

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО БЕЛЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ В КИСЛОЙ СРЕДЕ

В статье представлены результаты исследования возможности низкотемпературного беления хлопчатобумажной ткани в кислой среде с применением реактива Фентона. Изучено влияние типа кислотного агента на белизну и прочность отбеленной ткани. Также проведены исследования влияния pH белящего раствора, времени и температуры беления, концентрации пероксида водорода и катализатора на качество отбеленной ткани. В результате исследования установлено, что процесс беления хлопчатобумажной ткани при низкой температуре возможно проводить в кислой среде. Однако достигаемые высокие показатели белизны ткани могут сопровождаться падением прочности текстильного материала.

Ключевые слова: низкотемпературное беление, хлопчатобумажная ткань, кислотный агент, катализатор.

OLGA YAKOVLEVNA SEMESHKO

Kherson National Technical University

LESYA VASIL'EVNA PELYK

Lviv Academy of Commerce

## THE INVESTIGATE OF THE POSSIBILITY OF LOW-TEMPERATURE BLEACHING OF COTTON FABRICS IN AN ACID ENVIRONMENT

*Abstract – The results of investigating the possibility of low-temperature bleaching of cotton fabric in the acid environment using Fenton's reagent are presents in the article. Influence of type of the acid agent on a whiteness and strength of the bleached fabric are investigated. The researches of influence pH of the bleaching solution, time and temperature of bleaching, concentration of hydrogen peroxide and catalyst on quality of the bleached fabric are carried out too. As a result of research it is established, that process of bleaching of cotton fabrics at low temperature may be carried out in an acid environment. However reached high indicators of a whiteness of a fabric can be accompanied by a fall strength textile material.*

*Keywords: low-temperature bleaching, cotton fabric, acid agent, catalyst.*

### Введение

Известно, что в отделочном производстве процесс беления при значении pH, смещенным в кислую сторону, используется для отбеливания шерсти, так как щелочь негативно влияет на волокна шерсти. Беление хлопчатобумажных текстильных материалов гипохлоритом натрия, хлоритом натрия и надуксусной кислотой происходит в нейтральной и слабокислой среде [1–5]. Однако в настоящее время хлорсодержащие отбеливатели практически не используются из-за высокой экологической нагрузки на окружающую среду и значительного ухудшения условий труда.

### Анализ исследований и публикаций

На большинстве отечественных предприятий в качестве шликты используют натуральные крахмалы из-за их низкой стоимости по сравнению с искусственными полимерами. Для эффективного проведения процесса беления, а также для получения ровной окраски рекомендуется перед белением проводить операцию расшлихтовки. В случае полного перехода предприятия на низкотемпературную технологию процесс расшлихтовки и последующего беления может занимать несколько суток. Поэтому с практической точки зрения представляет интерес изучение возможности отбеливания хлопчатобумажных тканей в кислой среде, поскольку это позволило бы отказаться от проведения отдельной операции расшлихтовки, благодаря тому, что в кислой среде будет происходить гидролиз природного крахмала. Расшлихтовка, совмещенная с процессом беления, позволит повысить качество подготовки и сократить общую продолжительность процесса.

При смещении pH водного раствора пероксида водорода в кислую сторону, его устойчивость повышается, что делает процесс беления длительным и неэффективным. Для ускорения процесса беления в кислой среде используют катализаторы. С этой целью используют ферменты на основе каталазы, ионы металлов переменной валентности, либо лиганды, содержащие метал переменной валентности [6–8]. Наиболее доступными и дешевыми катализаторами разложения пероксида водорода в кислой среде являются соли металлов переменной валентности, которые катализируют его радикальный распад (рис. 1).

В химической технологии довольно широко используется реактив Фентона – водный раствор, содержащий перекись водорода, катализатор (соль железа) и стабилизатор (обычно серная или другая кислота). Реактив обладает сильным окислительным действием и способен разрушать многие органические соединений, в том числе природные и синтетические красители [9, 10].

### Постановка задачи исследования

Учитывая доступность компонентов реактива Фентона, их низкую стоимость представляет интерес изучение возможности использования реактива при белении хлопкосодержащих текстильных материалов.

