



## ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОС<sup>1</sup>

**И.Ю. Жданова<sup>1</sup>, Т.А. Крысанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ОАО «ЭФКО», Россия, 309850, Белгородская обл., г. Алексеевка, ул. Фрунзе, д. 2

<sup>2</sup> Воронежский государственный университет, Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

E-mail: i.zhdanova@efko.org;  
takrys@yandex.ru

Проведены исследования воздействия различных моющих средств, среди которых 10% растворы индивидуальных поверхностно-активных веществ (ПАВ), их композиции и рыночные образцы пеномоющих средств, на механические свойства волос. Установлено, что наименее пагубно на механические свойства волос влияют композиции ПАВ, в состав которых входит лаурилсаркозинат натрия, и индивидуальный раствор лаурет-3-сульфосукцината натрия.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, волосы, относительное удлинение, сила, приложенная для разрыва волоса, модуль упругости, предел прочности при растяжении.

### Введение

Волосы – это ороговевшие эпителиальные нитевидные придатки кожи, покрывающие почти всю кожную поверхность. Длина волос – от нескольких миллиметров до 1,5 метров, толщина – от 0,005 до 0,6 мм. Продолжительность жизни волоса 3–5 лет. Здоровый волос на 80–90% состоит из кератиновой массы, произведенной фолликулом (корнем) волоса за несколько лет. Стержень волоса имеет трехслойное строение. В центре его – мозговое вещество, или медуллярный слой. Основной объем волоса – кортекс – состоит из коркового вещества (плотно спрессованных вытянутых клеток). Снаружи волос покрыт кутикулой – плоскими ороговевшими клетками [1].

Кутикула непосредственно прилежит к корковому веществу и образует вокруг него плотную оболочку. Кутикула образована ороговевшими клетками (чешуйками). Эти чешуйки содержат твердый кератин. Каждая чешуйка имеет толщину 0,3 мкм и длину до 100 мкм. Свободные концы клеток накладываются друг на друга по типу черепицы и направлены к кончику волоса по всей его длине. Роговые чешуйки связаны между собой как многочисленными поперечными связями, так и липидными прослойками (церамидами).

Кератин – прочный эластичный белок. Он состоит из молекул, представляющих собой цепочки очень большого количества различных аминокислот, соединенных прочными химическими связями. Кератин составляет основу рогового слоя кожи, волос, ногтей и отвечает за основные физические и химические свойства волоса: эластичность, прочность, электростатичность, способность впитывать влагу, кислотно-щелочной баланс.

Таким образом, волосяной стержень – это кератиновые мультифибриллы (кортекс), завернутые в несколько слоев прозрачных кератиновых чешуек (кутикула), защищающих стержень от внешних повреждений.

Ежедневно волосы подвергаются термической обработке, агрессивному воздействию укладочных средств, погодных условий. Помимо этого на волосы попадает кожное сало, которое защищает их от негативного воздействия, но в то же время способствует развитию бактерий и придает волосам неопрятный вид. Поэтому необходимо тщательно очищать волосы и обеспечивать им требуемый уход. В настоящее время в состав шампуней – очищающих средств для волос – может входить широкий спектр химических соединений, влияние которых на волосы изучено недостаточно [2].

Основными компонентами шампуней являются поверхностно-активные вещества. Молекула ПАВ состоит из двух частей: гидрофильной (полярная) и липофильной (неполярная). Липофильная часть молекулы взаимодействует с жировым загрязнением, гидрофильная способствует его переводу в воду. Это один из факторов, обуславливающих моющее действие поверхностно-активных веществ. В зависимости от природы полярной группы и способности к диссоциации, ПАВ делятся на анионные, катионные, амфотерные, или амфолиты, и неионогенные [3].

Имея белковую природу, волос несет отрицательный заряд. Электростатическое взаимодействие между поверхностью волоса и полярной группой поверхностно-активного вещества – второй фактор, обеспечивающий моющую способность последнего. Именно за счет

<sup>1</sup> Результаты получены в рамках выполнения работ по Постановлению Правительства РФ № 218 договор N 02.G25.31.0007при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.



