состояние производственного оборудования целесообразно выбирать те параметры и характеристики, которые достаточно хорошо отражают функциональное состояние объектов и не требуют слишком больших затрат на их определение [1,2]. На основе анализа состояния группы однотипных механизмов при их функционировании на различных режимах, в различном техническом состоянии и на протяжении длительного времени формулируются диагностические признаки для локализации мест и типов возникающих дефектов. Это создает условия для построения автоматизированных интеллектуальных систем оценки технического состояния и диагностики [3].

Медицинская диагностика, как набор правил, методов и решений, которые позволяют прийти к заключению о наличии или вероятности наличия у человека того или иного заболевания, имеет много общего с технической диагностикой [4]. Открытие новых и совершенствование уже существующих методов оценки состояния человека является важным направлением медицинских исследований. В связи с этим применение разнообразных способов обработки параметров и характеристик человеческого организма и формализация систем принятия решений на основе получаемых данных являются весьма актуальными, причем все более доступными для создания, по крайней мере для многих частных случаев, за счет растущей вычислительной и информационной мощности применяемых технических средств.

Модель живого организма, принимающего решения

В настоящее время возникает необходимость осуществлять мониторинг состояния не только технических объектов, но и живых организмов, в том числе и человека.

Предположим гипотезу, что человек – это материальная органическая сущность, состоящая из:

- набора разнообразных первичных преобразователей информации (зрение, слух, обоняние, вкус, рецепторы оценки состояния окружающей среды и собственных органов, нервные окончания и т.д.), преобразующих состояние окружающей среды и самого организма в электрические сигналы, передаваемые в нейронную сеть головного мозга человека;

- органов обеспечения жизнедеятельности, выживания, питания, реакций, работоспособности, воспроизведения себе подобных (сердце, желудок, печень, селезёнка и т.д.);

- исполнительных механизмов (руки, ноги, пальцы, голосовые связки, зубы, органы лица и т.п.);

- управляющего устройства – головного мозга, который принимает решения на основе имеющихся знаний и принимаемых электрических сигналов от первичных преобразователей, и формирует управляющие сигналы, передаваемые в исполнительные механизмы.

Как и любая другая, органическая человеческая материя подвержена износу и старению, что, в конце концов, приводит к прекращению её деятельности – смерти человека.

В результате научных исследований выяснено, что основным функциональным элементом мозга является то, что названо нейроном [5]. Однако вопрос взаимодействия нейронов головного мозга остается проблемным. На основе эмпирического и теоретического опыта можно сделать предположение, что общее устройство головного мозга можно представить в виде ядра и окружающей его оболочки. Состояние ядра даётся человеку от рождения. Оно определяет способности и возможности человека и, скорее всего, не изменяется или подвержено минимальным изменениям. Возможно допущение, что ядро мозга также может претерпеть достаточно серьёзные изменения под воздействием сильных внешних возмущений, например, радиационного излучения, отравления организма химическими веществами, введением в организм человека веществ, оказывающих влияние на работу биологических элементов организма. Деятельность ядра головного мозга определяет наши способности и осуществляет верховное управление.

Вторая часть мозга – это самообучаемая нейронная сеть, которая имеет возможность реконфигурироваться, получать, накапливать информацию и производить настройку обрабатывающих функций и коэффициентов передачи для сигналов, поступающих через синапсы в нейрон, формируя, тем самым, для данного момента времени систему принятия решений, сущность которых зависит от окружающего пространства и состояния организма, информацию о которых передают в нейронную сеть первичные преобразователи информации. Все действия и ощущения, которые получает и воспроизводит человек есть сущность и отражение решений, принимаемых нейронной сетью головного мозга. Самообучение нейронной сети производится эмпирически, или под целенаправленным воздействием, в том числе и по желанию нейронной сети, т.е. принятых ею решений на проведение определённых действий по получению новой информации.

Если следовать данной модели, то можно аргументировать вывод, что поведение человека обуславливается первоначальной настройкой нейронной сети головного мозга, и последующей реконфигурацией самообучаемой, многоуровневой, объёмной нейронной сети его головного мозга, происходящей по мере получения новой или переработки имеющейся информации.

Работа мозга сопровождается изменением электромагнитного поля, которое можно зафиксировать специальными первичными преобразователями и преобразовать в виде изменяющихся параметров тока или напряжения, что и происходит, когда снимают электроэнцефалограмму. Электрические параметры работа мозга для каждого выполняемого действия свои и они имеют свойство повторяться с допустимым разбросом для каждого действия. Уже достаточно хорошо отработаны вопросы мозгового управления протезами, даже есть разработки, когда человек мысленно управляет движением роботизированного объекта [6].

Исследования работы мозга собак, показали, что в их мозгу параллельно решаются несколько (5-6) задач [7,8]. Сам мозг не очень быстродействующий, но он моментально переключает приоритет на решение самой важной в данный момент для него задачи. Простой пример. Человек может заниматься любой деятельностью, но, если к его руке незаметно прикоснутся раскалённым предметом, он моментально отдернет руку, потому что рецепторы и нервы, отвечающие за измерение температуры руки, обнаружат её недопустимый перегрев, передадут эту информацию в мозг, и нейронная сеть головного мозга примет решение, что руке угрожает разрушение, нужно изменить положение руки и отдаст указание на исполнение данного действия соответствующим мышцам.

Таким образом, разработка систем и средств получения информации о состоянии человека, нейронной сети его головного мозга, об их изменении во времени и под внешним воздействием, является весьма актуальной и позволит решать многие сложные задачи. А построение систем принятия решений, моделирующих отдельные функциональные элементы мозга живых существ, позволит придать системам искусственного интеллекта новые возможности.

Примеры цифровой обработки электроэнцефалограмм

Электроэнцефалография – метод исследования головного мозга с целью выявления очагов повышенной судорожной готовности его коры, что характерно для: эпилепсии; опухолей; состояний после перенесенного инсульта; структурных и метаболических энцефалопатий; расстройств сна и других заболеваний. Электроэнцефалография измеряет колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) является графическим изображением спонтанной электрической активности мозга в течение определенного периода времени, записанной с нескольких электродов на мозге или поверхности скальпа. Стандартной системой размещения электродов на поверхности головы, рекомендованной Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии является система «10–20%» [9].

Результатом ЭЭГ являются цифровые сигналы, к которым исследуют с помощью методов цифровой обработки сигналов (ЦОС). Наиболее распространен спектральный метод исследования сигналов ЭЭГ, в ходе которого анализируется мощность сигнала в частотных

полосах, называемых: альфа (8-13 Гц); бета (13-35 Гц); гамма (35-70 Гц); дельта (0.3-4 Гц); тэта (4-8 Гц) [10].

При этом, в большинстве случаев вычисление амплитудного спектра производится на 1024-х или меньшем количестве дискретных точек [11], что приводит к достаточно грубому частотному разрешению. Однако, в настоящее время для исследования электроэнцефалограмм в режиме реального времени можно применить и другие способы обработки для выявления новых параметров и информативно-значимых признаков. Это цифровая фильтрация, вейвлет обработка, преобразование Гильберта-Хуанга, гистограммы распределения, разложение сигнала на детерминированные и шумоподобные компоненты, построение временных трендов и их обработка (рис.1) [12].

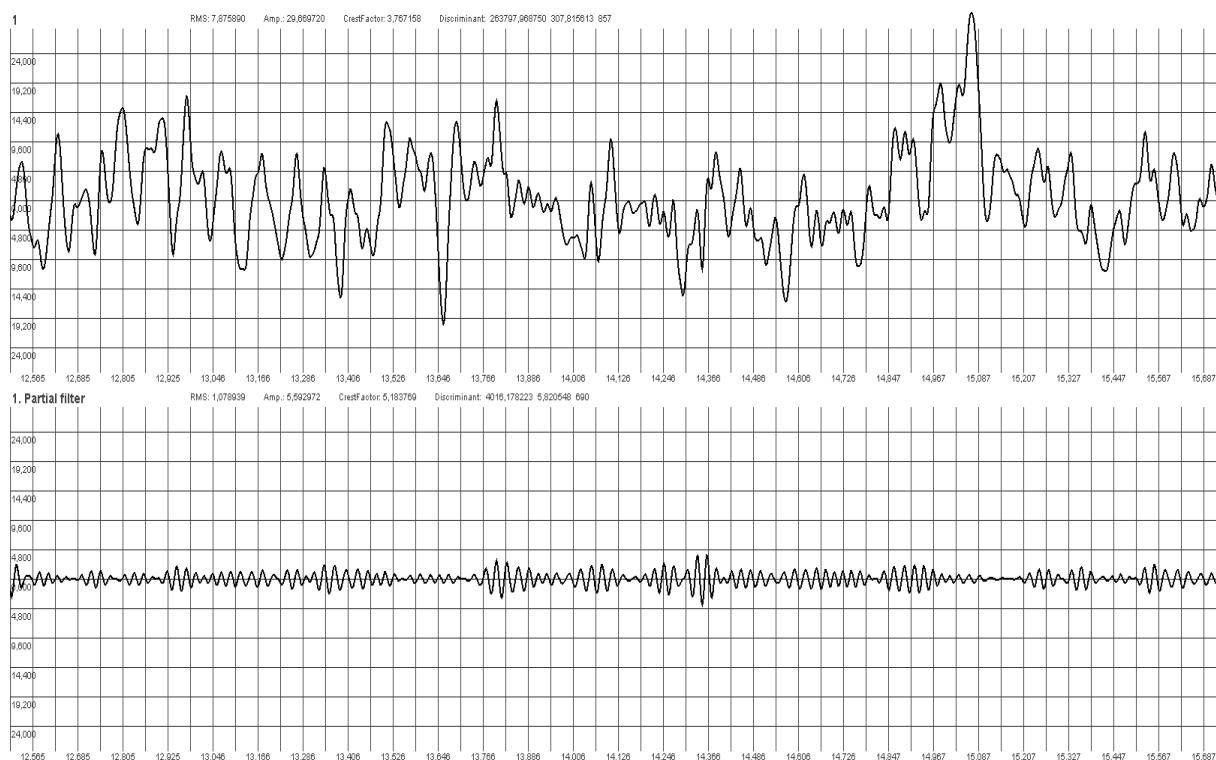


Рис. 1. Временные реализации электроэнцефалограммы в частотных полосах 0-250 Гц и 30-50 Гц.
Ось абсцисс – время, с; ось ординат – напряжение, мкВ

Спектральный анализ ряда ЭЭГ показал, что при разном разрешении амплитудные спектры электроэнцефалограмм имеют разную структуру по оси частот. Это значит, что в анализируемых сигналах отсутствуют частотные составляющие с постоянной, или близкой к постоянной, амплитудой. Если произвести выделение составляющих электроэнцефалограмм в более узких частотных полосах, то можно заметить довольно интересные особенности, выделения из ЭЭГ гармоник определённой частоты с изменяющейся амплитудой. Функция управления амплитудой гармоники называется огибающей. Для определения информативных параметров этой функции сначала выделяется сама огибающая, путем применяя преобразования Гильберта, реализуемого спектральным способом, а затем производится обработка огибающей и вычисляются ее параметры и характеристики [12]. Представляется, что именно параметры и характеристики огибающих отдельных гармоник электроэнцефалограмм могут быть наиболее значимыми информативными признаками, отражающими состояние информации, поступающей в нейронную сеть головного мозга от различных источников, или функциональность самой нейронной сети.