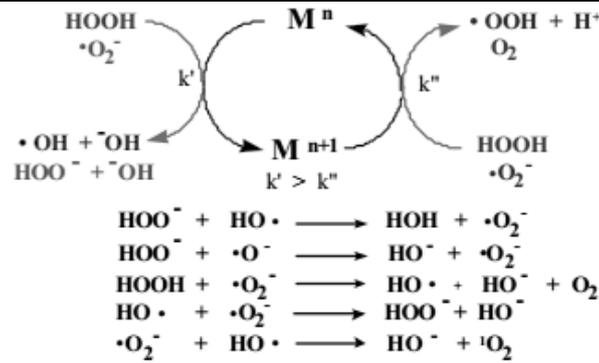


Рис. 1. Разложение пероксида водорода с участием ионов переходных металлов.

### Результаты исследований и их обсуждение

Сдвинуть pH белящего раствора влево можно с помощью использования кислот или кислых солей. На первом этапе работы было исследовано влияние кислотного агента на качественные показатели отбеленной ткани и на кинетику процесса отбеливания. Технологический цикл обработки включал: пропитку белящим раствором, вылеживание в полиэтиленовом пакете в течение исследуемого временного интервала при температуре 30°C, промывку холодной водой, конвективную сушку при 120°C. Показателями качества белины служили белизна, количество пероксида водорода, оставшееся на ткани при завершении процесса, прочность ткани. В качестве кислотного агента исследованы: серная кислота 2 г/л (вариант 1), смесь серной и уксусной кислоты по 1 г/л (вариант 2), уксусная кислота 2 г/л (вариант 3), щавелевая кислота 2 г/л (вариант 4), лимонная кислота 2 г/л (вариант 5) и кислый продукт, полученный при электрохимической активации воды – анолит с pH ~ 3 (вариант 6). Во всех вариантах обработки концентрация пероксида водорода составляла 40 г/л, FeSO<sub>4</sub> – 0,5 г/л, ПАВ – 0,1 г/л. Результаты исследования представлены на рис. 1.

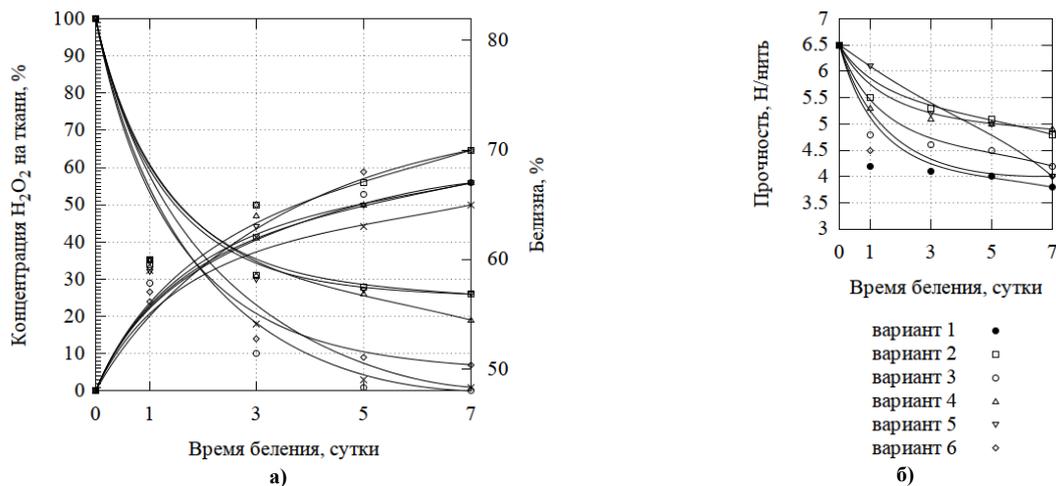


Рис. 1. Влияние вида кислотного агента и времени белиния на показатели качества отбеленной ткани:  
 а) белизна и количество оставшегося после белиния на ткани пероксида водорода;  
 б) прочность

