

Л. Р. Вишняков, І. М. Кохана, О. М. Андрієнко

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

## ЕЛЕКТРОДИ ДЛЯ ФІЗИОТЕРАПЕВТИЧНИХ МЕТОДІВ ЛІКУВАННЯ НА ОСНОВІ ВІТЧИЗНЯНИХ ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація: Розглянута розроблена в ІПМ НАН України конструкція електродів на основі вуглецевої струмопровідної тканини для ряду вітчизняних фізіотерапевтичних апаратів. Технологія виготовлення електродів придатна для використання в серійному виробництві та враховує вдосконалення конструкції струмопідводу до електродів. Проведено комплекс досліджень електродів (технічні та клінічні випробування) та отримано дозвіл на застосування цього виробу у медичній практиці.

**Ключові слова:** електроди, фізметоди лікування, вуглецева тканина, струмопідводи.

У лікувальній практиці при багатьох захворюваннях широко застосовуються електрофізичні методи. Наукові дослідження цих методів та виявлення їх впливу на організм людини спонукали поглиблення відомих та розвиток нових напрямів у фізіотерапії та удосконалення відповідної медичної техніки [1].

Дотепер використовують ряд апаратів для фізіотерапевтичних методів лікування, в яких електроди є важливою функціональною ланкою системи *пристрій–пацієнт*. Огляд патентної та технічної літератури показав, що в конструкціях електродів для фізіотерапевтичних процедур застосовують різні електропровідні матеріали.

При багатьох найбільш поширених процедурах важливо здійснювати якомога більш повний контакт з тілом пацієнта за допомогою електродів з урахуванням особливостей форми хворого органу людини. У деяких випадках раціонально використовувати гнучкі електроди, які відтворюють геометрію поверхні тіла пацієнта. В гнучких електродах застосовують електропровідні гуми, металеві сітки, електропровідні вуглецеві тканини, полімерні матеріали та ін. Наприклад, в одному з варіантів конструкції гнучкий електрод прямокут-

ної форми вміщує послідовно шари електропровідного пінополітетрафторетилену, полімерного клею та електроізолюючого матеріалу [2]. Відомі також конструкції електродів, виготовлені з гнучкого листа графіту [3].

Як провідники струму для електродів можуть застосовуватися в'язані матеріали з металевих дротів. Так, струмопровідний матеріал, виготовлений із срібних ниток діаметром 0,02–0,04 мм, слугує основою для електрода, що накладається на шкіру пацієнта [4]. Ще одним прикладом застосування металу в медичних електродах для збільшення часу безперервної роботи є конструкції з нікелю, алюмінію та нержавіючої сталі у вигляді брикету із циліндричних спіралей, у яких діаметр дротів складає 0,05–0,015 мм [5].

У більшості наведених вище конструкцій, на наш погляд, є основний недолік, а саме – нерівномірність розподілу струму по поверхні електродів. Вуглецеві ткани матеріали, які мають достатню електропровідність і гнучкість, є, безумовно, найбільш придатними для використання в конструкціях електродів. Тому в Японії, Франції, Німеччині та інших розвинених країнах в конструкціях фізіотерапевтичних електродів застосовують вуглеце-

## Спільні інноваційні проекти

**Таблиця 1.** Характеристика тканин "ЕТАН" та "Хортиця", виготовлених Державним заводом "Вуглекомполит" (м. Запоріжжя)

№ пор.	Найменування показників	Норма для марок	
		"ЕТАН"	"Хортиця"
1	Розривне навантаження стрічки тканини шириною 50 мм, Н (кГс), не менше по основі по утку	539 (55)	490 (50)
		98 (10)	196 (20)
2	Поверхнева щільність, 1 м <sup>2</sup> /г	350 ± 30	360 ± 20
3	Ширина, см	50,0	50,0
4	Питомий поверхневий електричний опір, Ом	1,5 – 3,5	2 – 5

ві матеріали [6–9].

В ІІМ НАН України протягом майже 30 років розробляються композиційні матеріали на основі вуглецевих волокон. В 1970–80 рр. вони застосовувалися здебільшого у відповідальних конструкціях авіаційно-космічної техніки і обігрівачих пристроях. В медицині одним із прикладів застосування цих матеріалів стали електроди для лікарського електрофорезу. Ці електроди дали можливість замінити свинцеві електроди, які, до речі, застосовуються і досі в деяких лікарських закладах нашої країни, незважаючи на те, що свинець шкідливий для здоров'я пацієнта та обслуговуючого персоналу.

