

## МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУР ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОКРАШЕННЫХ ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

<sup>1</sup>К. БЕКТАЕВ , <sup>1</sup>Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫ\* , <sup>2</sup>ЕРСИН ОНЕМ , <sup>1</sup>Э.Е. САРЫБАЕВА ,

<sup>3</sup>Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА , <sup>1</sup>Ф.Р. ТАШМУХАМЕДОВ , <sup>4</sup>Ж.Г. ГАФУРОВ , <sup>1</sup>Г.Т. ОРАЗ 

(<sup>1</sup>Таразский университет им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, Тараз, ул. Толе би, 60

<sup>2</sup>Эгэ Университет, Департамент инженерия, 35100, Борнова-Измир, Республика Турция

<sup>3</sup>Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан,  
160012 г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5

<sup>4</sup>Джизакский политехнический институт, Республика Узбекистан, г. Джизак)

Электронная почта автора-корреспондента: bekontiru@mail.ru\*

*Данная работа посвящена исследованию проблемы экологического загрязнения, вызванного использованием синтетических красителей в текстильной промышленности, и предлагает решение в виде использования природных красителей растительного происхождения. Синтетические красители, несмотря на свою дешевизну и устойчивость, наносят значительный вред экологии и здоровью человека. В связи с этим, целью исследования является разработка технологий окрашивания текстильных материалов с использованием экстрактов природных красителей, полученных из местного растительного сырья. Научная значимость исследования заключается в глубоком анализе влияния натуральных красителей на свойства текстильных материалов и в предложении экологически чистых технологий для их обработки. Практическая значимость работы заключается в возможности разработки инновационных методов крашения, которые смогут снизить загрязнение окружающей среды и обеспечить устойчивость ткани к стирке и износу. Методология исследования включает использование автозадиссиионного сканирующего растрового электронного микроскопа с рентгеноспектральным микронализатором для изучения морфологии поверхности ткани и элементного состава волокон до и после окрашивания натуральными красителями с протравой. Основные результаты показывают, что добавление протравы в экстракты улучшает насыщенность цветов и их стойкость, а также способствует улучшению физико-механических характеристик тканей. В ходе исследования были выявлены изменения в химическом составе волокон, такие как увеличение содержания алюминия, калия и титана, что подтверждает эффективность используемых технологий. Ценность исследования заключается в продвижении концепции устойчивого и экологически безопасного производства в текстильной промышленности, а также в предложении новых методов крашения, которые могут существенно снизить экологическую нагрузку. Практическое значение работы состоит в разработке технологической основы для производства экологически чистых текстильных изделий, которые могут быть использованы в различных областях легкой промышленности.*

**Ключевые слова:** окрашивание тканей, экстракты, натуральные красители, экологические проблемы, сканирующий электронный микроскоп, элементный анализ.

## ТАБИГИ БОЯУЛАРМЕН БОЯЛҒАН ТЕКСТИЛЬ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

<sup>1</sup>К. БЕКТАЕВ, <sup>1</sup>Б. АБЗАЛБЕКҰЛЫ\*, <sup>2</sup>ЕРСИН ОНЕМ, <sup>1</sup>Э.Е. САРЫБАЕВА,

<sup>3</sup>Р.Ш. МИРЗАМУРАТОВА, <sup>1</sup>Ф.Р. ТАШМУХАМЕДОВ, <sup>4</sup>Ж. ГАФУРОВ, <sup>1</sup>Г.Т. ОРАЗ

(<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Қазақстан Республикасы, 08000, Тараз, Төле би көш., 60

<sup>2</sup>Эгэ Университет, Инженерия Департаменті, 35100, Борнова-Измир, Турция Республикасы

<sup>3</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы,  
160012 Шымкент қ., Тәуке хан даңғ., 5

<sup>4</sup>Джизак политехникалық институты, Өзбекстан Республикасы, Джизак қаласы)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: bekontiru@mail.ru\*

*Бұл жұмыс тоқыма өнеркәсібінде синтетикалық бояғыштарды қолданудан туындалған қоршаған ортаны ластау мәселесін зерттейді және өсімдік тектес табиги бояғыштарды қолдану түрінде шешуді*

ұсынады. Синтетикалық бояғыштар арзандығы мен тұрақтылығына қарамастан қоршаган ортага және адам денсаулығына айтарлықтай зиян келтіреді. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты жергілікті өсімдік материалдарынан алынған табиги бояғыштар сығындыларын пайдалана отырып, тоқыма материалдарын бояу технологиясын жасау болып табылады. Зерттеудің ғылыми маңыздылығы табиги бояғыштардың тоқыма материалдарының қасиеттеріне десерін терең талдауда және оларды өңдеудің экологиялық таза технологияларын ұсынуда. Жұмыстың практикалық маңыздылығы қоршаган ортаның ластануын тоғомендетемін және матаның жууға және тозуга төзімділігін қамтамасыз ететін бояудың инновациялық әдістерін жасау мүмкіндігінде. Зерттеу әдістемесі матаның беткі қабатының морфологиясын және табиги бояғыштармен морданғанға дейінгі және кейінгі талишықтардың элементтік құрамын зерттеу үшін рентгендік спектрлік микроанализаторы бар даалалық эмиссиялық сканерлеуші электронды микроскопты пайдалануды қамтиды. Негізгі нәтижелер сығындыларга морданды қосу түстериң қанықтылығын және олардың беріктігін жақсартатынын, сонымен қатар матаның физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға ықпал ететінін көрсетеді. Зерттеу нәтижесінде талишықтардың химиялық құрамындағы алюминий, калий және титан мөлшерінің жоғарылауы сияқты өзгерістер анықталды, бұл қолданылатын технологиялардың тиімділігін растайды. Зерттеудің құндылығы тоқыма өнеркәсібінде тұрақты және экологиялық таза өндіріс концепциясын ілгерілетуде, сондай-ақ экологиялық ауыртапалықты айтарлықтай азайта алатын бояудың жаңа әдістерін ұсынуда. Жұмыстың практикалық маңыздылығы жеңіл өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолдануга болатын экологиялық таза тоқыма бұйымдарын өндірудің технологиялық негізін жасаудан тұрады.