Достаточно интересным представляется исследование электроэнцефалограмм путем их разложения на эмпирические моды с помощью преобразования Гильберта-Хуанга [13]. Эксперименты по модовой декомпозиции ЭЭГ показали, что отдельные моды чувствительны к изменениям временной реализации исследуемой электроэнцефалограммы. Следовательно,

данный способ исследования электроэнцефалограмм также представляется весьма перспективным для выявления их информативно-значимых особенностей.

Заключение

Исследование нейронной сети головного мозга человека с использованием электроэнцефалограмм представляет несомненный научный интерес. Представленные результаты позволяют сделать гипотетическое предположение о возможности выявлять информативно-значимые признаки функционирования нейронной сети головного мозга человека на основе параметров и характеристик огибающей сигнала в узких частотных полосах электроэнцефалограммы или эмпирических мод разложения Гильберта-Хуанга. Большой интерес представляют задачи оценки изменения параметров и характеристик электроэнцефалограмм: при проведении электросудорожной терапии; в процессе накопления знаний или запоминания информации в нейронной сети мозга человека; изменения состояния человеческих органов даже на начальных стадиях (пред-диагностика); определения исходных предрасположенностей человека к конкретным видам деятельности и поведению; создания интеллектуальных систем анализа исходных данных и принятия решений с элементами самообучения и развития. Решение подобных задач может потребовать создания более чувствительных систем получения электроэнцефалограмм и первичных преобразователей оценки объемного электромагнитного поля нейронной сети мозга человека.

Список литературы

1. *Неразрушающий контроль: справочник. Том 7. Книга 2. Вибродиагностика.* Ф. Я. Балицкий и др. Москва: Машиностроение; 2005.
2. Bently D. E., Hatch C. N., Grissom V. *Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics.* Canada: Bently pressurized bearing company; 2002.
3. Бранцевич П. Ю. *Оценка технического состояния механизмов с вращательным движением на основе анализа вибрационных характеристик пусков и выбегов.* Минск: Четыре четверти; 2021.
4. Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А.Ю. *Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации.* СПб.: Изд. центр СПбГМТУ; 2000.
5. Осовский С. *Нейронные сети для обработки информации.* Пер. с польского И. Д. Рудинского. Москва: Финансы и статистика; 2002.
6. Павлова Л. П. *Доминанты деятельного мозга. Системный психофизиологический подход к анализу ЭЭГ.* СПб.: ИНФОРМ-НАВИГАТОР; 2017.
7. Пупков К.А., Вальцев В.Б. Процессы регуляции и управления в мозге и искусственных интеллектуальных системах. *Интеллектуальные системы: Труды четвертого международного симпозиума.* Москва: РУСАКИ; 2000:19-20.
8. Степанов М.Ф., Алпатов М.А., Бубнов Р.В. МИСС – Система моделирования интеллектуальных самоорганизующихся систем автоматического управления. *Интеллектуальные системы: Труды четвертого международного симпозиума.* Москва: РУСАКИ; 2000:21-22.
9. Beniczky S., Schomer D. L. Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. *Epileptic Disorders*, Volume 22, issue 6; December 2020.
10. Сидоренко А.В., Солодухо Н.А. Нелинейный анализ электроэнцефалограмм оператора при действии электромагнитного шумового излучения. *Доклады БГУИР.* 2017; 6(108):64-75.
11. Кулаичев А.П. *Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика.* Москва: ИНФРА-М; 2018.
12. Бранцевич П.Ю. *Цифровая обработка вибрационных сигналов.* Минск: Бестпринт; 2022.
13. Huang N. E. Shen Z., Long S. R., Wu M. C., Shih H. H., Zheng Q., Yen N.-C., Tung C. C., and Liu H. H. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. *Proceedings of R. Soc. London, Ser. A*; 1998:903-995.

УДК 613.26

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТА ИЗ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

О.В. ВАСИЛЁНОК¹, А.Э. ПЫЖ², Э.С. КАШИЦКИЙ², Ю.А. РУДНИЧЕНКО²

¹ ООО «Управляющая компания «современные биотехнологии», Минск, Республика Беларусь

² Институт физиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Изучено влияние пищевого продукта из бурых водорослей на функциональный статус организма. Выявлены полезные физиологические свойства в отношении липидного и углеводного обмена, микрофлоры кишечника.

Ключевые слова: бурые морские водоросли, пребиотики, микрофлора кишечника.

PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF THE PRODUCT FROM BROWN ALGAE

O.V. VASILYONOK¹, A.E. PYZH², E.S. KASHYTSKY², Y. RUDNICHENKO

¹ LLC Management Company Modern Biotechnologies, Minsk, Republic of Belarus

² Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;

Abstract. The influence of a food product from brown algae on the functional status of the organism was studied. Useful physiological properties of the product on lipid and carbohydrate metabolism, intestinal microflora were revealed.

Keywords: brown seaweed, prebiotics, intestinal microflora.

Введение

Последние достижения в области диетологии позволили пересмотреть принципы диетотерапии с новых научных позиций. В основу современных воззрений о лечебно-профилактическом питании положена концепция оптимального питания, учитывающая необходимость полного обеспечения потребностей человека в необходимых минорных биологически активных компонентах пищи, оказывающих многостороннее действие на организм [2].

Поиск ценных растительных источников, их изучение и разработка пищевой продукции с физиологическими свойствами выступает актуальной задачей медико-биологической науки. С этих позиций представляется целесообразным использование бурых водорослей родов *Laminaria* и *Fucus*, обладающих уникальным химическим составом.

Физиологические свойства бурых морских водорослей заключаются в ускоренном выведении токсичных веществ и тяжелых металлов из организма, дополнение рациона питания пищевыми волокнами, микроэлементами, йодом в органической форме, витаминами, растительным белком [1].

В ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси» изучили влияние пищевого продукта из бурых водорослей «Фуколамин» на функциональный статус организма. Оценивали уровни общего холестерина, триглицеридов, общего белка, глюкозы, состав микрофлоры кишечника при систематическом потреблении продукта.

Пищевая продукция торговой марки «Фуколамин» представляет собой гель, получаемый путём низкотемпературного гидролиза бурых водорослей рода *Laminaria*. В составе содержатся микро- и макроэлементы: йод, кальций, железо, фосфор, калий, серебро, медь, селен, полисахариды, витамины – А, В₁, В₂, В₁₂, С, D, Е, аминокислоты. Наиболее ценными компонентами геля являются растворимые пищевые волокна (альгинаты), сульфатированный гетерополисахарид фукоидан (до 20%), йод в органической форме в виде дийодоаминокислот, а также в комплексе с белками и клетчаткой.

Результаты показали, что длительное употребление продукта «Фуколамин» оказывает существенное влияние на липидный обмен: концентрации общего холестерина и триглицеридов снижены на 0,6% и 5,6% ($p < 0,05$) соответственно в сравнении с контролем. Наблюдаемый эффект обусловлен наличием фукоидана (1 мг/г) и пищевых волокон (0,025 г/г) в изученном продукте.

Известна способность фукоидана из *Laminaria japonica* существенно снижать уровень общего холестерина, триглицеридов и липопротеидов низкой плотности, увеличивать концентрацию липопротеидов высокой плотности в сыворотке крови при гиперхолестеринемии и гиперлипидемии в опытах на животных [3-5].

Систематический прием продукта «Фуколамин» не вызвал изменений содержания общего белка, но достоверно на 11,6% понижал уровень глюкозы, что свидетельствует об активации углеводного обмена.

Отмечено благоприятное влияние бурых водорослей на резидентную микрофлору кишечника, что выражается в стимуляции роста лактобактерий *Lactobacillus spp.* на 23,23% ($p < 0,05$), бифидобактерий на 15,01% ($p < 0,05$) в сравнении с контролем. Эффект стимуляции (пребиотический эффект) приписывают пищевым волокнам, альгинатам, манниту, микроэлементам, необходимым для роста молочнокислых микроорганизмов [6].

Заключение

В результате исследований установлено, что бурые морские водоросли обладают полезными физиологическими свойствами. Рацион питания, включающий продукты из морских макрофитов, способствует повышению количества и метаболической активности резидентной микрофлоры кишечника, оптимизации обменных процессов и поддержанию физиологического состояния организма в норме.

Список литературы

1. Семенова, Е. В. Использование морских водорослей в медицине и фармации/ Е.В. Семенова, А.С. Билименко, В.В. Чеботок // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – №. 5. – С. 118-118.
2. Nies, D.N. Microbial heavy-metal resistans / D.N. Nies // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 1999. – Vol. 51, № 6. – P.730 –750.
3. Li B., Lu F., Wei X., Zhao R. Fucoidan: Structure and Bioactivity // Molecules. – 2008.–№. 13. – P. 1671-1695.
4. Li D.Y., Xu Z., Huang L.M. et al. Effect of fucoidan of *L. japonica* on rats with hyperlipidemia // Food. Sci. – 2001.– Vol. 22.– P. 92-95.
5. Li D.Y., Xu Z., Zhang S.H. Prevention and cure of fucoidan of *L. japonica* on mice with hypercholesterolemia // Food. Sci. – 1999. – Vol. 20. – P. 45-46.
6. Ардатская, М.Д. Роль пищевых волокон в коррекции нарушений микробиоценоза кишечника на фоне антибактериальной терапии / М.Д. Ардатская // Эффективная фармакотерапия.– 2021.– № 28, т. 17.– С. 46-52.