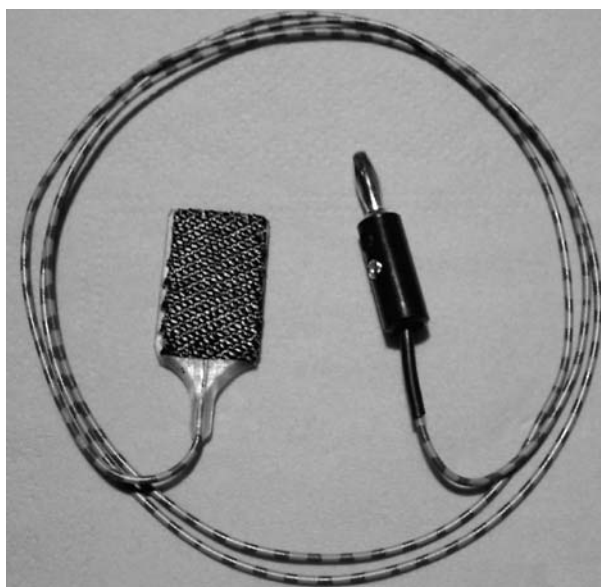
Застосовуючи електроди з вуглецевої тка-

**Таблиця 2.** Характеристика тканин УУТ-2, виготовленої Казенним заводом порошкової металургії (м. Бровари)

№ пор.	Найменування показників	Норма для тканини
1	Розривне навантаження стрічки тканини шириною 50 мм, Н (кГс) по основі по утку	931 (95)
		441 (45)
2	Поверхнева щільність, 1 м <sup>2</sup> /г	310 – 380
3	Ширина, см	60,0
4	Питомий поверхневий електричний опір, Ом, не більше	3,0

нини для фізіотерапевтичних процедур, можна реалізувати такі переваги:

- замінити пластини із свинцю, що є токсичним;
- зменшити трудомісткість підготування до процедури та спростувати її проведення;
- виключити можливість опіків тіла пацієнта при проведенні лікарського електрофорезу;
- забезпечити ефективну експлуатацію електродів протягом року і на більший період;



**Рис. 1.** Струмопідвід до електрода



Рис. 2 . Активні частини електродів різної форми

- поширити застосування електродів для різних фізіотерапевтичних процедур.

Ці переваги здебільшого визначаються тим, що вуглецева тканина добре проводить електричний струм, не змінює властивостей при кип'ятінні у воді, є гнучкою, міцною та стійкою до дії кислот лугів і різних лікарських препаратів.

Наразі в Україні широко використовуються вуглецеві тканини, вироблені на Державному заводі "Вуглекомполит" (м. Запоріжжя) та на Казенному заводі порошкової металургії (м. Бровари, Київської області). Технічні характеристики вуглецевих тканин наведені в табл. 1 та 2.

Електроди для лікарського електрофорезу конструктивно являють собою зшиті пакети, в яких разом з вуглецевою тканиною використовують фланель, що слугує для змочування лікарськими препаратами.

У зв'язку з сучасними вимогами до електродів гостро постало питання удосконалення їх конструкції та серійного виробництва для широкого кола споживачів у медичних закладах.

З урахуванням цих задач нами були розроблені електроди, що відрізняються за розмірами та формою: прямокутні, полумаска Бергоньє, комір за Щербаком, вушний, груд-

ний, очний, для щитовидної залози та ін. Були реалізовані нові технічні рішення щодо форми електродів, а також були запропоновані удосконалені конструкції електродів та струмопідводів.

У розробленій конструкції електродів є дві частини, які знаходяться в електричному контакті та легко розділяються. Одна частина (активна) є суто електродом (рис. 1) а інша – допоміжна, струмопровідна – слугує струмопідводом для підключення електрода до фізіотерапевтичного апарату (рис. 2).

Кожен електрод, незалежно від форми, має спеціальну кишеню з прорізом для вставлення струмопідводу, який теж виготовляється з струмопровідної вуглецевої тканини для контакту з активною частиною. За технологією виготовлення електродів шари фланелі прошивають бавовняними швейними нитками, а краї електродів обробляють на машині "оверлок".