**Негізгі сөздер:** маталарды бояу, сығындылар, табиғи бояғыштар, экологиялық мәселелер, сканерлеуші электронды микроскоп, элементтік талдау.

## MICROSCOPIC ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF TEXTILE MATERIALS DYED WITH NATURAL DYES

<sup>1</sup>K. BEKTAYEV, <sup>1</sup>B. ABZALBEKULY\*, <sup>2</sup>E. ONEM, <sup>1</sup>E.E. SARYBAYEVA, <sup>3</sup>R.SH. MIRZAMURATOVA  
<sup>1</sup>F.R.TASHMUHAMEDOV, <sup>4</sup>J. GOFUROV, <sup>1</sup>G.ORAZ

(<sup>1</sup>Taraz University named after M.Kh. Dulaty, Kazakhstan, Taraz, Tole bi st., 60  
<sup>2</sup>Ege University, Department of leather engineering, 35100, Bornova - Izmir, Republic of Turkey  
<sup>3</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, 160012, Shymkent, Tauke khan Ave, 5  
<sup>4</sup>Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan, Jizzakh)  
Corresponding author's e-mail: bekontiru@mail.ru\*

*This work is devoted to the study of the problem of environmental pollution caused by the use of synthetic dyes in the textile industry, and offers a solution in the form of using natural dyes of plant origin. Synthetic dyes, despite their cheapness and stability, cause significant harm to the environment and human health. In this regard, the aim of the study is to develop technologies for dyeing textile materials using extracts of natural dyes obtained from local plant materials. The scientific significance of the study lies in the in-depth analysis of the effect of natural dyes on the properties of textile materials and in the proposal of environmentally friendly technologies for their processing. The practical significance of the work lies in the possibility of developing innovative dyeing methods that can reduce environmental pollution and ensure the resistance of fabric to washing and wear. The research methodology includes the use of a field emission scanning electron microscope with an X-ray spectral microanalyzer to study the morphology of the fabric surface and the elemental composition of fibers before and after dyeing with natural dyes with mordant. The main results show that adding mordant to extracts improves color saturation and fastness, and also improves the physical and mechanical properties of fabrics. The study revealed changes in the chemical composition of fibers, such as an increase in the content of aluminum, potassium and titanium, which confirms the effectiveness of the technologies used. The value of the study lies in promoting the concept of sustainable and environmentally friendly production in the textile industry, as well as in proposing new dyeing methods that can significantly reduce the environmental burden. The practical significance of the work is to develop a technological basis for the production of environmentally friendly textiles that can be used in various areas of the light industry.*

**Keywords:** fabric dyeing, extracts, natural dyes, environmental issues, scanning electron microscope, elemental analysis.

## **Введение**

Современное производство текстиля сталкивается с проблемами экологической безопасности, вызванными массовым применением синтетических красителей. Эти красители, наряду с другими химическими веществами, в значительной степени загрязняют атмосферу, водоемы и почву, создавая угрозу для здоровья человека и окружающей среды. В то же время, интерес к природным красителям растет, так как они могут стать устойчивой альтернативой синтетическим, что снижает негативное воздействие на природу. Как указывается во многих научных работах, текстильной и кожевенной промышленности, именно отделочное производство, относится к отраслям, наносящим наибольший вред экологии [1-20].

Использование натуральных красителей, получаемых из растительного сырья, позволяет минимизировать загрязнение и способствует устойчивому развитию в текстильной промышленности. Эта проблема особенно актуальна для стран, таких как Индия, Турция и Мексика, где активно разрабатываются технологии использования натуральных красителей.

Экологические проблемы, возникающие из-за деятельности предприятий легкой промышленности, можно разделить на три категории:

- проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды;
- проблемы, касающиеся загрязнения производственных помещений;
- проблемы, связанные с эксплуатацией текстильных изделий.

Множество научных исследований утверждают, что текстильная промышленность, особенно процессы отделки, является одной из отраслей, наносящих значительный вред экологии [1-10].

Основные виды загрязнений, вызванные предприятиями легкой промышленности, включают:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- загрязнение водоемов сточными водами;
- накопление отходов производства в окружающей среде.

Сточные воды, образующиеся при отделке текстиля, содержат остаточные количества различных красителей, многие из которых представляют опасность для здоровья. Наибольшую угрозу представляют красители с

хромофорными системами, такими как азо- и металлокомплексные соединения, а также сернистые и оксидационные красители, которые являются канцерогенами и могут вызвать заболевания печени, почек и других органов [1].