Анализ данных рис. 1 позволяет заключить, что применение всех выбранных кислотных агентов при концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 г/л и FeSO<sub>4</sub> 0,5 г/л позволяет достигнуть крайне низкой степени белизны – не более 70%. При этом степень белизны на 10–13% меньше, чем полученная при низкотемпературном пероксидном белинии в течение 3-х суток в щелочной среде с использованием органических или неорганических стабилизаторов. При использовании уксусной, лимонной и щавелевой кислот процесс белиния протекает наиболее медленно, так как даже по истечению 7 суток, на ткани остается 19–28% пероксида водорода. Однако применение уксусной кислоты и анолита в качестве кислотного агента (варианты 2 и 6) позволяет достичь максимальной белизны после 7 суток – 70%. Применение серной кислоты приводит к белизне хлопчатобумажной ткани 56%. Прочность ткани после отбеливания снижается на 10–18%.

Из всех исследуемых кислотных агентов было отдано предпочтение серной кислоте, поскольку она является наиболее дешевым и доступным продуктом, не имеет запаха и при низких концентрациях не вызывает коррозию оборудования.

На следующем этапе работы было исследована кинетика процесса белиния при различных значениях pH белящего раствора. Результаты исследования представлены на рис. 2.

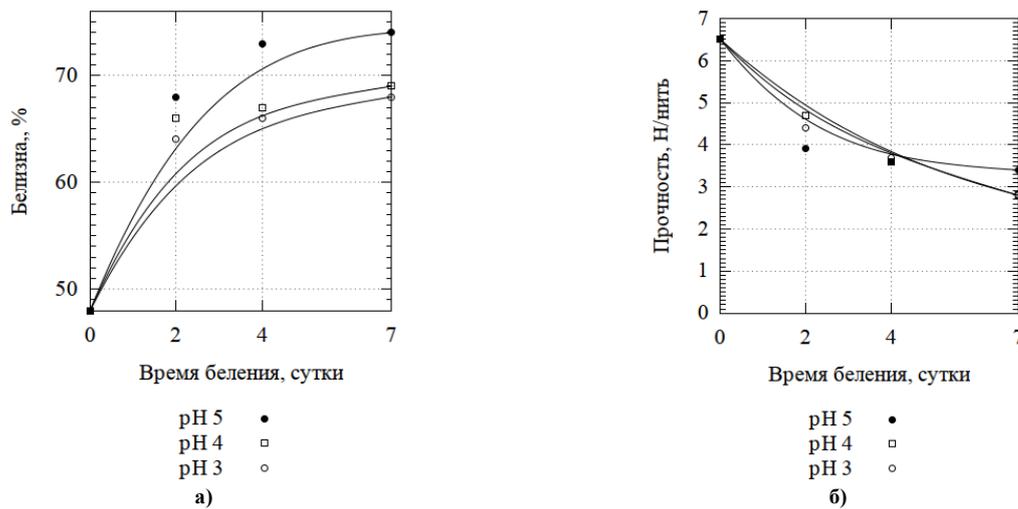


Рис. 2. Влияние pH белящего раствора и времени белиения на показатели качества отбеленной ткани: а) белизна; б) прочность

Анализ данных рис. 2, свидетельствует о том, что с увеличением концентрации кислотного агента в отбеливающем растворе белизна и прочность снижаются. Падение прочности в некоторых вариантах составило более 50%.

Важным компонентом отбеливающего раствора на основе реактива Фентона является катализатор. Поэтому следующим этапом работы было исследование влияния концентрации катализатора на степень белизны и физико-механические характеристики отбеленной ткани. Поскольку процесс отбеливания в кислой среде протекает медленнее, чем в щелочной, время вылеживания ткани составляло 7 суток. В лабораторных условиях вылеживание пропитанных образцов осуществляется в термостате, что позволяет поддерживать заданную температуру. Однако в условиях производства процесс осуществляется в неотопляемых помещениях, температура в которых зависит от температуры окружающей среды. Поэтому было исследовано влияние температуры на степень белизны и физико-механические характеристики отбеленной ткани. Ткань обрабатывали белящим раствором следующего состава (г/л):  $H_2O_2 - 40$  г/л,  $H_2SO_4 - 2$  г/л, ПАВ – 0,1 г/л,  $FeSO_4 - 0,1-1$ . Результаты исследования представлены на рис. 3.

