

**Е.И. Данилова**

**E.I. Danilova**

*elizaveta.danilova.1996@mail.ru*

**Н.Ю. Стожко**

**N.Yu. Stozhko**

*sny@usue.ru*

ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет, г. Екатеринбург, Россия  
Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

## **НЕИНВАЗИВНЫЙ МОНИТОРИНГ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КОЖИ**

### **NON-INVASIVE SKIN ANTIOXIDANT ACTIVITY MONITORING**

**Аннотация:** В статье обсуждается проблема воздействия на человека экзогенных и эндогенных неблагоприятных факторов, приводящих к возникновению окислительного стресса, и необходимость разработки простых, неинвазивных устройств для мониторинга антиоксидантной активности (АОА) биологических жидкостей и тканей. Показано, что кожа человека может являться объектом неинвазивного исследования и нести необходимую информацию об АОА. Рассмотрена возможность создания одноразового, гибкого электрода из углеродного материала для оценки АОА.

**Abstract:** the article discusses the problem of exposure to humans of exogenous and endogenous adverse factors leading to oxidative stress, and the need to develop simple, non-invasive devices for monitoring the antioxidant activity (AOA) of biological fluids and tissues. It is shown that human skin can be the object of a non-invasive study and carry the necessary information about AOA. The possibility of creating a disposable, flexible electrode of carbon fiber materials for the evaluation of AOA is considered.

**Ключевые слова:** антиоксидантная активность, кожа, углеродный материал, сенсор.

**Keywords:** antioxidant activity, skin, carbon fiber material, sensor.

Человеческий организм постоянно подвергается воздействию экзогенных и эндогенных неблагоприятных факторов (ионизирующее излучение, тяжелые металлы, органические супертоксиканты, звуковые поля, шумы и др.), что может приводить к возникновению окислительного стресса (ОС), показателем которого является увеличение оксидантной активности (ОА) и снижение антиоксидантной активности (АОА) биологических жидкостей и тканей. Существующие методы определения АО в биологических жидкостях (кровь, сыворотка, плазма) являются инвазивными, длительными, дорогостоящими, трудозатратными и реализуются в лабораторных условиях в присутствии квалифицированного персонала. В связи с этим разработка простых в исполнении, неинвазивных методов и датчиков оценки уровня ОС в живых организмах, не требующих сложного оборудования и обеспечивающих скрининг-анализ в режимах in-situ и on-site, является актуальной.

Кожа человека является перспективным объектом для неинвазивных исследований. Она защищает организм человека от неблагоприятного воздействия окружающей среды и окислительного повреждения. Кожа служит одним из индикаторов состояния здоровья и возраста человека. Мониторинг АОА кожи является важной задачей, решение которой позволит получить референтные значения АОА кожи условно здоровых людей в зависимости от возраста человека, гендерной принадлежности, цвета кожи; установить влияние экзогенных неблагоприятных факторов и тяжести заболевания на значения АОА кожи; оценить эффективность проводимой терапии.

В настоящее время существует немногочисленные неинвазивные методы оценки АО и АОА кожи, которые представлены на рис. 1.