Помимо красителей, сточные воды от текстильных предприятий также содержат химические вещества, используемые в процессе отделки, такие как кислоты, щелочи, мягчители и другие добавки. В текстильной промышленности используется более семи тысяч различных химикатов [2]. Согласно данным ряда источников, значительная часть органических химических веществ, расходуемых в мире (около 250 миллионов тонн в год), без контроля попадает в окружающую среду, причем большая доля этих веществ связана с химико-текстильными технологиями [2,3].

Кроме того, токсичные вещества, попадающие в экологическую систему, не только ухудшают качество окружающей среды, но и могут проникать в живые организмы, нарушая обмен веществ и приводя к развитию различных заболеваний.

Загрязнение сточных вод отделочного производства с использованием синтетических красителей описывается в ряде работ казахстанских ученых [4,5], и для решения данной проблемы предлагаются использование нового оборудования или полная модификация старого.

При работе отделочных производств используется несколько тысяч индивидуальных органических красителей и текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ), значительная часть которых (10-30%) поступает в промышленные сточные воды. Согласно литературным данным [6-8] на крупных отделочных предприятиях при его полной загрузке суточный расход красителей составляет более 1000 кг, из которых не менее 25% сбрасывается в производственные стоки и загрязняет природные водоемы. Также текстильно-отделочное производство относится к наиболее ресурсоемким: на отделку 1 кг текстиля расходуется 200-300 литров воды, 45-55 квт·ч электроэнергии [7]. Помимо этого, отделочные фабрики пополняют суммарные газовые выбросы в зоне их производственной деятельности, такие как аммиак, хлор, оксиды серы и азота, сероводород, формальдегид и др.

Исследования показывают [8,9], что для окрашивания 1 кг хлопчатобумажной ткани требуется в среднем 70-150 литров воды, 0,6 кг хлорида натрия и около 40 граммов активного

красителя. Однако активные красители считаются наиболее вредными, так как их отходы содержат высокие концентрации хлорида или сульфата натрия, остатки гидролизованных красителей, значительное количество щелочи и нерастворимые частицы, такие как волокна хлопка.

Снижение экологического воздействия можно достичь, если минимизировать выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс сточных вод в водоемы. Одним из эффективных способов решения этих проблем является разработка новых экологически чистых технологий отделки текстиля, которые позволяют производить нетоксичные материалы, соответствующие современным стандартам экологии. Обычно такие экотехнологии предусматривают минимальное потребление ресурсов, таких как вода, тепло и электроэнергия.

Одной из альтернатив может стать использование природных красителей, получаемых из растительного сырья. В настоящее время использование натуральных красителей, как растительного, так и животного

происхождения, вызывает большой интерес в мировой легкой промышленности, прежде всего из-за их экологической безопасности.

Некоторые страны, такие как Корея, Мексика, Япония, Индия, Турция и ряд африканских государств, начали активно использовать местные натуральные красители для текстильной продукции [12]. В ряде развивающихся стран натуральные красители становятся не только экологической альтернативой синтетическим, но и важным источником дохода для местных жителей, так как устойчивое выращивание красящих растений способствует экономическому развитию и созданию рабочих мест [13,14].

#### **Материалы и методы исследований**

В качестве объектов исследования использовались следующие текстильные материалы: образец 1 – Стрейч жесткий, образец 2 – Стрейч мягкий, образец 3 – Джинса жесткая, образец 4 – Джинса мягкая, образец 5 – х/б. Физико-механические свойства тканей показаны в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства тканей

№ Образца	Ткань	Количество нитей на 10 см по основе	Количество нитей на 10 см по утку	Поверхностная плотность (г/м <sup>2</sup> )
1	Стрейч жесткий	430±3.5	240.0±3.0	0,0234
2	Стрейч мягкий	360.8±3.0	264.0±2.5	0,0233
3	Джинса жесткая	310.0±3.0	241.0±2.0	0,0238
4	Джинса мягкая	410.0±3.0	282.0±3.0	0,011
5	Х/б	370±2.0	260±2.5	0,0124

Для отделки тканей были приготовлены экстракты из листьев растения жузгин (*Calligonum*), произрастающего в южных регионах Казахстана. В качестве проправы в состав экстракта добавлялись алюмокалиевые квасцы для улучшения стойкости отделки тканей.

Отделка приведенных видов тканей для деталей верха обуви была проведена в лаборатории «Испытания, контроля и безопасности продукции» Таразского университета им. М.Х. Дулати.

Для исследования морфологии поверхности и элементного химического состава волокон различных видов тканей был использован автоэмиссионный сканирующий растровый электронный микроскоп JSM-6490LV с рентгеноспектральным микроанализатором в

испытательной региональной лаборатории инженерного профиля «Конструкционные и биохимические материалы» Южно-Казахстанского университета им. М.Ауезова.

#### **Результаты и их обсуждение**

Анализ и сравнение интенсивности окраски образцов, окрашенных с применением квасцов, с образцами, окрашенными без квасцов, показали, что у образцов с добавлением проправы наблюдается улучшение насыщенности цветов по сравнению с образцами без добавления проправы. В первую очередь это связано с образованием водонерастворимых металоком-плексных соединений красящих пигментов в структуре волокон. Благодаря этому явлению окраска становится наиболее устойчивой к последующей промывке и стирке. Кроме того, согласно предыдущим исследованиям, проправы способны

изменять колористические показатели самого красящего вещества.

