

Результаты исследования состояния клеточного монослоя после накопления БННЧ и флуоресценция БННЧ в клетках Vero представлены на рисунке 3. Из светлопольных микрофотографий (см. рисунок 3, А1-А3) хорошо видно, что инкубирование БННЧ с клетками в различных концентрациях не влияет на их жизнеспособность (форма, размер и количество клеток не отличаются от контрольного образца). Наличие интенсивной аутофлуоресценции клеток на длине волны 365 нм и низкий квантовый выход люминесценции БННЧ значительно осложняют визуализацию БННЧ в клетках методом флуоресцентной микроскопии (рисунок 3, Б1-Б3). Тем не менее применение высоких концентраций БННЧ (100 и 200 мкг/мл) позволило зарегистрировать накопление наночастиц в клетках, о чем свидетельствует усиленный сигнал флуоресцентной микроскопии, представленный на рисунке 3, Б3. Накопления БННЧ в более низких концентрациях (10 и 50 мкг/мл) в клетках Vero зарегистрировать при таком виде анализа не удалось.

Таким образом, в данном исследовании из борной кислоты и мочевины был осуществлен восходящий гидротермический синтез БННЧ с максимумом флуоресценции на длине волны 405 нм, при возбуждении на длине волны 320 нм. Данные наночастицы являются фотостабильными при адсорбции на хлопковых волокнах на протяжении 14 дней. Выявлено, что БННЧ не оказывают цитотоксического действия на опухолевые клетки Vero, накапливаются в них и при добавлении в концентрациях от 200 мкг/мл хорошо визуализируются методом флуоресцентной микроскопии. БННЧ являются перспективным наноматериалом для биовизуализации, адресной доставки лекарственных препаратов нейтрон-захватной терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hexagonal boron nitride quantum dots: Properties, preparation and applications / X. Zhang [et al.] // *Mater. Today Chem.* – 2021. – Vol. 20. – P. 1–17.
2. Coderre, J.A. The radiation biology of boron neutron capture therapy / J. A. Coderre, G. M. Morris // *Radiation Research.* – 1999. – Vol. 151, № 1. – P. 1–18.
3. Defect engineering route to boron nitride quantum dots and edge-hydroxylated functionalization for bio-imaging / J.H. Jung [et al.] // *RSC Adv.* – 2016. – Vol. 6. – P. 73939–73946.
4. Fabrication and luminescence of monolayered boron nitride quantum dots / L. Lin [et al.] // *Small.* – 2013. – Vol. 10. – P. 60–65.
5. Liu, Q. One-pot solvothermal synthesis of water-soluble boron nitride nanosheets and fluorescent boron nitride quantum dots / Q. Liu, C. Hu, X. Wang // *Mater. Lett.* – 2019. – Vol. 234. – P. 306–310
6. One-step synthesis of boron nitride quantum dots: simple chemistry meets delicate nanotechnology / B. Liu [et al.] // *Chem-Eur. J.* – 2016. – Vol. 22. – P. 18899–18907.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА КОЖУ ЦИНКА И ЕГО ОКСИДА /В СОСТАВЕ КОСМЕТИЧЕСКОЙ И ЛЕКАРСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

SKIN EXPOSURE TO ZINC AND ITS OXIDE IN COSMETIC AND MEDICINAL PRODUCTS

Е. А. Федулова, М. А. Кашинская, В. Д. Серченя, С. Н. Чигурь

E. A. Fedulova, M. A. Kashinskaya, V. D. Serchenya, S. N. Chigir

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
holyfirsh@mail.ru*

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В статье рассматривается влияние как цинка, так и его оксида на состояние кожи при использовании косметической и лекарственной продукции. Цинк обладает рядом важных свойств: участвует в развитии, формировании и восстановлении тканей и является важным компонентом некоторых белков, в том числе участвующих во вкусе и запахе. В связи с вышеперечисленными свойствами цинк и его оксид добавляют в состав лекарственных и косметических средств для лечения проблем с кожей.

The article deals with the influence of both zinc and its oxide on skin condition when using cosmetic and medicinal products. Zinc has a number of important properties: it participates in the development, formation and repair of tissues and is an important component of some proteins, including those involved in taste and odor. Because of the above properties, zinc and its oxide are added to medicinal and cosmetic products to treat skin problems.

