

## ПОДГОТОВКА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ К ПРОПИТКЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

### PREPARATION OF DISPERSE SYSTEMS FOR IMPREGNATION OF THE POLYESTER TEXTILE MATERIALS IN THE CONDITIONS OF ULTRASOUND OSCILLATIONS

УДК 677.076.4:677.017.63

**Н.В. Скобова\*, Н.Н. Ясинская**

*Витебский государственный технологический университет*

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2019-13711>

**N. Skobova\*, N. Yasinskaya**

*Vitebsk State Technological University*

#### РЕФЕРАТ

**ПРОПИТКА, УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА, ПОЛИЭФИРНЫЙ ТРИКОТАЖНЫЙ МАТЕРИАЛ, СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ**

*Качество пропитки текстильных материалов аддитивными препаратами существенно влияет на их внешний вид и эксплуатационные свойства. Пропитываемые свойства водных дисперсий полимеров зависят от их физико-химических характеристик и размера частиц дисперсной фазы. Проведены исследования процесса подготовки водной дисперсии стирол-акрилата в среде ультразвуковых колебаний. Результаты исследований доказали эффективность озвучивания пропиточных растворов для улучшения качества пропитки гидрофобных текстильных материалов.*

#### ABSTRACT

**IMPREGNATION, ULTRASONIC TREATMENT, POLYESTER KNITTED MATERIAL, SPECTROPHOTOMETRY**

*The quality of impregnation of textile materials with additive preparations significantly affects their appearance and performance properties. The impregnating properties of aqueous dispersions of polymers depend on their physicochemical characteristics and particle size of the dispersed phase. The process of preparing the aqueous dispersion of styrene acrylate in the medium of ultrasonic vibrations has been studied. Research results have proved the effectiveness of applying sounding to impregnation solutions to improve the quality of impregnation of hydrophobic textile materials.*

Аппретирование текстильных материалов производится с целью улучшения внешнего вида конечного изделия, повышения износостойкости материала и придания ему специальных свойств. Основной операцией технологического процесса аппретирования является пропитка волокнистого материала полимерным связующим. От скорости, полноты и равномерности пропитки зависит качество готового материала. На полноту и кинетику пропитки влияют следующие факторы:

- сырьевой состав волокнистого материала;
- состав и свойства полимерного связующего;
- условия проведения процесса аппретиро-

вания.

Полимерное связующее проникает в поры волокнистого материала с неодинаковой скоростью в связи со сложным пространственным расположением капилляров и различным их диаметром. Кроме того, при пропитке дисперсиями полимеров, когда размеры частиц достаточно велики, может происходить частичное или полное их отфильтровывание. В связи с этим наибольший интерес вызывает изучение процесса предварительной подготовки дисперсий полимеров в среде ультразвука [1, 2, 3]. Действие ультразвука на жидкофазные и коллоидные системы основано на явлении кавитации, которое возникает в жидкости в результате местного по-

\* E-mail: [skobova-nv@mail.ru](mailto:skobova-nv@mail.ru) (N. Skobova)

нижения давления при прохождении акустической волны большой интенсивности. Образовавшиеся кавитационные пузырьки, перемещаясь в область с более высоким давлением, захлопываются, излучая при этом вторичные ударные волны. При этом значения локального давления и температуры повышаются в сотни раз.

Целью работы является изучение возможности предварительной подготовки водных дисперсий стирол-акрилата в среде ультразвука для интенсификации процесса пропитки гидрофобных текстильных материалов.

Подготовка пропиточных растворов проводилась с использованием лабораторной ультразвуковой ванны УЗВ-1,3/2 ЗАО НПО «Техноком», мощностью ультразвукового генератора 100 **Вт**, ультразвуковыми пьезоэлектрическими преобразователями частотой 35 **кГц**. Мощность ультразвуковых колебаний регулируется от 0 до 100 % от общей мощности с шагом 10 %. Устройство имеет дополнительный нагревательный элемент и датчик температуры, которые позволяют поддерживать температуру среды в ванне до 100 °С. Озвучиванию подвергали водную дисперсию стирол-акрилата Аппретан N9616 (анионоактивная низковязкая дисперсия белого цвета), применяемую для модификации грифа тканей и трикотажных полотен, а также в качестве связующего средства для нетканых материалов, синтепона, фетра и ковров, технического текстиля, в особенности для стеклотканей. Авторами работы длительный период ведется работа по изучению влияния ультразвука на интенсификацию технологических процессов в текстильной отрасли [4, 5, 6].