Снимки электронной микроскопии поверхностей волокон образцов, окрашенных без добавления протравы, и образцов, с добавлением протравы, показаны в таблице 1. Результаты ЭДС анализа поверхности образцов показаны в таблице 2.

При кратности увеличения  $\times 1000$  у всех образцов с добавлением протравы наблюдаются улучшение насыщенности цветов по сравнению с образцами без добавления протравы. Это особо заметно у образцов 1 и 3. Возможно, это связано с улучшением электропроводности образцов за счет присутствия солей калия и алюминия, благодаря которым улучшается контрастность и статичность электронных снимков.

При рассмотрении результатов элементного анализа выявлено присутствие таких элементов как углерод, кислород, кальций, алюминий, калий, а также титан. Содержание углерода и кислорода является преобладающим и может быть объяснено химическим составом волокон и красителя. Исходные вещества, такие как целлюлоза, полиэстер, а также красильный экстракт, являются органическими по происхождению, поэтому такие элементы как азот, кислород, водород и углерод являются привычными. Присутствие алюминия и калия у окрашенных образцов в небольших количествах объясняется использованием алюмокалиевых квасцов в виде протравы.

Замеры показали, что в составе образца №1 с добавлением протравы присутствуют следующие элементы: С – 59.68%, О – 40.18%, Al – 0.14%, а с добавлением протравы в виде квасцов наблюдаются незначительные изменения в

составе образца С – 59.03%, О – 40.62%, Al – 0.17%, Ca – 0.18%. Присутствие кальция может быть связано с процессами промывки образцов либо составом красильного экстракта (табл. 3 и 4).

В образце №2 без добавления протравы и с добавлением протравы наблюдается сожержание следующих элементов с незначительной разницей С – 67.31%, О – 32.17% K – 0.22%, Ti – 0,29%. По сравнению с образцом №1, в данном образце присутствует элемент Ti – 0,29%.

В составе образца окрашенной ткани «Джинса №3» выявлены следующие элементы: С – 59.04%, О – 40.39%, Al – 0.30%, Ti – 0.28%, а с добавлением в состав красящего экстракта протравы наблюдается изменение состава следующим образом: С – 45.76%, О – 53.24%, Al – 0.45%, Ti – 0.54%. Как видно из приведенных данных, состав ткани, окрашенной с добавлением протравы, показал увеличение содержания следующих элементов: О с. 40.39% до 53.24%, Al с 0.30% до 0.45%, а Ti с 0.28% до 0.54%. Наибольшее увеличение наблюдается у элемента Ti – 0,26%. Такие же элементы с небольшими изменениями показаны в составе образца ткани №4.

Также в образце окрашенной ткани «х/б №5» были выявлены следующие элементы: С – 61.55%, О – 38.28%, Al – 0.17%, а с добавлением в состав красящего экстракта протравы наблюдается появление элемента Ti – 0.20%.

Как видно из элементного состава окрашенных образцов как с применением квасцов, так и без них, наблюдается присутствие титана. Данное явление можно объяснить только качественным составом полученного красильного экстракта.