электростатического взаимодействия можно объяснить механизм воздействия различных ПАВ на волосы.

Важное свойство анионных поверхностно-активных веществ – высокая моющая способность, которая увеличивается за счет отталкивания анионной частицы от отрицательно заряженной поверхности волоса. Но этот процесс провоцирует нарушение расположения кутикулы. При высыхании и расчесывании чешуйки кератина отламываются, и на их месте появляются пустоты, через которые возможно проникновение воды в более глубокие слои волоса, что вызывает вымывание белка и минеральных веществ. Вследствие этого волосы истончаются, теряют эластичность, секутся и обламываются.

Катионные поверхностно-активные вещества обладают слабым моющим действием, но способны обеспечивать косметический эффект. Они фиксируются на поврежденных участках волос, закрепляя на поверхности ценные компоненты косметического средства. Благодаря этому происходит реставрация поверхности волоса, сглаженные чешуйки изменяют показатель отражения волос, усиливая интенсивность цвета и естественный блеск.

Свойства амфолитов зависят от pH среды, в которой они находятся. Если pH < 7 (кислая среда), то амфотерные ПАВ проявляют свойства катионных поверхностно-активных веществ – смягчают действие анионных, в композиции с которыми они находятся. Если же pH > 7 (щелочная среда), то амфолиты выступают в роли анионных ПАВ и способствуют улучшению моющего действия. На этом основан принцип комбинации различных классов ПАВ в составе косметических средств для волос [4].

Неионогенные ПАВ не вступают в электростатическое взаимодействие с поверхностью волоса и тем самым не разрушают его структуру, но в то же время способствуют растворению загрязнений и жиров, переводя их в состояние эмульсии, что облегчает их удаление.

В шампунях чаще всего встречается комбинация анионных, амфотерных и неионогенных ПАВ. Дополнительно в шампуни вводятся активные добавки, которые защищают, восстанавливают и питают стержень волоса.

На данный момент исследований в области воздействия различных средств на волосы достаточно мало, однозначного ответа на вопрос о безвредности того или иного компонента или продукта не получено. Целью данного исследования явилось изучение степени воздействия поверхностно-активных веществ и моющих средств различных классов на стержень волоса.

### Экспериментальная часть

Для определения степени влияния на структуру волоса различных пеномоющих средств, использовались пряди натуральных волос, каждая из которых обрабатывалась выбранным составом семикратно. Данная обработка имитировала мытье волос с последующей сушкой феном. В качестве контрольного образца использовали прядь без предварительной обработки какими-либо средствами.

Эксперимент проводился в два этапа. Первый этап включал в себя оценку действия рыночных пеномоющих средств и композиций ПАВ, второй – 10% растворов индивидуальных поверхностно-активных веществ. В первую группу вошли следующие образцы: а) средство для мытья посуды, в качестве примера моющего средства с высоким содержанием анионных ПАВ; б) детский шампунь/средство для купания 2 в 1; в) шампунь класса «Масс-маркет» для ломких волос; г) шампунь класса «Люкс» для укрепления стержня волоса; д) композиция «К1», включающая лауретсульфат натрия (10%), кокоамфоацетат натрия (5%), кокоамидопропилбетаин (5%), моноэтаноламид (3%); е) композиция «К2», в состав которой входят лаурилсаркозинат натрия (15%), кокоамфоацетат натрия (5%), кокоамидопропилбетаин (5%), моноэтаноламид (3%).

Вторая группа включала в себя 10%-ные растворы кокоамфоацетата натрия, динатрий лаурет-3-сульфосукцината, лаурилсаркозината натрия, кокоамидопропилбетаина, лаурилактилата натрия, алкилполиглюкозида, лауретсульфата натрия.

С помощью микрометра измеряли диаметр 15 волос из каждой пряди и подвергали их испытанию на разрывной машине с ручным приводом. Данный прибор определяет усилие ( $H$ ), при котором произошел разрыв волоса, и его удлинение к моменту разрыва.