УДК 616.857: 616-08-035

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ РИТМИЧЕСКОЙ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ МИГРЕНИ С СОПУТСТВУЮЩЕЙ ДЕПРЕССИЕЙ

О.В. ГЛЕБ, Т.Н. ЧЕРНУХА, С.А. ЛИХАЧЕВ

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии (г. Минск, Республика Беларусь)

Аннотация. Хронической мигрени (ХМ) часто сопутствуют такие психоэмоциональные коморбидные состояния, как депрессия и тревога. Проведено лечение проводилось 15 пациентам с ХМ с сопутствующими симптомами депрессии на аппарате «Нейро-МС», позволяющем работать в терапевтическом режиме ритмической транскраниальной магнитной стимуляции. Выявлено достоверное снижение индекса влияния головной боли на повседневную активность (Headache impact test – HIT-6) и среднего балла по шкале депрессии Бека ($p < 0,05$).

Ключевые слова: Хроническая мигрень, депрессия, ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция.

USE OF HIGH-FREQUENCY RHYTHMIC TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION IN CHRONIC MIGRAINE WITH ASSOCIATED DEPRESSION

V.U. HLEB, T.N. CHARNUKHA, S.A. LIKHACHEV

Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery (Minsk, Belarus)

Abstract. Chronic migraine (CM) is often accompanied by such psycho-emotional comorbid conditions as depression and anxiety. 15 patients with CM with concomitant symptoms of depression were treated using the Neuro-MS device, which allows to work in the therapeutic mode of rhythmic transcranial magnetic stimulation. A significant decrease in the Headache impact test (HIT-6) index and the average Beck Depression Scale score ($p < 0.05$) was revealed. The obtained data show that the use of high-frequency rTMS over the area of the dorsolateral prefrontal cortex on the left in right-handed people can significantly reduce the clinical manifestations of depression and improve the quality of life of patients with CM.

Keywords: Chronic migraine, depression, rhythmic transcranial magnetic stimulation.

Введение

Хронической мигрени (ХМ) часто сопутствуют такие психоэмоциональные коморбидные состояния, как депрессия и тревога, что значительно снижает качество жизни пациента и влияет на эффективность проводимого лечения. Необходимо изучение дополнительных методов лечения ХМ с депрессивным сопутствующим расстройством. Одним из таких методов является применение ритмической транскраниальной магнитной стимуляции (рТМС).

Методика проведения эксперимента

Лечение проводилось 15 пациентам с ХМ с сопутствующими симптомами депрессии на аппарате «Нейро-МС» («Нейрософт», г. Иваново, Российская Федерация), позволяющем работать в терапевтическом режиме рТМС. Средний возраст – 39,5±9,9 лет (все пациенты были правши). Кольцевидный койл располагался над левым полушарием в области дорсолатеральной префронтальной коры. Параметры стимуляции: частота – 20 Гц, сеанс – 10 трейнов, продолжительность трейна – 5 сек, интервал между трейнами – 20 сек. Лечение

составляло 10 сеансов. До и после лечения пациенты заполняли опросники: тест по оценке влияния головной боли (Headache impact test – НИТ-6) и шкала депрессии Бека с баллом выше 14.

Результаты и их обсуждение

По шкале депрессии Бека до лечения рТМС было установлено наличие легкой депрессии у 9 пациентов (средний балл 16 [14; 17]), после лечения средний балл – 13 [11; 14], и умеренной депрессии у 6 исследованных пациентов (средний балл 24 [22;27]), после лечения: 19 [17;20]) ($p<0,05$). Среднее значение индекса НИТ-6 у обследованной группы пациентов до лечения рТМС составило 64 [62;65], что соответствует тяжелому воздействию на повседневную активность. При этом у 11 пациентов (73,3%) отмечалось тяжелое воздействие, у 3 пациентов (20%) – существенное, у 1 пациента (6,7%) – умеренное влияние. После лечения: среднее значение индекса НИТ-6 составило 52 [50;54] – умеренное влияние на повседневную активность ($p<0,05$).

Заключение

Полученные данные показывают, что использование высокочастотной рТМС над областью дорсолатеральной префронтальной коры слева у правшей позволяет значительно снизить клинические проявления депрессии и улучшить качество жизни пациентов с ХМ. Необходимо дальнейшее исследование на большем количестве пациентов с целью подбора оптимальных параметров рТМС при ХМ с коморбидным состоянием в форме депрессии.

УДК: 616.74-009:616.24-008.4

РОЛЬ СПИРОМЕТРИИ У АМБУЛАТОРНЫХ ПАЦИЕНТОВ С МИАСТЕНИЕЙ ГРАВИС

О.В. ГАЛИЕВСКАЯ, Т.Г. ГВИЩ, Е.Л. ОСОС, С.А. ЛИХАЧЕВ, Ю.Н. РУШКЕВИЧ

*Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии» Министерства здравоохранения Республики Беларусь
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Контроль состояния функции внешнего дыхания у пациентов с нервно-мышечными болезнями является актуальной задачей в связи с высоким риском респираторных осложнений. В данном исследовании представлены результаты спирометрии у амбулаторных пациентов с миастенией гравис в состоянии медикаментозной компенсации. Выявлено значимое снижение основных параметров спирометрии (жизненная емкость легких, форсированная жизненная емкость легких, объем форсированного выдоха за 1 секунду) у пациентов основной группы по сравнению с группой контроля.

Ключевые слова: миастения гравис, дыхательные нарушения, спирометрия.

THE ROLE OF SPIROMETRY IN MYASTHENIA GRAVIS OUTPATIENTS

OLGA V. HALIYEUSKAYA, TATYANA G. GVISHH, ELENA L. OSOS, SERGEY A. LIKHACHEV, JULIA N. RUSHKEVICH

State Institution «Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery» of the Ministry of Health of the Republic of Belarus (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Monitoring of the respiratory function in patients with neuromuscular diseases is very important due to the high risk of respiratory complications. This study presents the results of spirometry in myasthenia gravis drug compensated outpatients. A significant decrease in the main parameters of spirometry (vital capacity, forced vital capacity, forced expiratory volume 1) was revealed in myasthenia gravis patients.

Keywords: myasthenia gravis, respiratory failure, spirometry.

Введение

Слабость респираторной мускулатуры при нервно-мышечных болезнях (НМБ) негативно влияет на газообмен и вентиляционную функцию легких, ослабляет защитные функции дыхательной системы, снижает эффективность очистки просвета дыхательных путей. Поражение дыхательных мышц при миастении гравис (МГ) на ранних стадиях заболевания наблюдается в 1-4% случаев, достигая 60-80% на более поздних сроках [1] и приводя к развитию дыхательной недостаточности, которая является основной причиной смерти пациентов с НМБ [2-3]. Изменение функциональных параметров дыхания можно выявить с помощью спирометрии.

Методика проведения эксперимента

Спирометрия была проведена 19 амбулаторным пациентам с генерализованной МГ: 6(31%) мужчин и 13(69%) женщин, медиана возраста 51,0[39,0;62,0] год, ИМТ – 27,0[23,0;31,0] кг/м². У 6(31%) пациентов наблюдались бульбарные нарушения и у 13(69%) нет. Все пациенты имели 2 класс тяжести по Международной клинической классификации MGFA. В группу исследования были включены пациенты в состоянии компенсации, у которых течение 6 месяцев до исследования не наблюдалось обострений МГ, а дозы применяемых лекарственных препаратов либо не менялись, либо снижались. Монотерапию в виде пиридоستيрина бромидом

или метилпреднизолона получали 11(58%) пациентов, комбинированную терапию из двух препаратов (пиридостигмина бромид, метилпреднизолон или азатиоприн) получали 6(31%) пациентов, три препарата одновременно получали 2(11%) пациента. Доза пиридостигмина составила Me 180[120;180] мг/сут. среди 14(74%) пациентов, принимающих данный препарат, доза метилпреднизолона Me 12[8;16] мг через день у 12(63%) и азатиоприна Me 100[100;100] мг/сут у 3(16%) пациентов. Группу контроля составили 20 добровольцев без патологии органов дыхания: 7(35%) мужчин, 13(65%) женщин. Медиана возраста 37,5[32,0;53,0] лет, ИМТ – 26,5[23,5;30,5] кг/м². Различия между основной и контрольной группами по полу (χ^2 , $p > 0,05$), по возрасту (U, $p > 0,05$) и ИМТ (U, $p > 0,05$) не значимы.

Исследование выполнялось с помощью спирометра МАС-2 БМ. Функция внешнего дыхания (ФВД) оценивалась по ряду параметров, основные из которых жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха и форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) – объем выдыхаемого воздуха после максимального вдоха с максимально возможной скоростью. Объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1) – объем воздуха, выдохнутого за 1-ю секунду форсированного выдоха. Форсированный экспираторный поток между 25% и 75% ФЖЕЛ (СОС25-75) – показатель средней объемной скорости воздушного потока. Снижение процентного отношения ОФВ1/ФЖЕЛ (в норме 75-85%) указывает на наличие обструктивного типа дыхательной недостаточности (при рестриктивных нарушениях показатель не изменяется за счет пропорционального снижения ОФВ1 и ФЖЕЛ).

Интерпретация результатов проводилась при сопоставлении полученных показателей с должными величинами. Статистическую обработку полученных результатов проводили с применением пакетов прикладных программ «Statistica 10.0». Для проверки нормальности распределения количественных данных использовали критерий Шапиро-Уилка. При распределении признака, отличном от нормального, результаты представляли в виде Me[LQ;UQ]. Применяли критерий Манна-Уитни. Качественные данные сравнивали с помощью таблиц сопряженности с использованием критерия согласия χ^2 . Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимался равным 0,05.

Результаты и их обсуждение

В результате исследования было выявлено снижение ЖЕЛ менее 80% у 11(58%) пациентов МГ, т.е. больше, чем у каждого второго, ФЖЕЛ у 3(16%), ОФВ1 у 3(16%) пациентов с МГ (почти у каждого седьмого). При сравнительном анализе получено значимое снижение основных дыхательных параметров у пациентов МГ по сравнению с группой контроля (табл. 1).