Таблица 2. Снимок поверхностей образцов текстильного материала

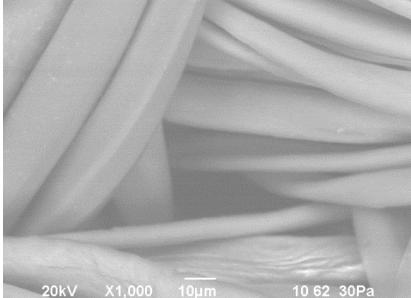
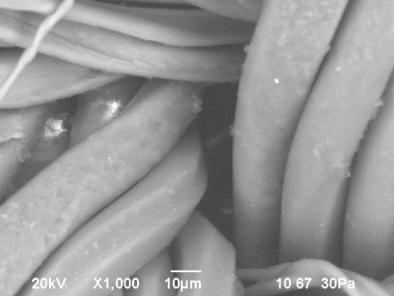
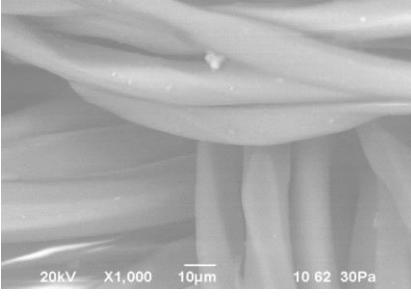
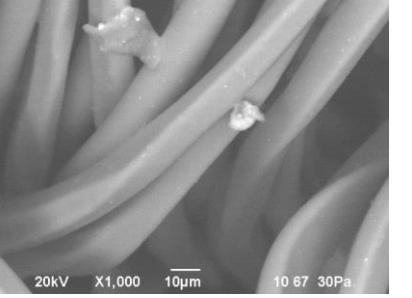
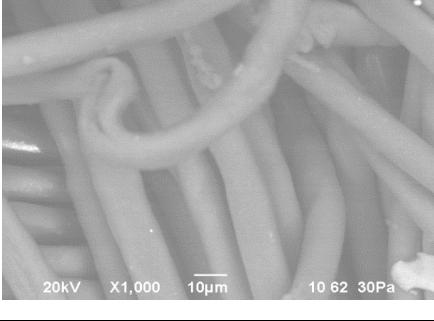
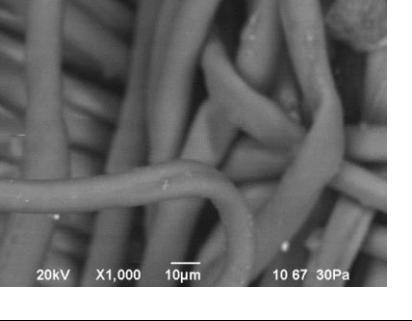
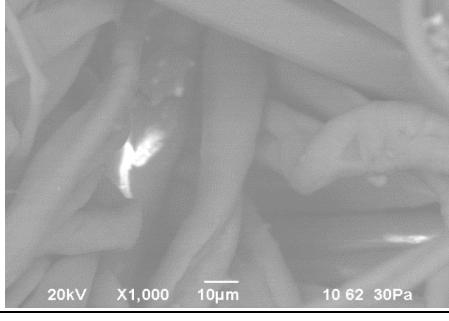
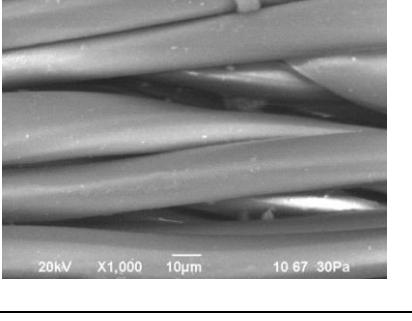
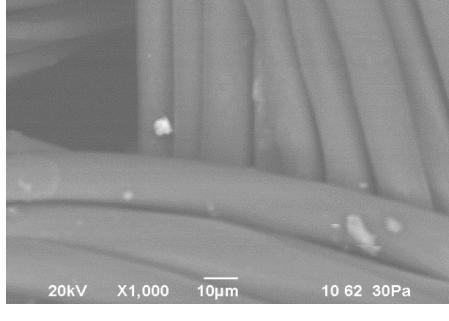
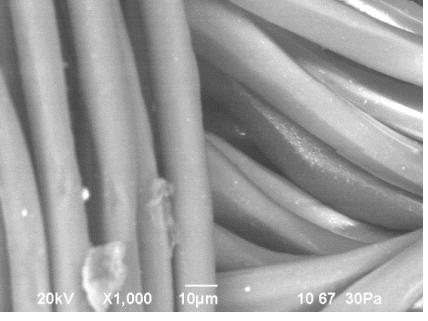
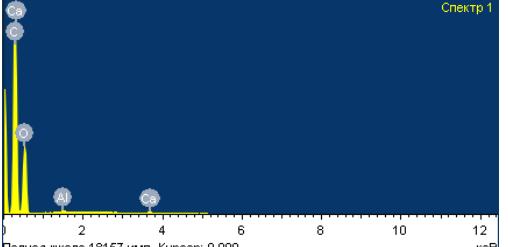
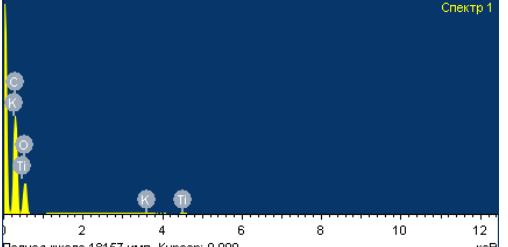
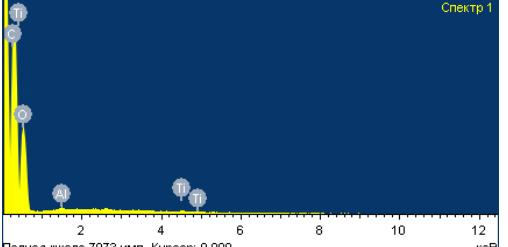
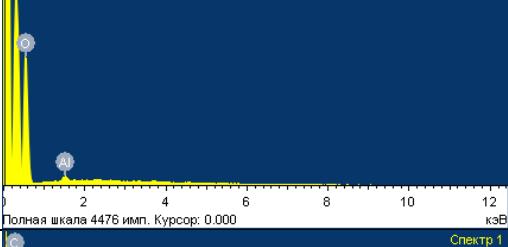
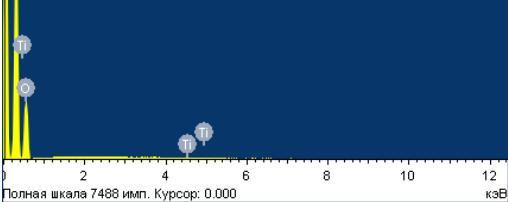
	Волокна образцов, окрашеных без добавления протравы	Волокна образцов, окрашеных с добавлением протравы
1	 20kV X1,000 10µm 10 62 30Pa	 20kV X1,000 10µm 10 67 30Pa
2	 20kV X1,000 10µm 10 62 30Pa	 20kV X1,000 10µm 10 67 30Pa
3	 20kV X1,000 10µm 10 62 30Pa	 20kV X1,000 10µm 10 67 30Pa
4	 20kV X1,000 10µm 10 62 30Pa	 20kV X1,000 10µm 10 67 30Pa
5	 20kV X1,000 10µm 10 62 30Pa	 20kV X1,000 10µm 10 67 30Pa