### Обсуждение результатов

По полученным данным о силе, необходимой для разрыва волоса, и удлинении волоса к моменту разрыва и с помощью математического расчета определены следующие характеристики [5]:

- сила, приложенная для разрыва волоса ( $F$ ) – величина, используемая для расчета всех нижеперечисленных параметров, характеризует прочность волоса;



- относительное удлинение при разрыве (ОУ) характеризует изменение первоначальной длины волоса при растяжении до момента разрыва. Определяется отношением удлинения рабочей части волоса, измеренной в момент его разрыва, к начальной длине рабочей части волоса;
- модуль упругости при растяжении (МУ) - величина, которая характеризует степень жесткости материала (волоса). Определяется отношением напряжения к соответствующему относительному удлинению;
- предел прочности при растяжении (ПП) – это максимальное напряжение, которое может выдержать образец, не разрушаясь. Характеризуется отношением разрушающего напряжения к начальной площади поперечного сечения образца.

Между значением данных величин и качественными характеристиками волос существует прямая зависимость: чем больше величина, тем прочнее и сильнее волос. Обратную пропорциональную зависимость от прочности волос показывает величина относительного удлинения: в процессе приложения нагрузки истонченный и слабый волос значительно удлиняется и рвется при меньшем усилии, а прочный волос практически не удлиняется, но выдерживает большую нагрузку.

Результаты определения характеристик для волос до и после обработки тестируемыми образцами представлены в таблице 1.

Таблица 1  
**Результаты количественного определения характеристик механических свойств волос. Этап I**

Обработка пряди	ПП, МПа	ОУ, %	МУ, МПа	F, Н
Без обработки	139.94	58.24	242.73	0.121
Средство для мытья посуды	120.20	57.58	212.15	0.096
Детский шампунь	125.19	57.89	233.13	0.113
Шампунь «Масс-маркет»	115.56	54.74	239.31	0.109
Шампунь «Люкс»	116.46	58.09	206.44	0.089
K1	113.57	60.19	194.46	0.110
K2	142.95	57.02	250.32	0.129

измеряемых величин после обработки волос композицией поверхностно-активных веществ с лауретсульфатом натрия. Приблизительно одинаковые значения получены в результате использования рыночных образцов шампуней всех категорий. Установлено, что все исследуемые шампуни не подтверждают заявленного эффекта укрепления стержня волоса.

Показатели волоса после применения композиции с содержанием лаурилсаркозината натрия оказались сравнимы с данными до использования каких-либо средств, что свидетельствует о более мягком моющем действии этого анионного ПАВ по сравнению с лауретсульфатом в составе типичных моющих средств.

Результаты второго этапа эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2  
**Результаты количественного определения характеристик механических свойств волос. Этап II**

Обработка пряди	ПП, МПа	ОУ, %	МУ, МПа	F, Н
Без обработки	139.94	58.24	242.73	0.121
Лауриллактат натрия	124.45	56.28	223.23	0.106
Лаурилсаркозинат натрия	131.92	56.75	234.96	0.116
Кокоамфоацетат натрия	137.22	60.57	241.00	0.111
Динатрий лаурет-3 сульфосукцинат	139.50	59.76	233.64	0.122
Лауретсульфат натрия	134.74	56.11	245.45	0.121
Алкилполиглюкозид	116.74	58.45	207.96	0.099
Кокоамидопропилбетаин	129.28	57.65	227.49	0.107

ретсульфата натрия и кокоамфоацетата натрия. В первом случае она возросла, во втором уменьшилась на 3 МПа.

Выявлено, что все остальные исследуемые растворы способствуют снижению эластичности волоса: наиболее ощутимо снизил эту величину алкилполиглюкозид (на 34.34 МПа). Приблизительно одинаково влияют на эту характеристику лаурилсаркозинат натрия и дина-

По результатам первого этапа можно сделать вывод о том, что средство для мытья посуды, в котором содержится большое количество жестких анионных ПАВ (сульфатов и сульфонов), действительно разрушает структуру волоса. Эти данные подтвердили и низкие значения

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы.

1. Модуль упругости описывает способность волоса восстанавливаться после приложения нагрузки и характеризует эластичность волоса. Данная величина незначительно изменилась только при обработке прядей растворами лау-



трий лаурет-3 сульфосукцинат (снижение на 7.34 и 8.34 МПа соответственно), бетаин и лактилат (снижение на 18.82 и 19.0 МПа).