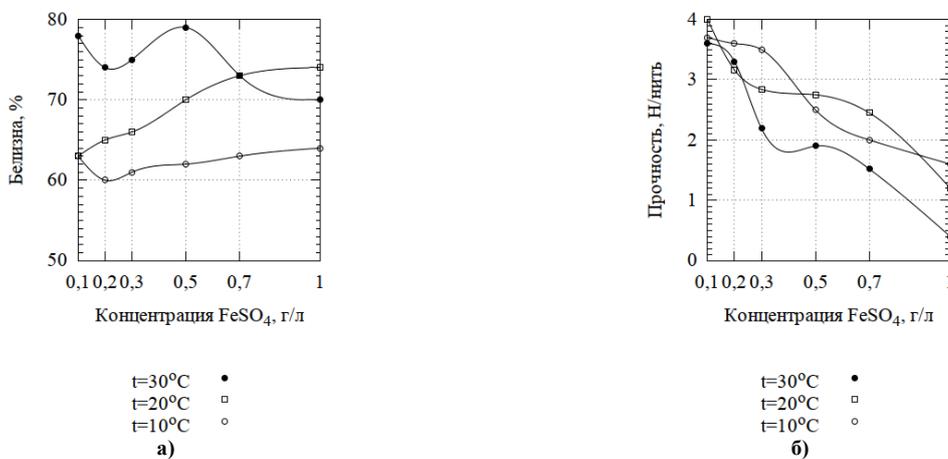


Рис. 3. Влияние концентрации  $FeSO_4$  и температуры вылеживания на показатели качества отбеленной ткани: а) белизна; б) прочность

Анализ результатов, представленных на рис. 3, показал, что повышение концентрация катализатора при температуре 10 и  $20^\circ C$  ведет к пропорциональному повышению белизны и падению прочности. При температуре  $30^\circ C$  зависимость белизны имеет экстремальный характер, а прочность падает с повышением концентрации катализатора. Наибольший показатель белизны 79% достигается при концентрации  $FeSO_4$  0,5 г/л и температуре белиения  $30^\circ C$ , однако при этом прочность отбеленной ткани снижается практически вдвое.

Незначительные потери прочности ткани наблюдаются при концентрациях катализатора 0,1-0,3 г/л во всем исследуемом интервале температур, однако при этих концентрациях не удается достигнуть высоких показателей белизны.

Таким образом, установлено, что при фиксированном содержании пероксида водорода в белящем составе 40 г/л, концентрация катализатора незначительно влияет на белизну отбеленной ткани, лучший показатель белизны составил 79% при неприемлемой потере прочности.

На следующем этапе работы было исследовано влияния концентрации пероксида водорода при

минимальной и максимальной концентрации катализатора. Хлопчатобумажная ткань была пропитана следующим составом (г/л):  $H_2O_2$  – 30-50,  $H_2SO_4$  – 2, ПАВ – 0,1,  $FeSO_4$  с концентрацией 0,5 и 0,1 г/л. Время беления составляло 7 суток при температуре 30°C. Данные исследования представлены на рис. 4.