Таблица 1. Параметры спирометрии при проведении сравнительного анализа с использованием критерия Манна-Уитни по группам МГ и контроль

Параметр	МГ, n=19 Me[LQ;UQ]	Контроль, n=20 Me[LQ;UQ]	U	p
ЖЕЛ, л лучш	2,78[2,48;3,73]	3,85[3,53;4,19]	99,5	0,009*
ФЖЕЛ, л лучш	3,63[2,68;4,17]	3,88[3,77;4,10]	116,0	0,037*
ОФВ1, л лучш	2,99[2,13;3,39]	3,32[3,03;3,70]	114,0	0,033*
ПОСвд, л/с лучш	2,4[1,32;2,89]	3,60[3,12;4,43]	38,0	<0,001*
МОС75, л/с лучш	1,25[0,98;1,67]	2,01[1,64;2,70]	80,0	0,001*
МОС75, л/с %	68,0[60,0;77,0]	101,0[84,5;125]	99,5	0,009*
СОС 25-75, л/с лучш	3,23[2,19;3,68]	3,77[3,42;4,78]	108,0	0,021*

Примечание: * - p – статистически значимые различия при проведении сравнительного анализа с использованием критерия Манна-Уитни ($p_{\text{крит.}} < 0,05$)

Выявленное снижение показателей ЖЕЛ ($U, p < 0,05$) и ФЖЕЛ ($U, p < 0,05$) указывают на недостаточное усилие, которое может развить пациент при максимальном вдохе и выдохе в покое и при форсированном выдохе, что обусловлено слабостью дыхательной мускулатуры при МГ. Снижение ОФВ1 ($U, p < 0,05$) отражает слабость выдоха у пациентов основной группы за счет дисфункции экспираторных мышц.

Параметр, позволяющий определить тип нарушений дыхания (ОФВ1/ФЖЕЛ), оказался в пределах нормы и указывает на отсутствие обструктивного компонента и наличие рестриктивного, что характерно для дыхательных нарушений при НМБ: Ме 82,0 % [79,0;86,0] /86,0% [82,5;88,5] ($U, p > 0,05$).

Заключение

В результате исследования выявлено снижение вентиляции легких за счет рестриктивного типа дыхательных нарушений у пациентов основной группы, что указывает на важность контроля функции внешнего дыхания у амбулаторных пациентов даже в компенсированном состоянии и получающих невысокие дозы глюкокортикостероидов, что, в свою очередь, важно для своевременного планирования объема респираторной помощи.

Список литературы

1. Fregonezi G.A., Regiane-Resqueti V., Pradas J. et al. The Relationship Between Lung Function and Health-Related Quality of Life in Patients With Generalized Myasthenia Gravis. Arch Bronconeumol. 2006;42:218-24. DOI: 10.1016/s1579-2129(06)60449-7.
2. Bourke S. Respiratory involvement in neuromuscular disease. Clin Med (Lond). 2014;14(1):72-75. DOI: 10.7861/clinmedicine.14-1-72.
3. Mauro A., and Aliverti A. Physiology of respiratory disturbances in muscular dystrophies. Breathe (Sheff). 2016;12(4):318–327. DOI: 10.1183/20734735.012716.

УДК 534.29

ПРИМЕНЕНИЕ РАССЕЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО СВЕТА ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ РАСТВОРЕНИЯ ЗАРОДЫШЕЙ КАВИТАЦИИ

А.Ф. ГРИБ, А.В. КОТУХОВ, Н.А. ЖАРКО, М.П. ФЕДОРИНЧИК, Н.В. ДЕЖКУНОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь*

Аннотация. Приведено описание установки, предназначенной для исследования кавитации с использованием рассеяния лазерного света на кавитационных пузырьках и некоторые предварительные результаты. Показано, что интенсивность рассеянного кавитационной областью света увеличивается при увеличении угла рассеяния от 270° до 360° , т.е. рассеяние происходит в основном в направлении “вперед” по отношению к направлению распространения зондирующего луча. Согласно теории рассеяния света, такой тип рассеяния наблюдается, если размер рассеивателей (в данном случае – кавитационных полостей) не превышает длину волны рассеиваемого света.

Ключевые слова: ультразвук, кавитация, рассеяние света, лазерное излучение, фотоприемник, излучатель, зондирование, интенсивность, индикатрисса рассеяния.

APPLICATIONS OF LASER LIGHT SCATTERING FOR ESTIMATION OF THE DISSOLUTION RATE OF CAVITATION NUCLES

A.F. GRIB, A.V. KOTUHOV, N.A. ZHARKO, M.P. FEDORINCHIK, N.V. DEZHKUNOV

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronic
Minsk, Belarus*

Abstract. A description is given of a setup designed to study cavitation using laser light scattering by cavitation bubbles and some preliminary results. It is shown that the intensity of the light scattered by the cavitation region increases with an increase in the scattering angle from 270° to 360° , i.e. scattering occurs mainly in the “forward” direction with respect to the direction of propagation of the probing beam. According to the theory of light scattering, this type of scattering is observed if the size of the scatterers (in this case, cavitation cavities) does not exceed the wavelength of the scattered light.

Keywords: ultrasound, cavitation, light scattering, laser radiation, photodetector, emitter, probing, intensity, indicatrix, generation.

Введение

Кавитация является ключевым фактором ультразвуковой интенсификации физико-химических явлений в звукохимии и технологических процессах [1, 2, 3]. В медицине ультразвук применялся до недавнего времени в терапии и при различного рода исследованиях. При этом, как известно [4], используются интенсивности ниже порога кавитации.

В последние годы обнаружены новые возможности воздействия ультразвуком в кавитационном режиме на биологические структуры, например: подавление жизнедеятельности опухолевых клеток [5], усиление действия лекарств или выделение лекарств из носителей [6], повышение проникающей способности лекарств через мембраны клеток – сонопорация [7] и другие.

Закономерности генерирования кавитации в мощных ультразвуковых полях исследуются уже несколько десятилетий. Тем не менее до сих пор многие аспекты этого явления не выяснены однозначно. Известно, что при захлопывании кавитационный пузырек распадается на мелкие осколки, каждый из которых может служить новым зародышем кавитации. В результате реализуется динамика развития кавитации по механизму цепной реакции, когда с каждым новым периодом колебаний число пузырьков в кавитационной области растет

лавинообразно [1]. При этом, если интенсивность ультразвука значительно выше порога кавитации, концентрация пузырьков может достигать настолько больших величин, что они начинают взаимодействовать друг с другом за счет ударных волн и сил Бьеркнесса. Как следствие снижается эффективность преобразования энергии ультразвука в другие виды энергии и уменьшается интенсивность кавитационного воздействия на физико-химические процессы в жидкостях и на биологические структуры. Эффективность преобразования и концентрации энергии ультразвука кавитационными пузырьками зависит от множества факторов, среди которых динамика развития кавитационной области и распределение пузырьков по размерам имеют первостепенное значение [8]. В данной работе представлены результаты испытаний лазерной установки для исследования динамики развития кавитационной области и распределения пузырьков по размерам.

Установка и методика проведения эксперимента

Схема установки представлена на рис. 1. Принцип работы установки состоит в следующем. Луч полупроводникового лазера (длина волны 405нм, 532нм или 650нм) пройдя через телескоп (для расширения пучка) и диафрагму, попадает в цилиндрическую кювету с исследуемой жидкостью. На выходе из кюветы рассеянное излучение попадает в фотоприемник, сигнал с которого регистрируется с помощью цифрового осциллографа. С целью отстройки от фоновых засветок используется импульсное модулирование свечения лазера. Преобразователь ультразвуковых колебаний установлен таким образом, что его излучающая поверхность находится на 5 мм выше луча (рис. 2).

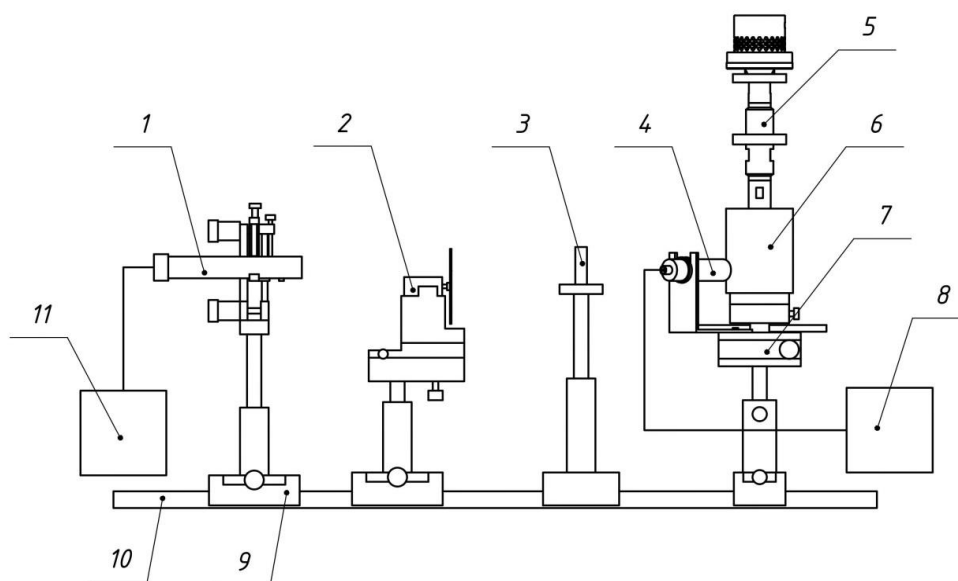


Рис. 1. Схема лазерной установки для исследования кавитации:

1 – лазер; 2 – модулятор; 3 - диафрагма; 4 – фотодиод; 5 – излучатель УЗ колебаний; 6 – цилиндрическая кювета с жидкостью; 7 – поворотный столик; 8 – осциллограф; 9 – рейтер, 10 – оптический рельс, 11 – блок питания лазера.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлен общий вид кюветы с погруженным излучателем и включенным лазером: 2а - без ультразвука (при отключенном генераторе), 2б - с ультразвуком (фото справа). Рабочая жидкость – дистиллированная вода. Рассеяние, наблюдающееся при отсутствии ультразвука (рис. 2а), обусловлено наличием в жидкости зародышей кавитации, которыми в

соответствии с [9] могут служить стабилизированные микропузырьки воздуха или микрочастицы пыли.