Для изменения размера частиц дисперсной фазы пропиточного раствора использован спектрофотометрический способ.

Дисперсные системы обладают фазовой и соответственно оптической неоднородностью [7]. Лучи, направленные на микрогетерогенные и грубодисперсные системы, падают на поверхность частиц, отражаются и преломляются под разными углами, что обуславливает выход лучей из системы в разных направлениях. Прямому прохождению лучей через дисперсную систему препятствует также их многократные отражения и преломления при переходах от частицы к частице.

Наиболее характерным оптическим свойством дисперсных систем в диапазоне видимой части электромагнитного излучения (световой диапазон) является рассеяние света на коллоидных частицах.

Теория светорассеяния (опалесценции) впервые была развита Рэлеем [4]. Она применима к системам, содержащим непрозрачные частицы сферической формы с размером во много раз меньше длины волны падающего света. В её основе – уравнение для интенсивности света  $I_p$ , рассеянного единицей объема дисперсной фазы со сферическими диэлектрическими частицами, значительно меньшими длины волны падающего света:

$$I_p = I_o \frac{24 \cdot \pi^3 \cdot v \cdot V^2}{\lambda^4} \left[ \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right]^2, \quad (1)$$

где  $I_o$  – интенсивность падающего света;  $v$  – концентрация частиц в единице объема системы;  $V$  – объем частицы;  $\lambda$  – длина волны падающего света;  $n_1$  и  $n_0$  – соответственно показатель преломления вещества дисперсной фазы и дисперсионной среды.

В результате рассеяния света по всем направлениям интенсивность прошедшего света в сравнении с интенсивностью падающего ослаблена. Это ослабление интенсивности проходящего света через дисперсную систему описывается уравнением Бугера-Ламберта-Бера:

$$I_p = I_o \cdot e^{-\tau \cdot l}, \quad (2)$$

где  $l$  – толщина слоя дисперсной системы, через который проходит луч света,  $m$ ;  $\tau$  – мутность системы, откуда

$$\tau = \frac{2.3 \cdot l g \frac{I_o}{I_p}}{l} = \frac{2.3 \cdot D}{l}, \quad (3)$$

где  $D$  – оптическая плотность раствора.

Для оценки влияния кавитационных воздействий на размеры частиц дисперсной фазы используем метод, основанный на измерении

оптической плотности дисперсии ( $D$ ) стирол-акрилата на спектрофотометре Solar при длине волны ультрафиолетового спектра  $340 \text{ нм}$  в режиме поглощения.

Условия эксперимента:

- исходная концентрация дисперсии стирол-акрилата –  $50 \text{ г/л}$ ;
- концентрация разбавленной дисперсии стирол-акрилата –  $0,4 \text{ г/л}$ ;
- продолжительность ультразвуковой обработки –  $5, 15, 60 \text{ мин}$ .

Результаты представлены на рисунке 1. Как видно, после УЗ обработки происходит увеличение оптической плотности дисперсии, что свидетельствует об уменьшении размеров частиц дисперсной фазы. Причем кратковременное воздействие ( $5 \text{ мин}$ ) практически не влияет на свойства дисперсии, а продолжительность УЗ обработки более  $15 \text{ мин}$  нецелесообразно, так как не способствует повышению степени дисперсности.

Используя закон Релея и полученные экспериментальные данные по формуле (3), проведен расчет мутности озвученного раствора (рисунок 2). Анализ данных показывает, что с увеличением времени озвучивания мутность системы возрастает, что свидетельствует об уменьшении размера частиц молекул раствора.

тает, что свидетельствует об уменьшении размера частиц молекул раствора.

На следующем этапе исследований изучена оценка степени влияния ультразвуковой обработки водной дисперсии стирол-акрилата на пропиточные свойства полиэфирных трикотажных полотен на базе ластика  $2+2$  поверхностной плотностью  $192 \text{ г/м}^2$ .

#### МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Вырезались полоски трикотажных полотен  $50 \times 220 \text{ мм}$  вдоль петельных рядов, один конец закрепляется на штативе, второй опускается в ванночку с озвученной дисперсией. Проводись измерения высоты подъема жидкости на материале по стандартной методике в течение  $60$  минут [8]. После чего образцы высушивались, и определялась полнота пропитки текстильного материала по количеству отложившейся дисперсной фазы в материале [9].

По результатам исследований пропиточных свойств подготовленных растворов построены графические зависимости высоты поднятия жидкости в материале при пропитывании озвученным при разных режимах ( $5 \text{ мин}$ ,  $15 \text{ мин}$ ,  $60 \text{ мин}$ ) раствором водной дисперсии (рисунок 3). Анализируя полученные результаты, можно

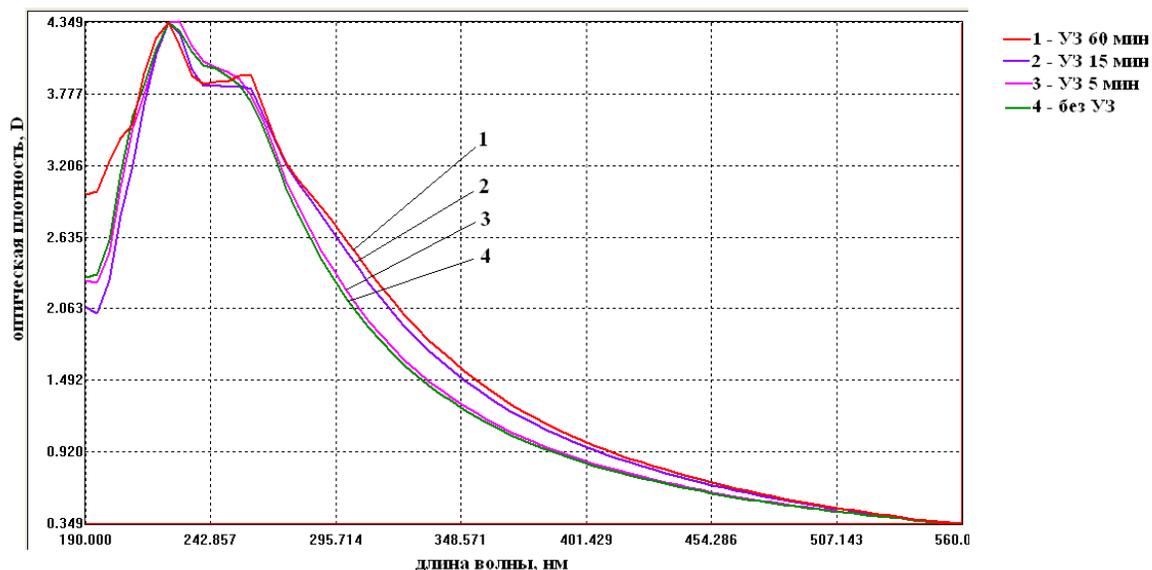


Рисунок 1 – Оптическая плотность дисперсии стирол-акрилата ( $0,4 \text{ г/л}$ )