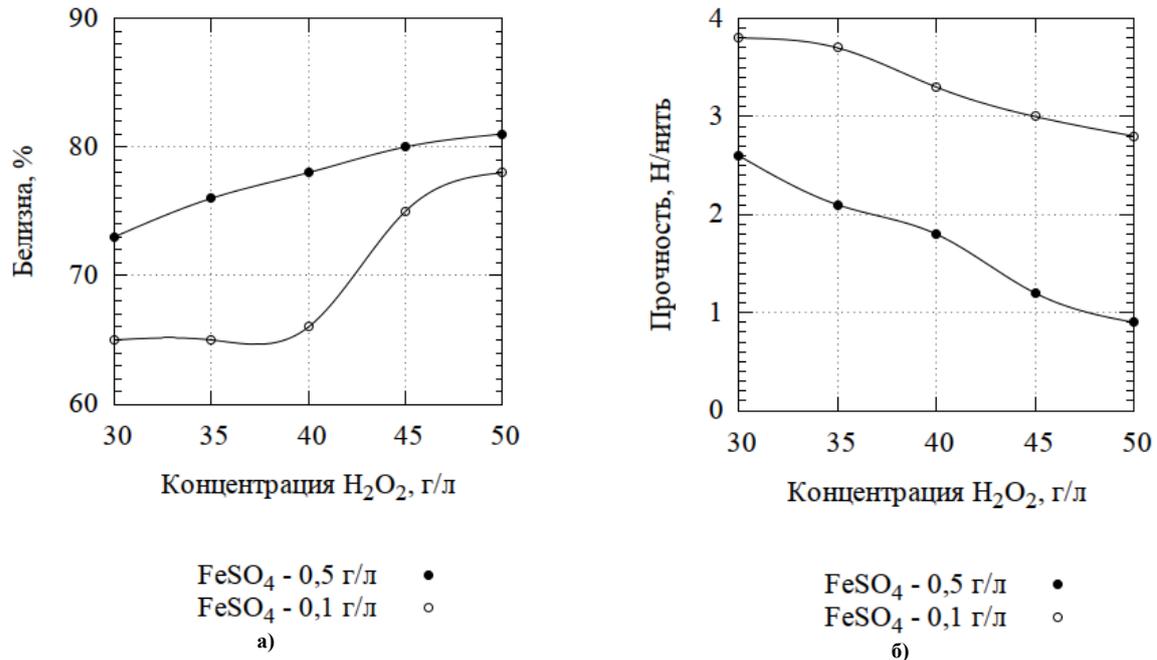


Рис. 4. Влияние концентрации  $H_2O_2$  и  $FeSO_4$  на показатели качества отбеленной ткани: а) белизна; б) прочность

Анализ данных рис. 4 свидетельствует о том, что при концентрации катализатора 0,5 г/л увеличение концентрации пероксида водорода в отбельном растворе способствует пропорциональному увеличению белизны ткани, однако при этом так же линейно снижается прочность волокна. Несмотря на полученную высокую белизну ткани 81% при концентрации  $H_2O_2$  50 г/л и  $FeSO_4$  0,5 г/л прочность отбеленной ткани снижается в несколько раз, что является неприемлемым результатом. При минимальной концентрации катализатора не достигается, высокая белизна (максимум 78%), однако при этом прочность ткани сохраняется лучше.

### Выводы

1. Изучение влияния кислотного агента на качество подготовки и скорость разложения пероксида водорода позволило установить что применение выбранных кислотных агентов при концентрации  $H_2O_2$  40 г/л и  $FeSO_4$  0,5 г/л позволяет достичь очень низкой степени белизны (не более 69%) за 5–7 суток, что на 10–13%, чем можно получить при низкотемпературном отбеливании в течение 3 суток в щелочной среде; при этом прочность ткани после отбеливания снижается на 12–18%.

2. Изучено влияния pH отбеливающего состава на качество подготовки и физико-механические свойства ткани и определено, что с увеличением концентрации кислотного агента в белящем растворе белизна и прочность ткани снижаются. Падение механической прочности в некоторых вариантах составляет более 50%, а белизна при этом составляет 68–74%.

3. Исследовано влияние температуры вылеживания и концентрации катализатора на качество подготовки. Установлено, что температура вылеживания оказывает значительное влияние как на белизну ткани, так и на физико-механические характеристики. Так при концентрации  $FeSO_4$  0,4 г/л и  $t=30^\circ C$  была достигнута белизна 79%, при той же концентрации катализатора, но при температуре  $10^\circ C$  степень белизны составила всего 60%, однако при этом прочность ткани у варианта, отбеленного при  $30^\circ C$  почти в 2 раза ниже. Увеличение концентрации катализатора с 0,1 до 0,5 дает незначительный прирост степени белизны при одновременном значительном (до 50%) снижении прочности отбеленной ткани. С увеличением температура вылеживания, при наличии в белящем растворе катализатора, прочность ткани снижается.