Ключевые слова: цинк, цинкит, регенерация, абсорбция, ткани, крем, ультрафиолет, акне, аллергия, дерматит.
Keywords: zinc, zinckite, regeneration, absorption, tissue, cream, ultraviolet, acne, allergy, dermatitis.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-1-367-370>

Цинкит, или же оксид цинка – природный минерал, в связи с чем её действие на человеческий организм характеризуется как благоприятное, так как туда входит один из важнейших металлов нашего организма. Цинк важен для роста и развития, он участвует в восстановлении тканей и является важным компонентом некоторых белков, в том числе участвующих во вкусе и запахе. Таким образом этот металл, выступая в роль важного микроэлемента в организме, оказывает на него большое влияние: он играет роль во многих клеточных процессах, также участвуя в процессах развития и формирования тканей и их заживления. Его часто используют для лечения и предотвращения дефицита цинка, который в свою очередь может вызывать шелушение кожи и выпадение волос. Поэтому большое значение данного соединения в индустрии красоты является неоспоримым.

Различные косметические компании часто используют цинк при изготовлении своей продукции, что оказывает благоприятное влияние на исход лечения разного рода дерматитов и таких распространённых проблем с кожей, как акне.

Зачастую оксид цинка входит в состав лечебной косметики и применяется для таких проблем, как борьба с акне или перхотью. Он является сильным антисептиком и за счёт этого свойства подсушивает воспаления и нормализует выработку себума – секрета, выделяемого сальными железами кожи для поддержания целостности защитной гидролипидной мантии эпидермиса. Данный микроэлемент также имеет осветляющие свойства, которые являются необходимыми при борьбе с пигментными пятнами, и обладает фактором защиты от ультрафиолетовых лучей (SPF). Согласно исследованиям Европейского Журнала Хирургии (European Journal of Surgery) было также выявлено, что цинк, содержащийся в составе оксида цинка, сокращает количество бактерий и снимает воспаление на открытых ранах.

ногих клеточных процессах, также участвуя в процессах развития и формирования тканей и их заживления. Его часто используют для лечения и предотвращения дефицита цинка, который в свою очередь может вызывать шелушение кожи и выпадение волос. Поэтому большое значение данного соединения в индустрии красоты является неоспоримым.

Различные косметические компании часто используют цинк при изготовлении своей продукции, что оказывает благоприятное влияние на исход лечения разного рода дерматитов и таких распространённых проблем с кожей, как акне.

Зачастую оксид цинка входит в состав лечебной косметики и применяется для таких проблем, как борьба с акне или перхотью. Он является сильным антисептиком и за счёт этого свойства подсушивает воспаления и нормализует выработку себума – секрета, выделяемого сальными железами кожи для поддержания целостности защитной гидролипидной мантии эпидермиса. Данный микроэлемент также имеет осветляющие свойства, которые являются необходимыми при борьбе с пигментными пятнами, и обладает фактором защиты от ультрафиолетовых лучей (SPF). Согласно исследованиям Европейского Журнала Хирургии (European Journal of Surgery) было также выявлено, что цинк, содержащийся в составе оксида цинка, сокращает количество бактерий и снимает воспаление на открытых ранах.

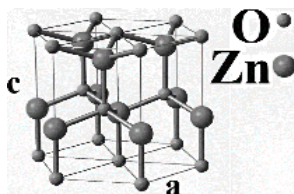


Рисунок – 1 Молекулярная модель оксида цинка

Гомеостаз цинка в организме человека и в коже. Среднее совокупное содержание цинка в тканях организма человека составляет около 2–3 г, преимущественно в связанном с белками виде. По своей массовой доле в организме человека цинк занимает второе после железа место среди микроэлементов.

Достаточное поступление цинка в организм обеспечивает сбалансированный рацион питания – рекомендуемая дневная норма потребления для взрослого человека составляет 8–15 мг. Рацион питания, который содержит наибольшую концентрацию цинка, тот рацион, который включающий большое количество животного белка (особенно много цинка в говядине, печени, морепродуктах), тогда как вегетарианство может привести к недостаточному поступлению цинка с пищей.

Абсорбция цинка происходит после его приема вместе с едой преимущественно в проксимальных отделах тощей кишки и двенадцатиперстной кишке в течение 3 ч. Величина абсорбции зависит от приема пищи – если при приеме водного раствора цинка натощак абсорбция составляет 80%, то после приема пищи она снижается до 5–40%, так как в зерновых, бобовых и прочих продуктах растительного происхождения содержатся хелатирующие агенты, которые связывают ионы цинка в нерастворимые комплексы [3].

Выведение цинка из организма происходит в большей мере за счет печеночного и в значительно меньшей мере (10–20%) – почечного клиренса [3].

На клеточном уровне 50% цинка находится в цитоплазме, 30–40% связано с белками ядра клетки, а оставшееся количество – в плазмалемме. 20% внутриклеточного цинка связано с белками-переносчиками – металлотионеинами.