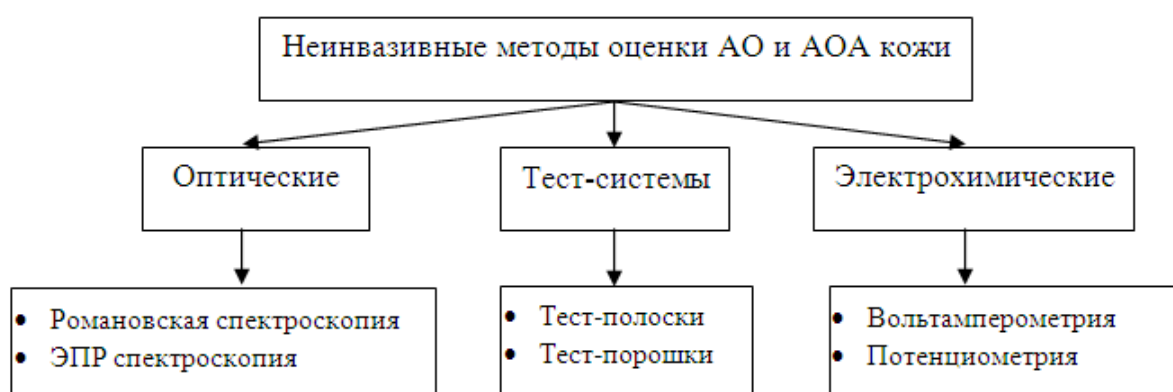


Рис. 1. Неинвазивные методы оценки индивидуальных антиоксидантов (АО) и антиоксидантной активности (АОА) кожи.

Для проведения измерений методами резонансной Романовской и ЭПР спектроскопии необходимо дорогостоящее оборудование, лабораторные условия и высококвалифицированный персонал. Кроме того, метод резонансной Романовской спектроскопии способен определять только узкий круг антиоксидантов (каратиноиды), а в методе ЭПР спектроскопии на кожу наносят радикалы и воздействуют микроволновым излучением или магнитным полем, что может быть не вполне безопасно. В основе химических тест-методов лежат аналитические реакции, обеспечивающие получение визуально наблюдаемого или легко измеряемого эффекта, например, интенсивность окраски или длина окрашенной части индикаторной трубки. Несмотря на то, что тест-средства очень привлекательны из-за своей простоты в использовании и возможности применения в «домашних условиях», однако они не обладают достаточной специфичностью к АО, и поэтому способны определять АО полуколичественно. Преимуществами электрохимических методов является высокая чувствительность и селективность, экспрессность, простота в эксплуатации, низкая стоимость аппаратуры и реактивов [1, 2]. Для реализации электрохимических методов необходимы специальные электроды, сенсоры, датчики. Метод вольтамперометрии очень чувствителен к состоянию поверхности рабочего электрода, что делает анализ недостаточно надежным, в отличие от потенциометрии, где эти проблемы не столь существенны. Однако используемые в потенциометрии электроды не обеспечивают хорошую воспроизводимость измерений АОА кожи, прежде всего, по причине отсутствия надежного контакта между поверхностями электрода и кожи.

Целью этой работы является разработка электрода/сенсора, гибкость которого обеспечивает хороший контакт с кожей, и, в конечном итоге, получение надежных результатов определения АОА. Для решения этой задачи был использован доступный и недорогой углеволоконный материал в качестве электропроводящей основы потенциометрического сенсора для определения АОА кожи. Методом циклической вольтамперометрии показана электрохимическая инертность материала в области потенциалов от -0.3 до +0.9 в фосфатном-буферном растворе рН 6. Углеволоконный потенциометрический сенсор обеспечивает быструю стабилизацию (около 10 с) и хорошую воспроизводимость потенциала ( $S_r \leq 0.05$ ) в исследуемых модельных системах антиоксидантов. Показатель правильности варьируется в пределах 95–107%, что доказывает правильность измерения АОА кожи с помощью разработанного сенсора. Результаты измерения АОА кожи людей (60 человек) свидетельствуют о том, что на АОА кожи темного цвета выше, чем светлого цвета. Отмечено небольшое возрастание АОА кожи с возрастом

людей. Таким образом, разработанный углеродный сенсор перспективен для использования в неинвазивном мониторинге АОА кожи.

#### Список литературы

1. *Brainina, K. Z. Optimized Potentiometric Assay for Non-Invasive Investigation of Skin Antioxidant Activity / Brainina K. Z., Markina, M. G., Stozhko, N. Y. // Electroanalysis. – 2018. – Vol. 30, № 10. – P. 2405–2412. – URL: <https://doi.org/10.1002/elan.201800309>.*
2. *Determination of Antioxidants in Human Skin by Capillary Zone Electrophoresis and Potentiometry / Markina M., Lebedeva E., Neudachina L., Stozhko N., Brainina K. // Analytical Letters. – 2016. – Vol. 49, № 12. – P. 1804–1815. – URL: <https://doi.org/10.1080/00032719.2015.1124111>.*