Розроблені конструктивно-технологічні фактори дали можливість відпрацювати технологію виготовлення великих серій комплектів електродів необхідної форми. Дослідження показали, що для лікарського електрофорезу електричний опір струмопідводу повинен бути не більше 20 Ом. Тому для виготовлення вуглецевих тканин були застосовані спеціальні режими хіміко-технологічної обробки (карбонізації). При використанні електродів робоча температура струмопідводу складає 40–50 °С в лужному та кислому розчинах при *pH* середовища – 4–8.

Наведені умови експлуатації дозволяють використовувати розроблені електроди в кабінетах фізіотерапії медичних закладів, де здійснюють лікування за допомогою фізіотерапевтичних апаратів: "Тонус-1", "Нейрон-1", "Стимул-1", "Поток-1", "Дельга-102" та ін.

Наші дослідження показали, що електроди, виготовлені з вуглецевих тканин, можуть бути використані також для проведення процедур гальванізації, діадинамічної терапії та

лікування синусоїдальними модульними струмами.

В результаті проведення робіт за Програмою співробітництва Національної академії наук і Київської міської державної адміністрації було розроблено конструкторську документацію на різні типи електродів, технологічну інструкцію і технічні умови та виготовлені експериментальні партії електродів. Клінічні, технічні та кваліфікаційні випробування електродів, які були проведені у провідних медичних закладах м. Києва, показали відповідність їх ДСТУ 3798-98. Після кваліфікаційних випробувань установчої серії було затверджено ТУ У 33-1.05416930.001-2004 "Електроди для апаратів фізіотерапії" і одержано дозвіл на впровадження розроблених виробів у медичну практику.

Виготовлена на виробничій дільниці Науково-технічного центру "Композиційні матеріали" ІПМ НАН України дослідно-промислова партія електродів передана Головному управлінню охорони здоров'я та медичного забезпечення м. Києва для використання в медичних закладах м. Києва.

Таким чином, завдяки спільній роботі лікарів-фізіотерапевтів та науковців-матеріалознавців було створено науково-виробничу базу, що може задовольнити потреби лікувальних закладів м. Києва і всієї країни в удосконалених електродах на основі вітчизняних вуглецевих матеріалів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ливенцев Н. М., Ливенсон А. Р. Электромедицинская аппаратура. – М.: Медицина, 1974. – 335 с.
2. Патент США № 5269810; кл. 607-129 Накладный электрод, 1995.
3. Заявка ЕПВ № 0223340; кл. А61 №1/04. Электрод для живого организма.
4. А. с. СРСР № 1797899; кл. А61 № 1/04. Медичний електрод, 1993.
5. А. с. СРСР № 1165413; кл. А61 № 1/04. Матеріал для медичних електродів, 1985.
6. Заявка Франції № 2614792; кл. А61 № 1/04. Електроди для лікування та догляду за тілом методом електротерапії, 1989.
7. А. с. СРСР № 1369731; кл. А61 № 1/36. Робоча частина електрода, 1988.
8. Заявка Японії № 61-7831, кл. А61 № 1/04. Електрод, 1986.
9. Патент Японії № 63-33179; кл. А61 № 1/04. Електродний матеріал, 1999.

### **Л. Р. Вишняков, И. Н. Коханая, Е. М. Андриенко. ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

**Аннотация:** Рассмотрена разработанная в ИПМ НАН Украины конструкция электродов на основе углеродной токопроводящей ткани для ряда отечественных физиотерапевтических аппаратов. Технология изготовления электродов пригодная для использования ее в серийном производстве, а также учитывает усовершенствованную конструкцию токоподвода к электродам. Проведен комплекс исследований электродов (технические и клинические испытания) и получено разрешение на применение этого изделия в медицинской практике.

**Ключевые слова:** электроды, физметоды лечения, углеродная ткань, токоподводы.

### **L. R. Vishnyakov, I. M. Kokhana, O. M. Andrienko. ELECTRODES FOR ELECTROTHERAPY MADE OF HOME CARBON MATERIALS.**

**Abstract:** A carbon electrical conductive fabric was used to construct electrodes for electrotherapy appliances of home production. The technology of manufacturing electrodes is useful for the production in volume and also includes improvements of current leading array to electrodes. A series of studies (technical tests and clinical explorations) was conducted, and the electrodes were authorized for use in medicine practice.

**Keywords:** electrodes, electrotherapy, carbon fabric, current-lead terminals.