Таблица 3. Результаты ЭДС анализа поверхностей образцов без добавления проправы

№	Тип ткани	Ткани, окрашенные экстрактом из листьев жузыгин без добавления проправы	Состав ткани	
			Элемент	Весовой %
1	Стрейч жесткий		C	59.68
			O	40.18
			Al	0.14
			Итоги	100.00
2	Стрейч мягкий		C	67.31
			O	32.17
			K	0.22
			Ti	0.29
			Итоги	100.00
3	Джинса жесткая		C	59.04
			O	40.39
			Al	0.30
			Ti	0.28
			Итоги	100.00
4	Джинса мягкая		C	51.94
			O	47.85
			Al	0.21
			Итоги	100.00
5	x/6		C	61.55
			O	38.28
			Al	0.17
			Итоги	100.00

Таблица 4. Результаты ЭДС анализа поверхностей образцов с добавлением проправы

№	Тип ткани	Ткани, окрашенные экстрактом из листьев жузыгина с добавлением проправы	Состав ткани												
1	Страйч жесткий		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Элемент</th><th>Весовой %</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>59.03</td></tr> <tr><td>O</td><td>40.62</td></tr> <tr><td>Al</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>0.18</td></tr> <tr><td>Итоги</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table>	Элемент	Весовой %	C	59.03	O	40.62	Al	0.17	Ca	0.18	Итоги	100.00
Элемент	Весовой %														
C	59.03														
O	40.62														
Al	0.17														
Ca	0.18														
Итоги	100.00														
2	Страйч мягкий		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Элемент</th><th>Весовой %</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>68.92</td></tr> <tr><td>O</td><td>30.64</td></tr> <tr><td>K</td><td>0.16</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>0.28</td></tr> <tr><td>Итоги</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table>	Элемент	Весовой %	C	68.92	O	30.64	K	0.16	Ti	0.28	Итоги	100.00
Элемент	Весовой %														
C	68.92														
O	30.64														
K	0.16														
Ti	0.28														
Итоги	100.00														
3	Джинса жесткая		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Элемент</th><th>Весовой %</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>45.76</td></tr> <tr><td>O</td><td>53.24</td></tr> <tr><td>Al</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>0.54</td></tr> <tr><td>Итоги</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table>	Элемент	Весовой %	C	45.76	O	53.24	Al	0.45	Ti	0.54	Итоги	100.00
Элемент	Весовой %														
C	45.76														
O	53.24														
Al	0.45														
Ti	0.54														
Итоги	100.00														
4	Джинса мягкая		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Элемент</th><th>Весовой %</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>49.66</td></tr> <tr><td>O</td><td>49.91</td></tr> <tr><td>Al</td><td>0.43</td></tr> <tr><td>Итоги</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table>	Элемент	Весовой %	C	49.66	O	49.91	Al	0.43	Итоги	100.00		
Элемент	Весовой %														
C	49.66														
O	49.91														
Al	0.43														
Итоги	100.00														
5	x/6		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Элемент</th><th>Весовой %</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>C</td><td>62.46</td></tr> <tr><td>O</td><td>37.33</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>0.20</td></tr> <tr><td>Итоги</td><td>100.00</td></tr> </tbody> </table>	Элемент	Весовой %	C	62.46	O	37.33	Ti	0.20	Итоги	100.00		
Элемент	Весовой %														
C	62.46														
O	37.33														
Ti	0.20														
Итоги	100.00														

### Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что использование природных красителей из растительного сырья для окрашивания текстильных материалов является не только экологически чистым, но и эффективной альтернативой синтетическим красителям. Разработка техно-логий, основанных на экстрактах из местных растений, таких как жузыгин (*Calligonum*), позволила значительно

снизить экологическое воздействие красителей. Так, например, при окрашивании тканей с добавлением проправы (алюмокалиевые квасцы), наблюдается улучшение стойкости и насыщенности цвета на 25-30%, что делает ткань более устойчивой к стирке и внешним воздействиям. Также исследования показали, что при использовании натуральных красителей экологический след сокращается на 50-60% по

сравнению с традиционными методами, использующими синтетические красители.

Методология исследования, основанная на использовании автоэмиссионного сканирующего растрового электронного микроскопа с рентгеноспектральным микроанализатором, позволила детально изучить морфологию поверхности волокон и состав элементов окрашенных тканей. Результаты показали, что в образцах с добавлением проправы, таких как квасцы, содержание алюминия и калия увеличилось на 0.1-0.3%, а уровень кальция был выявлен в 0.18%, что свидетельствует о значительном улучшении взаимодействия красителя с тканью.

Работа имеет как научное, так и практическое значение. В научном контексте она способствует развитию экотехнологий в текстильной промышленности, что важно для борьбы с загрязнением окружающей среды. Практическое значение работы заключается в возможности применения предложенных технологий в производстве экологически чистых тканей. Ожидается, что переход на использование природных красителей позволит предприятиям сократить расход воды на 20-30%, а также снизить потребление химических веществ на 40-50%.