4. Установлено, что увеличение концентрации катализатора и пероксида водорода в отбельном растворе способствует пропорциональному увеличению белизны ткани, однако при этом так же линейно снижается прочность волокна. Высокий показатель белизны ткани (81%) достигается при концентрации  $H_2O_2$  50 г/л и  $FeSO_4$  0,5 г/л, однако при этом прочность отбеленной ткани снижается в несколько раз, что является неприемлемым результатом. При минимальной концентрации катализатора не достигается, высокая белизна, однако при этом прочность ткани сохраняется лучше.

**Литература**

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов : учебник для ВУЗов : в 3 т. Т. 1 / Кричевский Г.Е. – М., 2001. – 540 с.
2. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов / Сафонов В.В. – М. : Легпромбытгиздат, 1991. – 288 с.
3. Андросов В.Ф. Технология отделки хлопчатобумажных тканей / Андросов В.Ф. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 424 с.
4. Бернад В. Практика беления и крашения текстильных материалов (механическая и химическая технология) / Бернад В. ; [пер. с нем. Е.С. Шатровой, Н.Г. Прытковой ; под ред. Л.И. Беленького]. – М. : Легкая индустрия, 1971. – 472 с.
5. Кричевский Г.Е. Теория и практика подготовки текстильных материалов / Г.Е. Кричевский, В.А. Никитков. – М. : Легпромбытгиздат, 1989. – 208 с.
6. Химия и технология перекиси водорода / [под ред. Серышева Г.А.]. – М. : Химия, 1984. – 200 с.
7. Перекись водорода и перекисные соединения / [под ред. Позина М.Е.]. – М. : Госхимиздат, 1951. – 468 с.
8. Topalovic T. Catalytic Bleaching of Cotton: Molecular and Macroscopic Aspects: dissertation to obtain the doctor's degree. University of Twente, the Netherlands, 2007. 195 p.
9. Sadrzadeh S.M.H., Graf E., Panter S.S., Hallaway P.E., Eaton J.W. Hemoglobin. A biologic Fenton reagent. *J. Biol. Chem.* 1984. Vol. 259, № 23. P. 14354–14356.
10. Девис Д. Свободные радикалы в органическом синтезе / Д. Девис, М. Перрет ; [пер. с англ. Н.С. Зефирова]. – М. : Мир, 1980. – 207 с.

**References**

1. Krichevskij G.E. Himicheskaya tehnologiya tekstil'ny'x materialov. Moscow, 2001, vol. 1, 540 p.
2. Safonov V.V. Oblagorazhivanie tekstil'ny'h materialov. Moscow, Legpromby'tizdat, 1991, 288 p.
3. Androsof V.F. Tehnologiya otdelki hlochatobumazhny'h tkanej. Moskov, Legkaya i pyshhevaya promy'shennost', 1983, 424 p.
4. Bernard V. Praktika beleniya i krasheniya tekstil'ny'h materyalov (mehanicheskaya i himicheskaya tehnologiya). Moscow, Legkaia industriya, 1971, 472 p.
5. Krichevskij G.E., Nikitkov V.A. Teoriya i praktika podgotovki tekstil'ny'h materialov. Moscow, Legpromby'tizdat, 1989, 208 p.
6. Sery'shev G.A. Himiya i tehnologiya perekisi vodoroda. Moscow, Hymija, 1984, 200 p.
7. Pozin M.E. Perekis' vodoroda i perekisny'e soedineniya. Moscow, Goshimizdat, 1951, 468 p.
8. Topalovic T. Catalytic Bleaching of Cotton: Molecular and Macroscopic Aspects: dissertation to obtain the doctor's degree. University of Twente, the Netherlands, 2007, 195 p.
9. Sadrzadeh S.M.H. Hemoglobin. A biologic Fenton reagent, *J. Biol. Chem.*, 1984, Vol. 259, №23, pp. 14354-14356.
10. Devys D., Perret M. Svobodny'e radikaly' v organicheskom sinteze. Moscow, Mir, 1980, 207 p.

Рецензія/Peer review : 8.2.2015 р. Надрукована/Printed :26.1.2015 р.  
Рецензент: д.т.н., профессор Сарибекова Д.Г.