В коже человека содержится 6% цинка от его общего содержания в организме – большее количество цинка содержится только мышечных волокнах и костной ткани. Концентрация цинка в эпидермисе (50–70 мкг на 1 г

сухой массы) выше, чем в дерме (5–10 мкг на 1 г сухой массы), что, скорее всего, указывает на активность цинк-зависимых ДНК- и РНК-полимераз в клетках базального слоя эпидермиса с высоким митотическим индексом. Для процесса дифференцировки эпидермиса важен баланс концентрации кальция и цинка, а именно: наблюдается обратная пропорциональная зависимость, когда градиент цинка снижается от базального слоя к дистальным, а градиент кальция, напротив, нарастает, когда достигает максимальной концентрации в клетках зернистого слоя. Высокая концентрация цинка в сенсорном эпителии языка и носовых ходов говорит как о высокой митотической активности клеток этих зон, так и о важности цинка для восприятия обоняния и вкуса.

Для того, чтобы оценить степень влияния оксида цинка на организм человека, нужно рассмотреть его свойства и непосредственный состав детально.

Цинк – элемент побочной подгруппы второй группы, относящийся к категории тяжелых металлов, и его название в дословном переводе с латыни (*zincum*) означает «белый налет». В природе цинк существует в единственной стабильной форме иона Zn^{2+} . Впервые данный металл в контексте его роли в биологических системах был описан в XIX веке J. Raulin, который выделил его как важнейший компонент для плесневого гриба *Aspergillus niger*. Накопленный на сегодня массив данных позволяет констатировать, что цинк является важным элементом для функционирования широкого спектра физиологических функций живых организмов. Как уже было сказано выше среднее совокупное содержание цинка в тканях организма человека составляет около 2–3 г, преимущественно в связанном с белками виде. По приблизительной оценке, около 10% генов всего человеческого генома кодирует белки, способные связывать цинк. На данный момент известно свыше 300 металлоэнзимов и 2000 факторов транскрипции, которым для функционирования требуется цинк.

Роль цинка в процессах организма, обеспечивающих здоровое состояние кожных покровов, чрезвычайно высока. Этот химический элемент оптимизирует процессы синтеза белков и выработки гормонов, стимулирует иммунную систему, поддерживает нормальный энергетический метаболизм, и, в принципе, чрезвычайно важен для нормального состояния кожи [2].

Цинк и его непосредственные соединения эффективно способствуют скорейшему заживлению ран, восстановлению тканей и регенерации мышц. Его применение имеет явно выраженный антиоксидантный эффект – данный металл контролирует выработку кожного сала, предотвращает появление воспалений и черных точек в связи с чем популярность его применения в области косметической продукции значительно увеличилась в последние годы. Цинк эффективно содействует регенерации кожи, обеспечивая её быстрое и эффективное восстановление и сохраняет нормальную влажность в зоне поражения, переизбыток или нехватка которой может спровоцировать натирания, раздражения, шелушения, дерматиты и другие кожные нарушения.

При избыточной влажности пораженного участка тела (в том числе и при воздействии мочи и кала), использование защитных средств с цинком будет особо эффективным, так как он заметно подсушивает кожу, способствует включению её естественных иммунных механизмов, формирует защитное покрытие кожного покрова пораженной области.

Именно эти защитные и заживляющие свойства цинка обуславливают широчайшее его использование в медицинской и гигиенической косметологии. Цинк не может накапливаться в организме, поэтому регулярное его поступление в организм извне является весьма значимым положительным фактором для общего физического состояния организма [2].

В составах наружных препаратов вот уже более двух веков широко используется оксид цинка. Данное вещество обладает противовоспалительным, подсушивающим, адсорбирующим, вяжущим и антисептическим свойствами; при этом в отличие от растворимых соединений оксид цинка практически не растворим в воде, в силу чего оказывает гораздо меньшее раздражающее действие.

Необходимо отметить, что оксид цинка может оставлять белый оттенок на коже, особенно если он используется в больших количествах. Чтобы избежать этого, многие производители косметических средств добавляют к оксиду цинка другие ингредиенты, которые помогают смягчить его эффект и сделать его более прозрачным на коже [2].

При рассмотрении частных случаев использования косметических средств в состав которых входит цинк и его производные, наибольшую распространённость имеет применение кремов. Они имеют в своем составе тальк и оксид цинка, а также защитный питательный комплекс Нутрискин, содержащий необходимые для нормального состояния кожи аминокислоты, жирные кислоты, креатин и миндальное масло.

Основное действующее вещество таких препаратов – оксид цинка. При их непосредственном наложении на кожу они оказывают бактерицидное и заживляющее подсушивающее действие. Креатин активизирует защитные механизмы эпидермиса. Миндальное масло эффективно успокаивает и питает кожу.

При использовании этого крема, на поверхности кожи формируется защитная пленка и запускаются природные, естественные механизмы защиты и восстановления клеток эпидермиса [4].