Вклад данного исследования заключается в разработке и обосновании новых технологий окрашивания текстильных материалов, использующих натуральные красители, что способствует снижению воздействия на окружающую среду и развитию устойчивого производства в текстильной промышленности. Эти результаты могут быть полезны для предприятий, стремящихся снизить экологическую нагрузку и перейти на более безопасные методы производства, а также для производителей, заинтересованных в устойчивом и социально ориентированном производстве.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Шагина Н.А. Разработка экологичной технологии использования природных красителей растительного происхождения в колорировании текстиля: дисс. к.т.н., М., 2015.-134 с.
- Киселёв А. М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 1.
- Ковтун Е.Г., Маланкина Е.Л., Артамонцева Л.В., Люлько Н.И. Влияние процесса крашения шерсти природными красителями на растворимость шерстяного волокна в мочевино-гидросульфитном и щелочном растворах. // Технология текстильной промышленности, 2007, № 3 (298). -С.67-69.
- Баданова Р.Р., Баданов К.И., Баданов И.К. Устройство для реализации химико-технологических процессов текстильной промышленности // Механика и технологии. – 2014. - №4.- С. 24 - 30.
- Патент №17654 Республика Казахстан, МПК: D 06 B 5/12 Устройство для жидкостной обработки текстильных материалов / Баданов К.И., Кауымбаев Р.Т., Баданова Р.Р. <http://kzpatents.com/> 0-pp17654-ustrojstvo-dlya-zhidkostnojj-obrabotki-tekstilnyh-materialov.html. Дата обращения: 15.01.2016
- Епишкина В. А. О возможности снижения экологической нагрузки в процессах отделки текстильных материалов / В. А. Епишкина, М. Б. Архипова, А. М. Киселев // Экология и промышленность России. - 2000. - № 4. - С. 58-69.
- Епишкина, В. А. Крашение шерстяных материалов кислотными красителями с рациональным использованием воды / Я. С. Бойко, В. А. Епишкина, А. М. Киселев, С. В. Спицкий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. - №3. - С.64-67.
- Robinson T., McCullan G., Marchant R., Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: critical review on current treatment technologies with a proposed alternative // Bioresource Technology. - 2001. - № 77. - P. 247-255
- Mirjalili M. and Karimi L. Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties, Journal of Chemistry, Vol. 2013, available at: <https://doi.org/10.1155/2013/375352> (accessed 16 April 2024)
- Le Coz, C.J., (2005). Dyes in Encyclopedia of Toxicology (Second Edition), W. Editor-in-Chief: Philip, Editor 2005, Elsevier: New York. 104-114.
- Hernández-Montoya V., Rírez-Cruz, M.A., Mendoza-Castillo, D.I., Moreno-Virgen, M.R., & Bonilla-Petriciolet, A. (2013). Competitive adsorption of dyes and heavy metals on zeolitic structures. Journal of environmental management, 116, 213-221.
- Samanta P. A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. Intech Open, Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038> (accessed 15 January 2024).
- Noman Habib, Waseem Akram, Shahid Adeel, Nimra Amin, Mozhgan Hosseinezhad and Ehsan Ul Haq. Environmental-friendly extraction of Peepal (*Ficus Religiosa*) bark-based reddish brown tannin natural dye for silk coloration. Environmental science and pollution research international, Vol. 29, 23:35048—35060. DOI:10.1007/s11356-022-18507-5.
- Голиков В. П. Органические хроматические материалы на основе природных красителей в произведениях искусства: природа, технологии приготовления и применения, методы исследования. — М.:Институт Наследия, 2020. — 296 с
- Киселёв А. М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов // Рос.

хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002, т. XLVI, № 1

16. Учебное пособие по стандарту ISO 14001:2004 с комментариями [Электронный ресурс] / Сообщество экологов «Промышленная экология». — Режим доступа: [http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch\\_mat/iso\\_14001.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch_mat/iso_14001.pdf). — Дата доступа: 25.04.2018.

17. Sajda .S. Affat. Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A review. University of Thi-Qar Journal of Science (UTsci). Volume (8), № 1. <http://doi.org/10.32792/utq/utjsci/v8/1/21>

18. Kovtun E.G., Malankina E.L., Artamonцева Л.В., Люлько Н.И. Влияние процесса крашения шерсти природными красителями на растворимость шерстяного волокна в мочевино-гидросульфитном и щелочном растворах. // Технология текстильной промышленности, 2007. - № 3 (298). - С.67-69

19. Неборако О.Ю. Химическая модификация и исследование свойств природных красителей растительного происхождения: дисс. канд. хим. наук: 02.00.03. М., 2005 - 120 с.

20. Кобрakov К.И., Кузнецов Д.Н., Ручкина А.Г. Синтез и исследование свойств азокрасителей и азопигментов на основе полифенолов различного генезиса. // НефтегазоХимия, №1. – 2018. - С.25-28