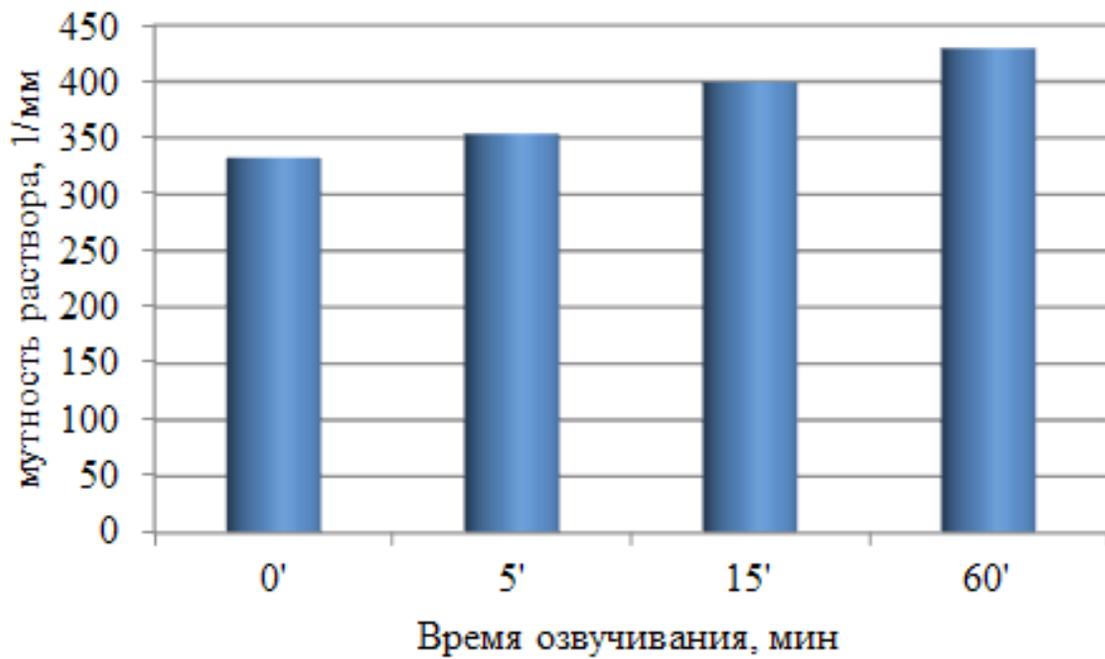


Рисунок 2 – Оценка мутности дисперсии стирол-акрилата

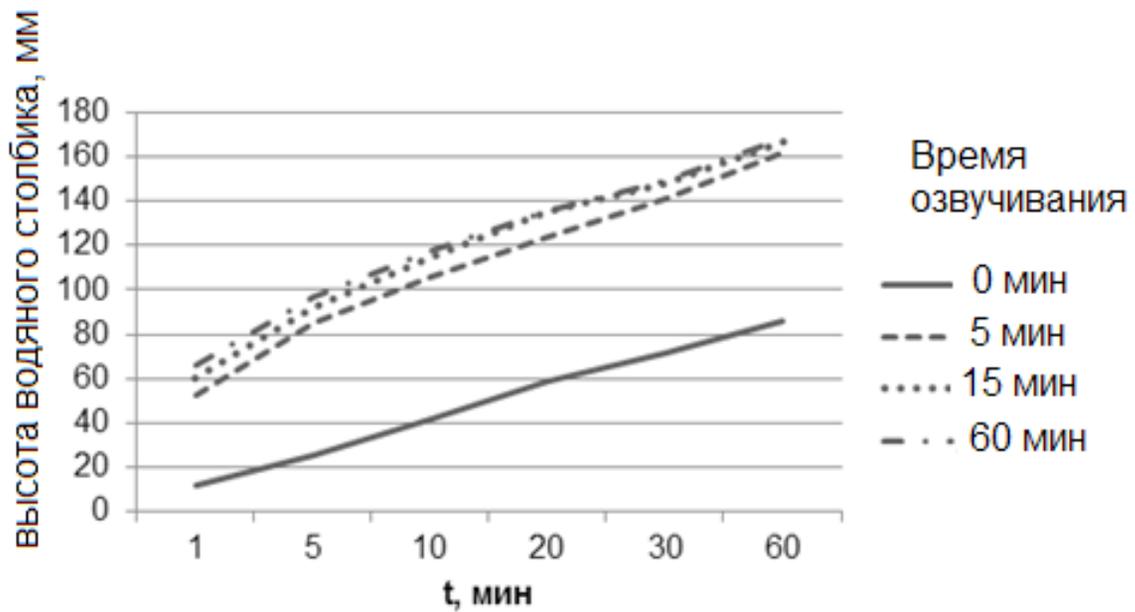


Рисунок 3 – Оценка капиллярности полиэфирного трикотажного полотна

утверждать, что значительное влияние на пропитывающую способность оказывает предварительная ультразвуковая подготовка дисперсии для обработки полиэфирного трикотажного полотна. Наблюдается существенное отличие впитывания материалом водной дисперсии, прошедшей ультразвуковую обработку, при этом время озвучивания не влияет на конечный результат. Эти же выводы подтверждаются данными расчета скорости капиллярного подъема пропиточной дисперсии в материале (рисунок 4).