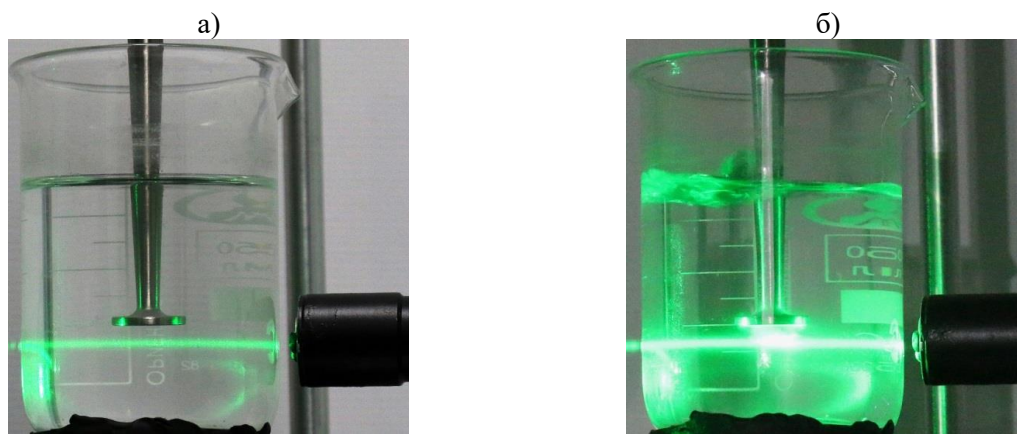


Рис. 2. Общий вид рассеяния лазерного света в кювете с дистиллированной водой: слева – без ультразвука, справа - при включенном излучателе, частота 22 кГц, мощность 75 Ватт.

Возникновение кавитации на пути луча света вызывает кардинальное изменение интенсивности и характера регистрируемых импульсов. На рис. 3 приведены результаты регистрации выходного сигнала фотодиода, принимающего рассеянное излучение при работе лазера в импульсном режиме без ультразвука (а) и с ультразвуком (б). Частота следования импульсов лазерного излучения 10 кГц, оптическая ось фотоприемника образует угол 160° с направлением луча.

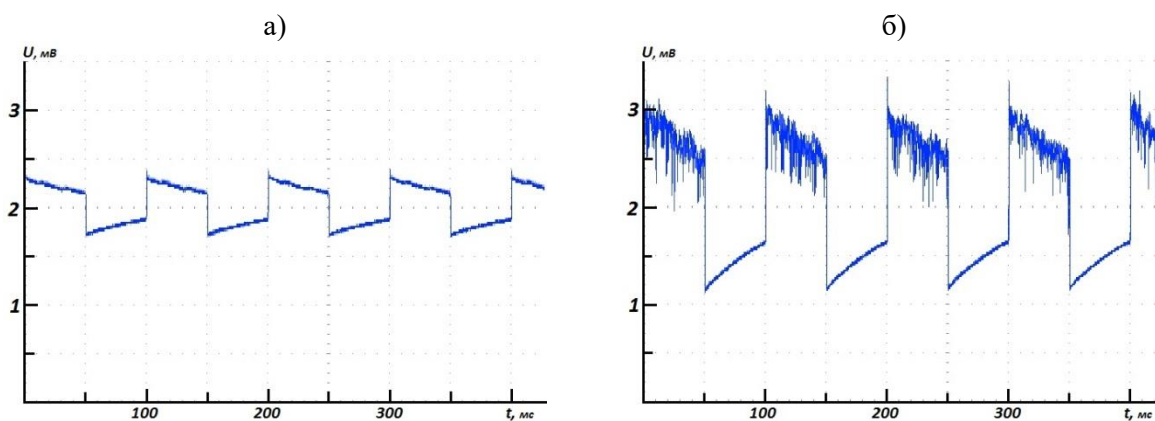


Рис. 3. Осциллограммы импульсов рассеянного лазерного излучения: а) – без ультразвука, б) - при включенном излучателе, частота 22 кГц, мощность 75 Ватт.

Рассеяние, наблюдающееся при отсутствии ультразвука (рис. 3а), обусловлено наличием в жидкости зародышей кавитации, которыми в соответствии с [8] обусловлено наличием в жидкости зародышей кавитации, которыми в соответствии с [9] могут служить стабилизированные микропузырьки воздуха или микрочастицы пыли, взвешенные в жидкости. Возникновение кавитации на пути луча света вызывает кардинальное изменение интенсивности и характера регистрируемых фотодиодом импульсов (рис. 3б). Большой разброс интенсивности рассеянного на кавитационных пузырьках света указывает на соответствующие вариации плотности пузырьков в кавитационной области. Большой разброс интенсивности рассеянного

на кавитационных пузырьках света указывает на соответствующие вариации плотности пузырьков в кавитационной области.

На рис. 4 приведены индикатриссы рассеяния лазерного света с ультразвуком и без ультразвука. Для построения индикатрисс фотоприемник перемещали вокруг оси кюветы и через каждые 10° регистрировали выходной сигнал фотумножителя. Горизонтальная линия на рис.4 соответствует оси луча; направление $180^\circ - 0^\circ$ – направление распространения света.

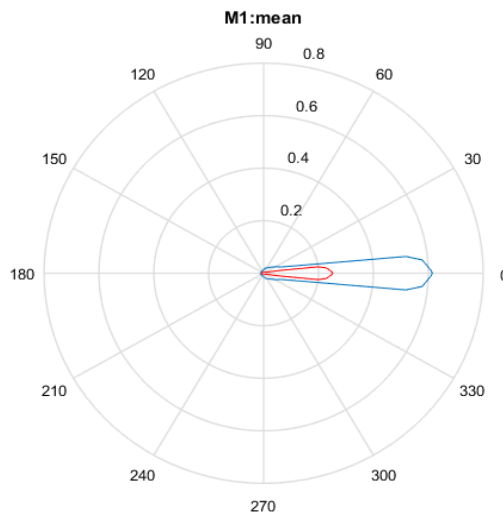


Рис. 4. Индикатрисса рассеяния лазерного излучения: внутренняя зависимость - рассеяние в жидкости без кавитации, внешняя – в кавитационной области.

Интенсивность рассеянного кавитационной областью света увеличивается при увеличении угла рассеяния от 270° до 360° , т.е. рассеяние происходит в основном в направлении “вперед” по отношению к направлению распространения зондирующего луча. Согласно теории рассеяния света [9] такой тип рассеяния наблюдается, если размер рассеивателей (в данном случае – кавитационных полостей) не больше длины волны рассеиваемого света. Развернутый анализ индикатрисс рассеяния позволит оценивать распределение пузырьков по размерам.

На рисунке 5 представлены результаты регистрации интенсивности рассеянного света I_p при отключении ультразвука при различных температурах.

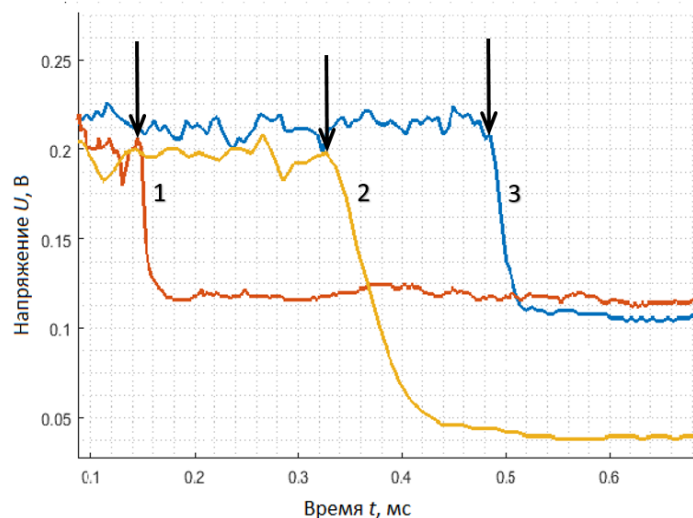


Рис. 5. Динамика изменения интенсивности рассеянного света при отключении ультразвука: 1 – 20°C , 2 – 30°C , 3 – 70°C ; моменты отключения для каждого из режимов отмечены стрелками.

После отключения I_p быстро уменьшается. Наклон зависимости $I_p(t)$ позволяет оценить скорость растворения зародышей кавитации, образовавшихся в кавитационной области. В данном примере видно, что релаксация кавитационных свойств жидкости, обусловленная растворением зародышей кавитации замедляется с повышением температуры.

Заключение

Создана установка и разработана методика исследования кавитации с использованием рассеяния лазерного света на кавитационных пузырьках. Представлены результаты испытаний. Показано, что интенсивность рассеянного кавитационной областью света увеличивается при увеличении угла рассеяния от 270° до 360° , т.е. рассеяние происходит в основном в направлении “вперед” по отношению к направлению распространения зондирующего луча. Согласно теории рассеяния света, такой тип рассеяния наблюдается, если размер рассеивателей (в данном случае – кавитационных полостей) не превышает длину волны рассеиваемого света. Наклон зависимости интенсивности рассеянного света от времени после отключения ультразвука позволяет оценить скорость растворения зародышей кавитации, образовавшихся в кавитационной области. Установлено, что релаксация кавитационных свойств жидкости, обусловленная растворением зародышей кавитации замедляется с повышением температуры.

В докладе представлены результаты, полученные в ходе выполнения задания «Разработать и изготовить ультразвуковой кавитационный комплекс (УЗКК)» ГНТП «Эталоны и научные приборы».

Список литературы

1. Сиротюк М. Г. *Акустическая кавитация*. М.: Наука; 2008. 271С.
2. Хмелев В.Н., Сливин А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. *Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности*. Бийск: Издательство Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова; 2010. 250 С.
3. Промтов, М.А. *Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов*. Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. 2008. Т. 14, №4. С. 861–869.
4. Улащик, В.С. *Ультразвуковая терапия*. Минск; 1983. 254 С.
5. Протопович Е. Л., Церковский Д. А. *Противоопухолевая эффективность сонодинамической терапии с фотосенсибилизатором хлоринового ряда в эксперименте*. Российский биотерапевтический журнал. Том 21, № 1, 2022. DOI: 10.17650/1726-9784-2022-21-1-68-75.
6. Kooiman K., Roovers S., Langeveld S.A.G., Kleven R.T., Dewitte H. *Ultrasound-responsive cavitation nuclei for therapy and drug delivery*. *Ultrasound in Medicine and Biology*; 2021. V. 46 № 6. P. 1296-1325.
7. Chowdhury, S.M.; Abou-Elkacem, L.; Lee, T.; Dahl, J.; Lutz, A.M. *Ultrasound and microbubble mediated therapeutic delivery: Underlying mechanisms and future outlook*. *J. Control. Release* 2020, 326, 75–90.
8. Дежунов, Н.В. Исследования кавитации в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники: Сборник трудов XXXIV сессии Российского акустического общества 14-18 февраля 2022 / Дежунов Н. В. – Москва: Российское акустическое общество «АКИН», 2022. – С. 993–1003. DOI:10.34756/GEOS.2021.17.38058.
9. Борен К., Хафмен Д. *Поглощение и рассеяние света малыми частицами*. Москва: Мир, 1986.