2. Максимальное напряжение, которое выдерживает волос, не разрушаясь (предел прочности при растяжении), не увеличилось при обработке ни одним поверхностно-активным веществом, т. е. ни одно исследуемое вещество не способствует устранению ломкости волос. Величина осталась неизменной только после обработки пряди раствором сульфосукцината. Лактилат и алкилполиглюкозид привели к ощутимому снижению величины предела прочности.

3. На относительное удлинение значительного влияния не оказал ни один исследуемый раствор. Эта величина во всех случаях после обработки отличается от величины до обработки на 2% как в большую, так и в меньшую сторону.

4. Выявлено, что максимальное усилие (сравнимое с величиной для необработанных волос) требуется для разрыва волоса, обработанного раствором сульфосукцината. Минимальное значение усилия для разрыва установлено для волоса, обработанного раствором алкилполиглюкозида. Растворы саркозината и амфоацетата подействовали аналогичным образом – снизили усилие на 5 и 7 Н, а бетаин и лактилат оказали более агрессивное воздействие, чем саркозинат и амфоацетат.

### Заключение

В ходе первого этапа эксперимента определено количественное воздействие различных моющих средств и композиций поверхностно-активных веществ на механические свойства волос. На три показателя из четырех положительно повлияла композиция веществ с преобладанием лаурилсаркозината натрия. В результатах тестирования прочих образцов не выявлено подобной однозначной закономерности во влиянии на прочность, эластичность и упругость волоса. Следует отметить отсутствие эффекта укрепления волос после обработки шампунями всех ценовых категорий и выраженное снижение показателей после применения средства для мытья посуды и композиции поверхностно-активных веществ на основе лауретсульфата натрия.

Установлено, что на втором этапе эксперимента только раствор лаурет-3-сульфосукцинатанатрия не оказал негативного влияния на волосы. Полученные данные сравнимы с показателями пряди, не подвергавшейся обработке. Остальные растворы отрицательно подействовали на состояние волос. Выявлено, что лауретсульфат натрия проявил умеренно негативное воздействие на состояние волос.

По результатам двух экспериментов сделан вывод об относительно мягком моющем действии композиций с растворами лаурилсаркозината натрия и лаурет-3-сульфосукцинатанатрия.

### Список литературы

1. Ермакова В.П. Современные косметические товары: ассортимент, потребительские свойства, экспертиза качества: монография. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2007. – 389 с.
2. Receveur L., Benoist C. Biomimetic ceramide as hair restructuring agent // Personal care Europe. – 2013. – Vol. 6. – Pp. 65–67.
3. Плетнев М.Ю. Косметико-гигиенические моющие средства. – М.: Химия, 1990 – 272 с.
4. Поверхностно-активные вещества и композиции: Справочник / Под ред. М.Ю. Плетнева. – М.: ООО «Фирма Клавель», 2002. – 768с.
5. Tensile properties of hair fibres obtained from different breeds of pigs / N.H. Mohana, S. Debnath, R.K. Mahapatra et al. // Biosystems Engineering. – 2014. – Vol. 119. – Pp. 35–43.

## EFFECT OF DIFFERENT DETERGENTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF HAIR

I.Yu. Zhdanova<sup>1</sup>, T.A. Krysanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ОАО "ЕФКО", 2 Frunze Street, Alexeyevka, Belgorod Region, 309850, Russia

<sup>2</sup> Voronezh State University, 1 University Square, 394006, Voronezh, 394006, Russia

E-mail: i.zhdanova@efko.org;  
takrys@yandex.ru

The effect of different detergents (10%-solutions of individual surfactants, compositions of surfactants and market samples of detergents) on mechanical properties of hair has been investigated. The compositions of surfactants with Sodium Lauryl Sarcosinate as well as a solution of only Disodium LaurethSulfosuccinate were ascertained to influence most destructively the mechanical properties of hair.

Key words: surfactants, hair, tensile strain, tensile breaking load on the hair, modulus of elasticity, tensile strength.