Привес материала при пропитке озвученным раствором 5 минут составил 2,5 %, режим 15 и более минут – 5 %. При сравнении с результатом пропитки полиэфирного полотна незвученным раствором привес стирол-акрилата составил 2,5 %, что свидетельствует о лучшей адсорбции полимерной композиции на полотне при его подготовке в среде ультразвука не менее 15 минут.

Таким образом, анализ полученных результатов подготовки дисперсных систем к пропитке текстильных материалов доказывает эффективность применения ультразвукового воздействия

на водные дисперсии стирол-акрилата, при этом происходит уменьшение размеров частиц дисперсной фазы, что подтверждается спектрофотометрическим методом исследований. Время озвучивания рекомендуется устанавливать не более 15 минут, так как более длительное воздействие на дисперсию удорожает технологический процесс и не приводит к существенному улучшению результата. Озвучивание растворов дисперсий стирол-акрилата рекомендуется проводить для улучшения качества пропитки текстильных материалов из гидрофобных волокон.

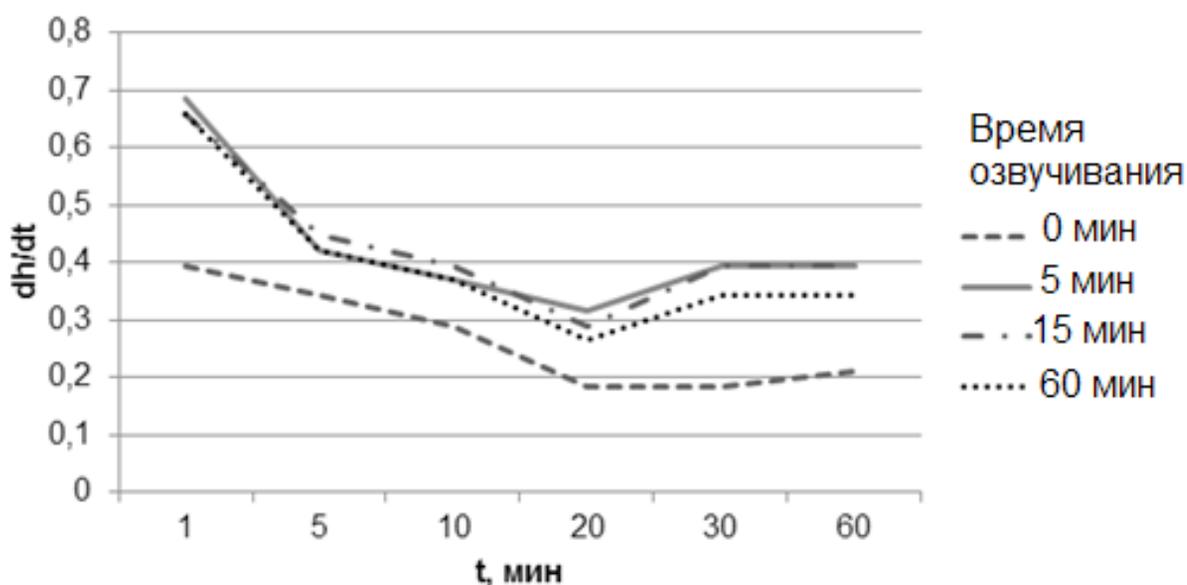


Рисунок 4 – Скорость пропитки полиэфирного текстильного материала водной дисперсией стирол-акрилата