УДК 616.831-005-036.12:771.534.531:616-072

СОСТОЯНИЕ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ АБСОРБЦИОМЕТРИИ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ НАРУШЕНИЕМ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Т.С. ПАВЛОВСКАЯ, С.А. ЛИХАЧЕВ, Э.К. СИДОРОВИЧ, А.В. АСТАПЕНКО

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь

Аннотация. Проведен анализ состояния мышечной системы по данным двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА) и кистевой динамометрии у 47 пациентов с хроническим нарушением мозгового кровообращения (ХНМК) I (n=26) и II стадии (n=21), а также 29 лиц из группы контроля. У пациентов с ХНМК, имеющих двигательные нарушения (ДН), выявлено достоверное снижение количества аппендикулярной мышечной массы и силы мышц, что может свидетельствовать о вкладе патологии исполнительного звена стато-локомоторной системы в формирование двигательного дефицита у данной категории лиц.

Ключевые слова: мышечная система, двигательные нарушения, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия, хроническое нарушение мозгового кровообращения

THE STATE OF MUSCULAR SYSTEM ACCORDING TO DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY IN THE PATIENTS WITH CHRONIC CEREBRAL CIRCULATION INSUFFICIENCY

TATSIANA S. PAVLOVSKAYA, SERGEI A. LIKHACHEV,
EMILIA K. SIDOROVICH, ANNA V. ASTAPENKO

Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

Abstract. The analysis of the state of the muscular system according to Dual-energy X-ray absorptiometry as well as carpal dynamometry in 47 patients with chronic cerebral circulation insufficiency I (n=26) and II stages (n=21), as well as 29 individuals from the control group. It was revealed that a significant decrease in the amount of appendicular skeletal muscle mass and strength was found in patients with clinically obvious motor disorders in chronic cerebral circulation insufficiency, which may indicate the contribution of pathology of the executive link of the stato-locomotor system to the formation of motor deficits in this category of patients.

Keywords: muscular system, motor disorders, dual energy x-ray absorptiometry, chronic cerebral circulation insufficiency

Введение

Одним из наиболее важных демографических процессов в течение последних десятилетий является постарение населения. ХНМК представляет собой значимую медико-социальную проблему, что обусловлено его высокой распространенностью среди лиц пожилого и старческого возраста, а также отрицательным социально-экономическим эффектом. В патогенезе ХНМК большое значение имеет разобщение корково-подкорковых структур головного мозга, а также дисфункция фронто-стриарных кругов вследствие ишемического повреждения глубоких отделов белого вещества и базальных ганглиев. Это предопределяет доминирующую роль когнитивных расстройств лобного типа и сложных нарушений двигательного контроля в клинической картине хронической ишемии мозга. Пациенты старших возрастных групп имеют ряд особенностей, в числе которых распространенная коморбидность, преимущественно хроническое течение заболеваний, а также функциональные и морфологические инволютивные изменения в различных органах и тканях. Это позволяет предположить, что ДН при ХНМК, включая нарушение моторики кисти, ходьбы и удержания

вертикальной позы, могут быть обусловлены не только дефектом центральных механизмов управления произвольными движениями в результате корково-поярковового разобщения, но и патологией исполнительного звена стато-локомоторной системы, включая мышечную систему. До настоящего времени состояние мышечной системы при наличии ДН у пациентов с ХНМК, в том числе у лиц старших возрастных групп, не изучалось.

Методика

Объектом исследования были 76 человек, 47 – с ХНМК, из них 26 – с ХНМК I стадии (16 женщин, 10 мужчин, возраст – $61,1 \pm 8,1$), 21 – с ХНМК II стадии (13 женщин, 8 мужчин, возраст – $67,0 \pm 7,5$) и 29 практически здоровых пациентов (17 женщин, 12 мужчин, возраст – $60,3 \pm 8,4$).

Всем включенным в исследование пациентам была выполнена количественная оценка мышечной массы методом ДРА при помощи денситометра экспертного класса «PRODIGY LUNAR» фирмы General Electric Medical Systems (США).

Рассчитывался индекс мышечной массы (ИММ), который определялся по соотношению суммарной тощей массы верхних и нижних конечностей (кг) к росту (m^2).

Учитывая наличие гендерных различий в антропометрических параметрах анализ данных состояния мышечной массы проводился в подгруппах мужчин и женщин основных и контрольной групп. Значения ИММ $\leq 7,26$ кг/ m^2 у мужчин и $\leq 5,45$ кг/ m^2 у женщин указывало на наличие саркопении [1].

Мышечная сила рук оценивалась при помощи динамометра электронного ручного медицинского ДМЭР-120-0.5.

Задача пациента состояла в максимально сильном его сжатии, вытянутой и отведенной в сторону перпендикулярно туловищу рукой, при этом свободная рука, должна быть расслаблена и опущена вниз.

Исследование выполнялось дважды каждой рукой, лучший результат учитывался как окончательный.

Результаты и их обсуждение

Пациенты с установленным диагнозом ХНМК после проведения общепринятого неврологического осмотра, а также дополнительных инструментальных методов исследования (динамическая стабилметрия, компьютерное исследование моторной функции кисти) были разделены на 2 группы: 1-я – с наличием ДН (n=32), 2-я – без двигательного дефицита (n=15).

В ходе исследования проведен сравнительный анализ показателей аппендикулярной мышечной массы по данным ДРА у пациентов с ХНМК с учетом наличия ДН и в группе контроля (таблица 1).

Таблица 1. Результаты оценки мышечной массы по данным ДРА у пациентов с ХНМК в зависимости от наличия ДН и в группе контроля, Me [LQ; UQ]

Показатели	Группы пациентов с ХНМК (n=47)		Группа контроля (n=29)	Стат. значимость
	с наличием ДН (n=32)	без ДН (n=15)		
	1	2	3	
Индекс мышечной массы у мужчин, кг/ m^2	7,31 [7,04; 7,61]	8,02 [7,79; 9,21]	7,99 [7,99; 8,22]	$p_{1-2}=0,008$ $p_{1-3}=0,009$ $p_{2-3}=0,482$
Индекс мышечной массы у женщин, кг/ m^2	5,77 [5,28; 6,29]	6,81 [6,18; 8,41]	7,28 [6,84; 7,67]	$p_{1-2}=0,019$ $p_{1-3}=0,005$ $p_{2-3}=0,906$

Установлено, что у лиц мужского и женского с наличием ДН при ХНМК показатели ИММ были достоверно ниже по сравнению с лицами без ДН и группой контроля, что свидетельствует об уменьшении количества аппендикулярной мышечной массы у данной

категории пациентов. Значимых различий показателей ИММ между пациентами с ХНМК без ДН и группой контроля обнаружено не было (таблица 1).

Помимо количественного анализа показателей мышечной ткани в обеих группах пациентов с ХНМК и в группе контроля нами выполнялась оценка мышечной силы рук по данным кистевой динамометрии. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оценки мышечной силы рук у пациентов с ХНМК в зависимости от наличия ДН и в группе контроля по данным кистевой динамометрии, Ме [LQ; UQ]

Показатели	Группы пациентов с ХНМК (n=47)		Группа контроля (n=29)	Стат. значимость
	с наличием ДН (n=32)	без ДН (n=15)		
	1	2		
Сила сжатия, доминантная рука, мужчины, кг	32,0 [29,5; 36,0]	41,5 [37,5; 46,0]	39,0 [35,5; 40,0]	$p_{1-2}=0,009$ $p_{1-3}=0,016$ $p_{2-3}=0,092$
Сила сжатия, недоминантная рука, мужчины, кг	31,0 [27,0; 31,5]	39,5 [35,5; 42,5]	36,7 [30,7; 39,0]	$p_{1-2}=0,011$ $p_{1-3}=0,044$ $p_{2-3}=0,261$
Сила сжатия, доминантная рука, женщины, кг	25,2 [22,5; 32,0]	34,0 [27,7; 38,0]	35,5 [33,5; 40,7]	$p_{1-2}=0,013$ $p_{1-3}=0,001$ $p_{2-3}=0,193$
Сила сжатия, недоминантная рука, женщины, кг	24,0 [21,7; 30,5]	30,5 [27,7; 34,2]	30,7 [30,0; 36,0]	$p_{1-2}=0,026$ $p_{1-3}=0,002$ $p_{2-3}=0,355$

Установлено, что для пациентов с ДН было характерно достоверное снижение мышечной силы доминантной и недоминантной руки по сравнению со лицами без ДН и группой контроля. В то же время значимых различий показателей кистевой динамометрии между лицами без ДН при ХНМК и контролем не обнаружено (таблица 2).

Полученные результаты указывают на то, что сочетание ХНМК с саркопенией следует учитывать при разработке стратегий и планировании лечебно-реабилитационных мероприятий, направленных на замедление процесса потери мышечной массы, снижение темпа прогрессирования двигательного дефицита, что будет способствовать предупреждению развития осложнений и сохранению качества жизни данной категории пациентов. Саркопения, как и другие гериатрические синдромы, тяжело поддается лечебным воздействиям, особенно в развернутой стадии, поэтому при выявлении первых признаков структурных или функциональных нарушений мышечной ткани следует незамедлительно начинать комплекс лечебных мероприятий, не допуская перехода к этапу функциональных потерь [2].

Заключение

В результате проведенного исследования у пациентов с ДН при ХНМК выявлены достоверное снижение аппендикулярной мышечной массы по данным двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, а также уменьшение силы рук при кистевой динамометрии по сравнению с пациентами без ДН и контрольной группой. Полученные результаты могут свидетельствовать о вкладе патологических изменений в исполнительном звене статолокомоторной системы в формирование ДН у данной категории пациентов.

Показатели двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии могут использоваться для оценки состояния аппендикулярной мышечной ткани у пациентов с ХНМК при планировании лечебно-реабилитационных мероприятий.