Защитный крем с оксидом цинка в виде пасты используется для эффективной защиты кожных покровов особо деликатных участков тела – таких, как места регулярного трения кожи об одежду или друг о друга, а также интимных зон, подвергающихся перманентному воздействию агрессивных жидкостей, мочи и кала. Крем с оксидом цинка создает и поддерживает надежную защиту от негативного влияния кала и мочи даже самой чувствительной кожи. Эффективно и полностью ликвидирует запах. Имеет высокую доказанную эффективность при профилактике пролежней и простого контактного дерматита, возникшего вследствие недержания мочи или кала различной этиологии.

В косметических средствах оксид цинка используют для защиты от ультрафиолетовых лучей. Защита кожи от данного воздействия крайне важна, так как ультрафиолетовые лучи при длительном воздействии могут нанести серьезный вред коже. Принцип работы кремов с данным соединением заключается в том, что оксид цинка образует барьер, поглощающий ультрафиолетовые лучи, который после отражает и не допускает их проникновения внутрь кожных покровов [1].

Без защиты соответствующих кремов действие ультрафиолетового излучения может привести к раннему старению, высыханию кожи, солнечным ожогам, а также, в худшем случае, привести к развитию рака кожи [3]. Поэтому применение кремов с содержанием оксида цинка является необходимым для избегания негативного влияния ультрафиолетовых лучей на кожу.

Возможным негативный эффект на организм может быть в случае аллергии пациента на цинк, что, учитывая общую статистику благоприятного влияния препаратов с цинком на организм, рассматривается как частный случай. При имеющейся у пациента аллергической реакции на цинк, для защиты кожных покровов наиболее подверженных агрессивному влиянию жидкости и механических контактов с одеждой или друг другом участков тела при инконтиненции, широко используется защитный крем без оксида цинка. В его составе также содержится креатин, обеспечивающий эффективную защиту кожных покровов и питательный минеральный комплекс Нутрискин. Он не содержит цинка, имея в своём составе бисабалол на основе масла ромашки и экстракт гаммелиса, однако такие препараты хоть и являются действенными, но они требуют больший промежуток времени, необходимый для видимого проявления оказанного на организм благоприятного эффекта.

Таким образом, за исключением частных случаев, можно сделать вывод, что использование крема с оксидом цинка оказывает явно выраженное антиоксидантное воздействие на кожу, стабилизирует работу эндокринной системы, нейтрализует гормональные всплески, очищает поры, сохраняет здоровое состояние кожных покровов и обеспечивает их регенерацию в самых сложных условиях. Это чрезвычайно эффективно реализует максимально скорое заживление раздражений, опрелостей и натираний, а также способствует лечению ран самого различного характера в связи с чем использование препаратов, содержащих в своём составе производные соединения цинка является наиболее доступной и универсальной возможностью положительного воздействия на организм в кратчайшие сроки. В свою очередь данный факт оказывает непосредственно положительные воздействия на статистику воспалительных заболеваний в области дерматологии в сторону их снижения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка технологии получения мазевой композиции на основе коллоидного оксида цинка для ветеринарии / А. А. Блинова [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – №1. – С. 30-38.
2. Цинк, его биологическая роль и применение в дерматологии / А. Н. Хлебникова, Д. Д. Петрунин // Вестник дерматологии и венерологии. – 2013. – № 6. – С. 100-116.
3. Интернет-портал «Прозабота.ру» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://prozabota.ru/>. Дата доступа: 29.02.2024.
4. Интернет-портал «Цинковый портал. Всё о цинковом покрытии и не только» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zinkportal.ru/>. Дата доступа: 29.02.2024

СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЕКУЛ ИММУНОГЛОБУЛИНОВОГО ТИПА ФОЛДИНГА НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОПЛЕНОК СЕРЕБРА, ПОКРЫТЫХ ПОЛИ-L-ЛИЗИНОМ SORPTION CHARACTERISTICS OF IMMUNOGLOBULIN-TYPE FOLDING MOLECULES ON THE SURFACE OF SILVER NANOFILMS COATED WITH POLY-L-LYSINE

***В. Д. Азаренко, В. Г. Дубатовка, Я. И. Мельникова
V. D. Azarenko, V. G. Dubatovka, Ya. I. Melnikova***

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
Минск, Республика Беларусь
vivaletta40@gmail.com*

*International State Environmental Institute of Belarusian State University,
ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

При оценке сорбционной способности молекул иммуноглобулинового типа фолдинга на поверхности нанопленок серебра, покрытых поли-L-лизинном, необходимо учитывать пространственную организацию наноструктурированных пленок серебра. После иммунофлуоресцентного анализа выявлено, что максимальный оптический отклик характерен для наноконструированной пленки с наиболее длительным временем