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хмелёв, В. Н., Хмелёв, С. С., Цыганок, С. Н., Титов, Г. А. (2012), Ультразвуковая пропитка полимерных композиционных материалов, *Южно-Сибирский научный вестник*, 2012, № 2, С. 192–196.
2. Мийченко, И. П. (2012), *Технология полуфабрикатов полимерных материалов*, Москва, 2012, 374 с.
3. Слепнева, Л. М., Горбунова, В. А., Слепнев, Г. Е. (2014), Расчет размеров частиц гидрозоля диоксида титана, *Наука и техника*, 2014, № 6, С. 55–59.
4. Ясинская, Н. Н., Скобова, Н. В., Козодой, Т. С. (2019), Интенсификация процесса пропитки текстильных материалов на стадии заключительной отделки, *Сборник материалов Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы» (Поиск–2019)*, Иваново, 2019, Ч. 1, С. 107–109.
5. Скобова, Н. В. (2017), Исследование влияния ультразвуковой пропитки на гидрофильные свойства нетканого материала, *Известия Высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, 2017, № 4, С. 81–84.
6. Скобова, Н. В., Ясинская, Н. Н., Козодой, Т. С. (2018), Повышение качества крашения шерстяных волокон ультразвуковым воздействием на красильный раствор, *Сборник научных трудов «Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг»*, Шахты, 2018, С. 45–50.
7. Ландау, Л. Д. (1982), *Рэлеевское рассеяние в газах и жидкостях. Теоретическая физика. Электродинамика сплошных сред*. Т. VIII, Москва, С. 582–583.

## REFERENCES

1. Khmelev, V. N., Khmelev, S. S., Gypsy, S. N., Titov, G. A. (2012), Ultrasonic impregnation of polymer composites [Ul'trazvukovaja propitka polimernyh kompozicionnyh materialov], *South Siberian Science Gazette*, 2012, Vol. 2, С. 192–196
2. Mijchenko, I. P. (2012), *Tehnologija polufabrikatov polimernyh materialov* [Technology of semi-finished polymer materials], Moscow, 2012, 374 p.
3. Sliapniova, L. M., Gorbunova, V. A., Sliapniou, G. E. (2014), Calculation of particle size of titanium dioxide hydrosol [Расчет размеров chastic gidrozolja dioksida titana], *Science and technique*, 2014, № 6, pp. 55–59.
4. Yasinskaya, N. N., Skobova, N. V., Kozodoy, T. S. (2019), Intensification of the process of impregnation of textile materials at the stage of final finishing, [Intensifikacija processa propitki tekstil'nyh materialov na stadii zakljuchitel'noj otdelki], *Collection of materials of the All-Russian (with international participation) youth scientific and technical conference "Young Scientists - to the Development of the National Technological Initiative" (Search – 2019)*, Ivanovo, 2019, P. 1, pp. 107–109.
5. Skobova, N. V. (2017), Researching of the effect of ultrasonic treatment on the hydrophilic properties of non-woven material [Issledovanie vlijaniya ul'trazvukovoj propitki na gidrofil'nye svojstva netkanogo materiala], *Izvestija Vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija legkoj promyshlennosti – The News of higher educational institutions. Technology of Light Industry*, 2017, Vol. 4, P. 81–84.
6. Skobova, N. V., Yasinskaya, N. N., Kozodoy, T. S. (2018), Improving the quality of dyeing of wool fibers with ultrasonic effect on the dye solution [Povyshenie kachestva krasheniya sherstjanyh volokon ul'trazvukovym vozdejstviem na

8. ГОСТ 3816-81. (1982), *Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств*, Москва, Издательство стандартов, 1982, 14 с.
9. Воюцкий, С. С. (1969), *Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров*, Москва, 336 с.
7. Landau, L. D. (1982), *Rjeleevskoe rassejanie v gazah i zhidkostjah. Teoreticheskaja fizika. Jelektrodinamika sploshnyh sred* [Rayleigh scattering in gas and liquids. Theoretical physics. Electrodynamics of continuous media], Vol. VIII, Moscow, pp. 582–583.
8. GOST 3816-81. (1982), *Textile fabrics. Methods for the determination of hygroscopic and water-repellent properties*, Moscow, 14 p.
9. Vojuckij, S. S. (1969), *Fiziko-himicheskie osnovy propityvanija i impregnirovaniya voloknistyh sistem vodnymi dispersijami polimerov* [Physico-chemical principles of impregnation and impregnation of fibrous systems with aqueous dispersions of polymers], Moscow, 336 p.

Статья поступила в редакцию 14. 10. 2019 г.