Список литературы

1. Cruz-Jentoft A. J., Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age Ageing. 2019; 48 (1):16–31.
2. Буквальная Н. В., Актуальность понятия саркопении в общей врачебной практике. Лечебное дело. 2018; 1:49–54.

УДК [616.74 – 009.7] – 08 – 031.84

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ ПРОТИВОБОЛЕВОЙ АППАРАТ «ППА-01» В ЛЕЧЕНИИ МИОФАСЦИАЛЬНОГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА

С.А. ЛИХАЧЕВ, С.А. МИРОНОВ

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь

Аннотация. Миофасциальный болевой синдром является полифакторным заболеванием. Для того чтобы его выставить пациенту при осмотре, врачу необходимо обращать внимание не только на данные анамнеза, жалобы и неврологический осмотр, но и на данные мануального мышечного тестирования. Обнаруженные при его использовании триггерные точки и болезненные мышечные тяжи в пораженных мышцах, подтверждают данный диагноз, а также позволяет нам прицельно использовать наш метод лечения для эффективного устранения болевого синдрома.

Ключевые слова: миофасциальный болевой синдром, АПП-терапия, алгоритм, ППА-01, мидокалм.

SEMI-AUTOMATIC ANALGESIC DEVICE «ППА-01» IN TREATMENT OF MYOFASCIAL-PAIN SYNDROME

S. A. LIKHACHEV, S. A. MIRONOV.

Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

Abstract. Myofascial pain syndrome is a multifactorial disease. In order to expose it to the patient during examination, the doctor needs to pay attention not only to the data of anamnesis, complaints and neurological examination, but also to the data of manual muscle testing. The trigger points and painful muscle cords found during its use in the affected muscles confirm this diagnosis, and also allows us to purposefully use our treatment method to effectively eliminate pain syndrome.

Keywords: myofascial pain syndrome, APP-therapy, algorithm, PPA-01, mydocalm.

Введение

Миофасциальный болевой синдром (МФБС) - синдром «хамелеон», т.к. в своих клинических проявлениях имитирует множество заболеваний, связанных и не связанных с костно-мышечной системой. В связи с этим идет нарастание количества пациентов, обращающихся в поликлиники с болевыми синдромами неясной этиологии. Работая с такими пациентами нам важно установить является боль миофасциальной или нет, а также выделить методы, которые позволят эффективно лечить таких пациентов.

Для верификации диагноза стоит опираться на следующие клинические проявления МФБС:

1. Острые интенсивные боли, возникающие при функциональной активности пораженной мышцы или при надавливании на триггерную точку;
2. отраженные боли;
3. парестезии, возникающие при надавливании на триггерную точку (ТТ);
4. локальная напряженность мышц;
5. ограничение объема движений в пораженной мышце вследствие болезненности;
6. вегетативная дисфункция (нарушение потоотделения, изменение цвета кожи).

Но нельзя достоверно оценить генез боли опираясь только на клинические проявления, поэтому осматривая таких пациентов применяется мануальное мышечное тестирование. Целью применения мануального метода диагностики является поиск в описываемых зонах боли ТТ и болезненных мышечных тяжей, которые указывают на наличие МФБС [1].

Существует множество способов лечения МФБС: медикаментозные, немедикаментозные и пункционные методы лечения. К пункционным методам относятся: пункция ТТ сухой иглой, локальная инъекционная терапия [2].

Метод

Отдельным представителем пункционных методов лечения является разработанный авторами метод лечения МФБС, который был назван – аппаратно - пунктурная противоболевая терапия (АПП-терапия).

АПП-терапия - это новый пункционный патогенетический метод лечения МФБС, осуществляемый посредством разработанного авторами полуавтоматического - противоболевого аппарата (ППА-01) [3,6].

ППА-01 – это электротехнический аппарат, который имеет внешнюю схожесть с индукционной тату-машинкой, но при этом модифицирован и полностью приспособлен для выполнения лекарственных микропункций. Особенности аппарата являются увеличенный объем хода иглы и сила прокола, которые позволяют делать микропункции на большую глубину. Микропункции осуществляются посредством нажатия педали управления – одно нажатие/один прокол. Также в конструкции аппарата учитывается принцип fast in/fast out, что обеспечивает меньшую болезненность прокола.

Данный метод используется для эффективного лечения МФБС различной локализации, посредством локального введения малых доз раствора лекарственного средства (ЛС) Мидокалм.

Методика проведения эксперимента

Пациенты отбирались исходя из клинической картины МФБС и рентгенологических данных. Рентгенологическая картина дегенеративных изменений позвоночника различной степени выраженности была обнаружена в 100% случаев.

За период с ноября 2020 г. по ноябрь 2022г. было пролечено 77 пациент с МФБС различной локализации, из них женщин 44 (57%), мужчин 33 (43%), средний возраст составил 48±5,7 лет. Лечение получили пациенты со следующими локализациями боли: шейная локализация и верхние конечности - 29(37%), грудная локализация - 8(11%), поясничная локализация и нижние конечности - 40(52%).

Для оценки эффективности лечения пациентов с применением АПП-терапии использовали: мануальное мышечное тестирование, цифровую рейтинговую шкалу боли (ЦРШ), опросник качества жизни Oswestry [4], Мак-Гилловский болевой опросник [5], эстеziометрическое исследование («Эстеziметр Э-01» производства ОАО «МПОВТ», РБ), термографическое исследование («NEC Thermo Tracer TH-9100» производства NEC Avio infrared Technologies Co. Ltd., Япония). Кроме этого оценивалось наличие побочных реакций после проводимого лечения: образование подкожных гематом, аллергические реакции.

Критерии включения: наличие болевого синдрома, обнаружение в описанных зона боли ТТ и болезненных мышечных тяжей, воспроизведение боли при раздражении ТТ.

Для определения тактики лечения и зон предполагаемого воздействия всем пациентам проводился сеанс лечебно-диагностической акупрессуры.

Результаты

В процессе лечения воздействие производилось на группы мышц, которые располагались в подобранных индивидуально для каждого пациента треугольниках мышечной боли. Ниже приведен анализ данных полученных при обследовании пациентов.

Улучшение наступило у 72 (94%)пациентов. Показатели ЦРШ: до лечения 9 [4; 9] баллов; после лечения 0 [0; 5] баллов. Индекс Oswestry (макс. 100): до лечения Me 62 [34;100] %; после лечения 24 [20; 36] %.

Порог тактильной чувствительности: до лечения 16 [8; 28] мА; после лечения 12 [8; 20] мА.

Порог болевой чувствительности: до лечения 28 [20;60] мА; после лечения 16 [10; 32] мА.

Побочные реакции и осложнения при проведении лечения: небольшие подкожные гематомы у 9 (11%) пациентов из 77 пролеченных.

Заключение

Применение метода в практике врачей, работающих с болевым синдромом, позволит улучшить качество жизни пациента уже после первого сеанса, существенно снизить риски развития побочных эффектов и возможных осложнений, минимизировать риск сердечно-сосудистых и желудочно-кишечных осложнений от применения лекарственных средств, сократить сроки лечения.

Список литературы

1. Кукушкин М.Л., Хитров Н.К. Общая патология боли. – М.: Медицина, 2004. [Kukushkin M.L., Khitrov N.K. *Obschaya pathologya boli*. - M.: Medicina, 2004. (In Russ.)].
2. Годзенко А.А., Бадюкин В.В. Локальная терапия миофасциального болевого синдрома. РМЖ. Ревматология – 2007. – № 26. – С.1998 – 2003. [Godzenko A.A., Badokin V.V. *Localnaya therapya myofascialnogo boleвого syndroma*. *Rheumatology* - 2007. - No. 26. - С.1998 - 2003. (In Russ.)].
3. Лихачев С. А., Миронов С. А., Мурзо Е. А. Лечение миофасциального болевого синдрома с помощью полуавтоматического противоболевого аппарата «ППА-01». Неврология и нейрохирургия Восточная Европа. 2021. Том 11 № 2: 145-155. [Likhachev S., Mironov S., Murzo E. *Treatment of Myofascial Pain Syndrome with the Help of Semi-Automatic Analgesic Device "PPA-01"*//*Neurologiya i Neurochirurgia Wostochnaya Europa*. 2021. Tom 11 No. 2//pp. 145-155. (In Russ.)].
4. Черепанов Е. А. Русская версия опросника Освестри: Культурная адаптация и валидность. «Хирургия позвоночника». 2009; (3): 093-098. [Cherepanov E. A. *Russkaya versia oprosnika Oswestry: Kulturnaya adaptaciya and validnost*. "*Hirurgiya pozvonochnika*". 2009; (3): 093-098. (In Russ.)].
5. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации: руководство для врачей и научных работников. Под ред. А. Н. Беловой, О. Н. Щепетовой. М.: Антидор; 2002: 439. [Shkaly, testy i oprosniki v meditsinskoj reabilitatsii: rukovodstvo dlya vrachei i nauchnykh rabotnikov. Pod red. A. N. Belovoi, O. N. Shchetovoi. M.: Antidor; 2002: 439 (In Russ.)].
6. Заявка на патент N2021/EA/0006 от 22.01.2021г.// Способ лечения миофасциального болевого синдрома.//Миронов С. А., Лихачев С. А., Мурзо Е. А. [Zayavka na patent N2021/EA/0006 ot 22.01.2021g.//*Sposob lecheniya miofascialnogo boleвого syndroma*.// Mironov S. A., Likhachev S.A., Murzo E.A. (In Russ.)].