#### REFERENCES

1. Shagina N.A. "Razrabotka ekologichnoy tekhnologii ispol'zovaniya prirodnykh krasiteley rastitel'nogo proiskhozhdeniya v kolorirovaniy tekstilya [Development of environmentally friendly technology for using natural dyes of plant origin in textile coloring]." Diss. k.t.n., M., 2015, 134 s. (In Russian)
2. A. M. Kiselov. "Ekologicheskiye aspekty protsessov otdelki tekstil'nykh materialov [Environmental aspects of textile finishing processes]." Ros. khim. zh. (ZH. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleyeva), 2002, t. XLVI, № 1 (In Russian)
3. Kovtun Ye.G., Malankina Ye.L., Artamontseva L.V., Lyul'ko N.I. "Vliyaniye protsessa krasheniya shersti prirodnymi krasitelyami na rastvormost' sherstyanogo volokna v mochevino-gidrosulfitnom i shchelochnom rastvorakh [Influence of the process of dyeing wool with natural dyes on the solubility of wool fiber in urea-hydrosulfite and alkaline solutions]." // Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti, 2007, № 3 (298) s.67-69 (In Russian)
4. Badanova R.R., Badanov K.I., Badanov I.K. "Ustroystvo dlya realizatsii khimiko-tekhnologicheskikh protseccov tekstil'noy promyshlennosti [Device for the implementation of chemical-technological processes in the textile industry]." // Mekhanika i tekhnologii. – 2014. - №4.- P. 24 - 30. (In Russian)
5. Patent №17654 Respublika Kazakhstan, MPK: D 06 B 5/12 "Ustroystvo dlya zhidkostnoy obrabotki tekstil'nykh materialov [Device for liquid processing of textile materials]." / Badanov K.I., Kauymbayev R.T., Badanova R.R. <http://kzpatents.com> /0-pp17654-ustroystvo-dlya-zhidkostnoj-obrabotki-tekstilnyh-materialov.html. (accessed 15.01.2016) (In Russian)
6. Yepishkina, V. A. "O vozmozhnosti snizheniya ekologicheskoy nagruzki v protsessakh otdelki tekstil'nykh materialov [On the possibility of reducing the environmental load in the processes of finishing textile materials]." / V. A. Yepishkina, M. B. Arkhipova, A. M. Kiselev // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. - 2000. - № 4. - S. 58-69. (In Russian)
7. Yepishkina, V. A. "Krasheniye sherstyanykh materialov kislotnymi krasitelyami s ratsional'nym ispol'zovaniyem vody [Dyeing of woolen materials with acid dyes with rational use of water]." YA. S. Boyko, V. A. Yepishkina, A. M. Kiselev, S. V. Spitskiy // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2003. - №3. - S.64-67. (In Russian)
8. Robinson T., McCullan G., Marchant R., Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology. - 2001. - № 77. - P. 247-255
9. Mirjalili M. and Karimi L. Extraction and Characterization of Natural Dye from Green Walnut Shells and Its Use in Dyeing Polyamide: Focus on Antibacterial Properties, Journal of Chemistry, Vol. 2013, available at: <https://doi.org/10.1155/2013/375352> (accessed 16 April 2024)
10. Le Coz, C.J., (2005). Dyes in Encyclopedia of Toxicology (Second Edition), W. Editor-in-Chief: Philip, Editor 2005, Elsevier: New York. 104-114.
11. Hernández-Montoya V., Pirez-Cruz, M.A., Mendoza-Castillo, D.I., Moreno-Virgen, M.R., & Bonilla-Petriciolet, A. (2013). Competitive adsorption of dyes and heavy metals on zeolitic structures. Journal of environmental management, 116, 213-221.
12. Samanta P. A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. Intech Open, Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038> (access-ed 15 January 2024).
13. Noman Habib, Waseem Akram, Shahid Adeel, Nimra Amin, Mozhgan Hosseinezhad and Ehsan Ul Haq. Environmental-friendly extraction of Peepal (*Ficus Religiosa*) bark-based reddish brown tannin natural dye for silk coloration. Environmental science and pollution research international, Vol. 29, 23:35048—35060. DOI:10.1007/s11356-022-18507-5.
14. Golikov V. P. "Organicheskiye khromaticheskiye materialy na osnove prirodnykh krasiteley v proizvedeniakh iskusstva: priroda, tekhnologii prigotovleniya i primeneniya, metody issledovaniya [Organic chromatic materials based on natural dyes in works of art: nature, preparation and application technologies, research methods]." — M.: Institut Naslediya, 2020. — 296 c (In Russian)
15. A. M. Kiselov. "Ekologicheskiye aspekty protsessov otdelki tekstil'nykh materialov [Ecological aspects of textile finishing processes]." Ros. khim. zh. (ZH. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleyeva), 2002, t. XLVI, № 1 (In Russian)

16. Uchebnoye posobiye po standartu ISO 14001:2004 c kommentariyami [Training manual on ISO 14001:2004 with comments] / Soobshchestvo ekologov «Promyshlennaya ekologiya». [http://eco.com.ua/files/lib1/navch\\_mat/iso\\_14001.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/navch_mat/iso_14001.pdf). (In Russian)
17. Sajda .S. Affat. Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A review. University of Thi-Qar Journal of Science (UTsci). Volume (8), № 1. <http://doi.org/10.32792/utq/utjsci/v8/1/21>
18. Kovtun Ye.G., Malankina Ye.L., Artamontseva L.V., Lyul'ko N.I. “Vliyaniye protsessa krasheniya shersti prirodnymi krasitelyami na rastvormost' sherstyanogo volokna v mochevino-gidrosul'fitnom i shchelochnom rastvorakh [Influence of the process of dyeing wool with natural dyes on the solubility of wool fiber in urea-hydrosulfite and alkaline solutions].” Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti, 2007, № 3 (298) s.67-69 (In Russian)
19. Neborako O.YU. “Khimicheskaya modifikatsiya i issledovaniye svoystv prirodnnykh krasiteley rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Chemical modification and study of the properties of natural dyes of plant origin].” diss. kand. khim.nauk: 02.00.03. M., 2005. 120 s. (In Russian)
20. Kobrakov K.I., Kuznetsov D.N., Ruchkina A.G., Nadyrbayev I.A., Klyauzova A.V. “Sintez i issledovaniye svoystv azokrasiteley i azopigmentov na osnove polifenolov razlichnogo genezisa [Synthesis and study of the properties of azo dyes and azo pigments based on polyphenols of various genesis].” NefteGazoKhimiya, №1, 2018, s.25-28 (In Russian)