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А	Д
АБРАМОВИЧ Н.Д. 11	ДАВИДОВСКАЯ Е.И. 46
АЗАРОВ И.С. 281	ДАВЫДОВ М.В. 73, 87, 93, 112, 199, 225, 234
АКСЮЧИЦ А.В. 125	ДАВЫДОВА Н.С. 87
АЛЕЙНИКОВА В.Н. 304	ДЕЖКУНОВ Н.В. 326
АЛЕКСЕЕВ В.Ф. 98, 143	ДИК С.К. 37, 116, 254
АЛЕКСЕЙЧИК Д.С. 264	ДИК С.С. 116
АЛЕКСЕЙЧИК С.Е. 264	ДУБИНЕЦКИЙ В.В. 246
АЛЕШКЕВИЧ С.И. 246	ДУБОВСКИЙ В.А. 162
АСТАПЕНКО А.В. 331	ДУЛУП И.П. 246
Б	Е
БАРАДИНА И.Н. 25, 33, 294	ЕЛЕЦ Н.М. 87
БАРАНОВСКИЙ Д.В. 54, 128	ЕРМОЛЕНКО О.П. 246
БАТГЭРЕЛ Б. 60	Ж
БЕЗРУЧКО И.В. 246	ЖАРКО Н.А. 326
БЕЛАЯ О.Н. 251	ЖДАНОВИЧ Д.Н. 194
БЕЛЬСКАЯ Н.В. 275	ЖЕЛЕЗНОВА Е.К. 90
БЕРНИК В.И. 60	ЖИЛИНСКИЙ В.В. 207
БИНЕЦКАЯ Е.А. 246	ЖОЛУДЕВА Д.А. 192
БОБРОВА Т.С. 199, 234	ЖУРОВИЧ М.И. 246
БОГДАНОВИЧ О.Л. 121, 237	З
БОГОМАЗ К.С. 169	ЗАПОРОЖЧЕНКО Ю.В. 90, 125
БОНДАРИК В.М. 213, 219	ЗЕЛЬМАНСКИЙ О.Б. 46
БОРОВИКОВ С.М. 116	ЗЕНЬКОВИЧ Т.Л. 69
БРАНЦЕВИЧ П.Ю. 314	ЗИЛЬБЕРМАН Р.Д. 149
БРАТЧЕНЯ А.М. 192	ЗЯБКО М.Н. 246
БРИЛЕВСКАЯ М.В. 225	К
БРУЧКОВСКИЙ И.И. 189	КАЛИНА А.С. 183
БУРАКЕВИЧ О.И. 246	КАЛИНКИНА Т.Г. 278
БУЯКОВ И.В. 298	КАЛОША Н.И. 60
В	КАМИНСКИЙ А.Н. 37, 267
ВАНДА А.С. 69, 291	КАМЛАЧ П.В. 210
ВАСИЛЁНОК О.В. 319	КАМЫШНИКОВ В.С. 20
ВАШКЕВИЧ М.И. 281	КАРАВАЙ Т.В. 105, 109
ВЛАДЫКО А.С. 60	КАРАНКЕВИЧ А.А. 246
ВЛАДЫМЦЕВ В.Д. 40	КАРПИШЕВИЧ Л.Г. 260
ВНУК О.М. 213	КАСАЧ А.А. 203
ВОЙТОВ В.В. 219	КАТИБНИКОВА Е.И. 246
ВОЛОРОВА Н.А. 169	КАШИЦКИЙ Д.Э. 37, 109, 121, 237
ВОРОНОВА Н.А. 246	КАШИЦКИЙ Э.С. 37, 43, 105, 109, 304, 319
ВОРОПАЙ Е.С. 149	КЛИМОВИЧ М.А. 260
Г	КЛИМУК Д.А. 60
ГАЛИЕВСКАЯ О.В. 323	КЛЮЕВ А.П. 40
ГВИЦ Т.Г. 323	КОВАЛЕНКО И.В. 246
ГЛЕБ О.В. 321	КОЛОСЕЙ В.И. 87
ГЛИНСКАЯ Т.Н. 60	КОРЕНЕВСКИЙ С.А. 199
ГОВОР Г.А. 158	КОРОВКИН В.С. 246
ГОЛЬЦЕВ М.В. 180, 251	КОСТЕЦКИЙ Ю.А. 33
ГОРЕНЮК О.Л. 246	КОТОВ Д.А. 90, 125
ГОРОХ Г.Г. 207	КОТУХОВ А.В. 326
ГОРОХ П.И. 213, 219	КОХАНОВСКАЯ И.А. 230
ГОРОХОВСКАЯ О.А. 271	КРИПИНЕВИЧ Т.В. 105
ГРЕКОВА Т.И. 25, 51, 294	КРУПСКАЯ М.А. 139
ГРИБ А.Ф. 326	КУГЕЙКО М.М. 16, 29
ГРИНКЕВИЧ В.Н. 109	КУДРЕНКО И.И. 112, 225
ГУБКИН С.В. 43	КУЗНЕЦОВ Я.О. 37

КУРИЛО И.И.	203
КУХАРЕНКО Л.В.	251
КУХТА Т.С.	82

Л

ЛАПТЕВ А.Н.	246
ЛАПТЕВА Е.А.	246
ЛАРИН А.О.	158
ЛЕЩЕВИЧ Е.И.	210
ЛЕЩЕНКО В.Г.	178
ЛИСЕНКОВА А.М.	192
ЛИТВИНОВИЧ Г.С.	189
ЛИХАЧЁВ Д.С.	281
ЛИХАЧЕВ С.А.	311, 321, 323, 331, 334
ЛОБАН Е.Н.	246
ЛУБНЕВСКАЯ Г.Г.	178
ЛУГОВСКИЙ А.П.	149
ЛЫСЕНКО С.А.	29
ЛЯДВИН Е.А.	78

М

МАДВЕЙКО С.И.	210
МАКАРИЧ Д.А.	169
МАЛИЦКИЙ В.А.	66
МАЛЬКЕВИЧ Л.А.	69, 284, 288, 291
МАЛЮШКОВА Е.В.	134
МАНКЕВИЧ С.М.	25, 51, 294
МАНСУРОВ В.А.	178, 180
МАРТЫНЮК А.Н.	246
МАРЧЕНКО А.А.	37
МАРЬЕНКО И.П.	311
МАТОШКО А.О.	87
МАТЮШКО А.В.	158
МЕДВЕДЕВА И.Ф.	194
МЕШКОВА К.Е.	73, 93
МИГАЛЕВИЧ А.С.	40
МИРЕНКОВ В.В.	109
МИРОНОВ С.А.	334
МИТЮХИН А.И.	241
МОЖЕЙКО М.П.	311
МОЙСЕЙЧЕНКО А.П.	278
МУШОВЕЦ А.И.	246

Н

НАЗАРЕНКО А.Б.	260
НАРУШЕВИЧ Ю.Ю.	246
НИКОНЕНКО Н.А.	230

О

ОГОРОДНИКОВ Д.А.	194
ОГРЕНИЧ Н.А.	121, 237
ОДИНЕЦ Д.Н.	174
ОРЁЛ Н.М.	192
ОСИПОВ А.Н.	40, 66, 90, 125
ОСИПОВА О.Е.	51
ОСОС Е.Л.	323
ОСТАПУК О.О.	207

П

ПАВЛОВСКАЯ Т.С.	331
ПАЦЕЕВ А.В.	40
ПАЦЕЕВ С.В.	40, 73, 93
ПАШКЕВИЧ В.И.	109

ПАШКИЛЕВИЧ В.В.	73, 93, 154
ПЕТРОВСКИЙ Н.А.	281
ПИСКУН Г.А.	98, 143
ПОДСАДЧИК Л.В.	51
ПОЗДНЯКОВА А.С.	246
ПОНОМАРЕВ В.А.	260
ПОСПЕЛОВ А.В.	203
ПОТЯГОВА Т.М.	260
ПРИГОЖАЯ Е.К.	139
ПРОТЬКО Н.Н.	37
ПЫЖ А.Э.	304, 319

Р

РАДЖАБОВ Ш.Ф.	254
РЕШЕТНИКОВА Н.В.	288
РОЗАРЁНОВА Е.В.	121, 237
РОКАЧ В.А.	66
РОЛИЧ О.Ч.	40
РУБНИКОВИЧ С.П.	33, 78
РУДНИЧЕНКО Ю.А.	319
РУСАК А.А.	183
РУШКЕВИЧ Ю.Н.	323

С

САВЕЙКО А.Р.	73, 93
САВИН А.О.	149
САМСОВ М.П.	134, 149
САСИНОВИЧ М.А.	183
СВЕТАШЕВ А.Г.	308
СЕМАК И.В.	134
СЕМЕНЧИК И.Н.	213, 219
СИВАКОВ А.П.	25, 51, 264, 294
СИДОРОВИЧ Э.К.	331
СИТНИК Г.Д.	37, 213
СКРЯГИН А.Е.	60
СКРЯГИНА Е.М.	60
СКУГАРЕВСКАЯ М.М.	291
СМИРНОВА И.А.	180
СОБЧУК Н.С.	37
СПРИНДЖУК М.В.	60
СТАСИШИНА А.М.	154

Т

ТАБАЛЬЧУК Т.Г.	189, 308
ТАРАСОВ Д.С.	134, 149
ТЕРЕБИЛЕНКО Д.Ю.	87
ТИМОШКОВ Ю.В.	158
ТИТКОВА Н.Д.	43
ТИТОВ Л.П.	60
ТОЛКАЧЕВА Е.А.	194
ТРУШЕЛЬ Н.А.	180
ТУМАШИК С.М.	246

У

УЛЗИЙБАТ Б.	60
УСОВИЧ А.К.	78
УСТИНОВА А.И.	284

Ф

ФАДДЕВА Е.А.	194
ФЕДОРИНЧИК М.П.	326
ФЕДОСЕНКО В.С.	207
ФИРАГО В.А.	29

Х		ШЕВЕЛЬ В.Л. 288
ХАЗАНОВСКИЙ И.О. 40		ШКАДАРЕВИЧ А.П. 11
ХАРЕВИЧ О.Н. 246		ШУТОВИЧ В.А. 112, 225
ХЛУДЕЕВ И.И. 134		
ХОЛОД Е.А. 162		Э
ХОТЬКО В.В. 246		ЭЛЬЖБУР М.С. 246
Ч		
ЧАБАН Т.Ф. 246		Ю
ЧЕРНУХА Т.Н. 321		ЮРАГА Т.М. 82
ЧУРАКОВ А.В. 210		ЮШКЕВИЧ М.А. 169
Ш		
ШАВКАТОВ Ё. 234		Я
		ЯНУТА Ю.Г. 304
		ЯРМОЛИК В.И. 234

Научное издание

**МЕДЭЛЕКТРОНИКА–2022.
СРЕДСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
И НОВЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
XIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Республика Беларусь, Минск, 8-9 декабря 2022 года)

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *М.В. Давыдов*
Компьютерная верстка: *И.И. Ревинская, Г.А. Карпинчик*

Подписано в печать 02.12.2022. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 39,76. Уч.-изд. л. 35,4. Тираж 100 экз. Заказ 228.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/123 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛИ № 02330/264 от 14.04.2004.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, Минск

