

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ШЕРСТЯНОГО И ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА МЕТОДОМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

С.Л. БЕЛОПУХОВ¹, Е.А. ШАНАЕВА², О.А. ЖАРКИХ¹, И.И. ДМИТРЕВСКАЯ¹,
К.Э. РАЗУМЕЕВ³, А.В. ЖЕВНЕРОВ¹, А.Ю. ЮЛДАШБАЕВА¹

¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

² Калмыцкий государственный университет;

³ Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина

EVALUATION OF THE QUALITY OF WOOL AND LINEN FIBER BY METHOD OF NEAR IR SPECTROSCOPY AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

S.L. BELOPUKHOV¹, E.A. SHANAeva², O.A. ZHARKIKH¹, I.I. DMITREVSKAYA¹,
K.E. RAZUMEEV³, A.V. ZHEVNEROV¹, A.YU. YULDASHBAEVA¹

¹ RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev;

² Kalmyk State University;

³ Russian State University named after A.N. Kosygin

Аннотация. Проведено определение структуры и химического состава волокна овечьей шерсти и льняного волокна сорта Универсал, оценка качества поверхности волокон методом электронной микроскопии и методом ближней инфракрасной спектроскопии. Шерсть овцематки Грозненской породы различается по качеству поверхности и химическому составу от льняного волокна. Качественные отличия проявляются в разном элементном составе волокон, как по металлам: Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, так и по неметаллам: C, O, S, Si, Cl, P. В волокне льна содержание целлюлозы составляет 76-79% из расчета по спектру и химическим анализом на абсолютно сухое вещество. Для шерстяного волокна и пригодности для текстильной промышленности важные данные по содержанию жира и протеина. Результаты по содержанию химических элементов также свидетельствуют о возможности однозначно отличить разные виды волокон. Существенные отличия по концентрациям наблюдаются для кислорода, серы, кремния, калия, хлора, железа, кальция, фосфора. Для шерсти характерна высокая по сравнению с волокном льна концентрация серы, минимальное – фосфора. В волокне льна не отмечается присутствие железа.

Ключевые слова: шерсть, льняное волокно, химический состав, сканирующая электронная микроскопия, ближняя инфракрасная спектроскопия.

Annotation. The structure and chemical composition of sheep wool fiber and flax fiber of the Universal variety were determined, the quality of the fiber surface was assessed by electron microscopy and near infrared spectroscopy. The wool of the Grozny breed of sheep differs in surface quality and chemical composition from flax fiber. Qualitative differences are manifested in the different elemental composition of fibers, both in metals: Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, and in non-metals: C, O, S, Si, Cl, P. In flax fiber, the cellulose content is 76-79% calculated by spectrum and chemical analysis on absolutely dry matter. For wool fiber and suitability for the textile industry, data on fat and protein content are important. The results on the content of chemical elements also indicate the possibility of uniquely distinguishing different types

of fibers. Significant differences in concentrations are observed for oxygen, sulfur, silicon, potassium, chlorine, iron, calcium, and phosphorus. Wool is characterized by a high concentration of sulfur compared to flax fiber, and a minimum concentration of phosphorus. The presence of iron is not noted in the flax fiber.

Keywords: wool, flax fiber, chemical composition, scanning electron microscopy, near infrared spectroscopy.

Шерсть относится к одним из самых распространенных натуральных волокон, из которой производят высококачественные шерстяные ткани и швейно-текстильные изделия. Мировой объем производства шерсти в последнее десятилетие достаточно стабилен и составляет около 1200 тыс. тонн овечьей шерсти в чистом волокне. Лидерами в производстве шерсти (суммарно более 50%) являются Австралия, Китай, Новая Зеландия. Россия на рынке поставщиков шерсти и шерстяных тканей занимает около 2,5% [1]. Проблемой для всех стран до настоящего времени остается отсутствие лабораторий по сертификации шерсти, которые должны давать информацию о качестве различных видов шерсти.

Шерсть сопровождала человека с давних времен, о чем свидетельствуют находки из древних курганов [2]. С точки зрения археологии важно доказать, что остатки тканей произведены из того или иного натурального волокна, шерсти каких животных. Поэтому применение современных высокочувствительных методов химического и физико-химического анализа, разработка прикладных методик, в том числе для задач идентификации и происхождения волокна, является важной задачей испытательных лабораторий. В процессе выделения, первичной переработки волокна, в производстве шерстяных тканей волокно и ткани обрабатывают большим количеством химических веществ, изменяющих гидрофильные, гидрофобные,

капиллярные и другие физико-химические свойства. Например, при окрашивании тканей в средневековом Алтае использовали красящие экстракты из 150 видов растений, которые растут на Алтае. Эту информацию необходимо учитывать при изучении текстильных технологий обработки шерсти как сырья, содержащего воск, лигнин, пектины, протеины, минеральные примеси и др. Предобработка шерсти и удаление такого рода компонентов способствует повышению диффузионных и сорбционных свойств волокон, что в итоге улучшает потребительские свойства и качество швейно-текстильных изделий. Неполное удаление жировых компонентов, воска, имеющих определенный химический состав, может быть характеристикой региона происхождения волокна и его качества. При этом текстильная продукция должна быть экологически безопасной, не содержать тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов, которые поступают и концентрируются в волокнах при питании животных растительными кормами, из воды, воздуха. Сорбционные свойства волокон шерсти также определяют качество крашения. В текстильной химии для умягчения тканей применяют широкий спектр химических препаратов на основе сложных эфиров жирных кислот, полиэтиленгликолевых спиртов и эфиров, высокомолекулярных четвертичных оксиалкиламмониевых солей, бетаинов, алкилсульфатов, триазинов, силоксанов, хитозанов, а также солей неорганических кислот, например, $ZnCl_2$, $MgCl_2$, $CaCl_2$ и др. [3-5]

И здесь также необходим оперативный контроль качества поверхности волокон, оценка химического состава.

В последние годы основное внимание при модификации волокон шерсти стали уделять применению азокрасителей для придания повышенных колористических и фунгицидных свойств шерсти. Такие вещества содержат 1,3-дикарбонильные и пиразолоновые фрагменты, комплексные соединения Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} [6].

Однако применение таких биоцидных пропиток снижает медико-гигиенические свойства тканей и изделий. Присутствие таких соединений на поверхности шерсти также является свидетельством того или иного состава красителей или отделочных компонентов.

Ранее было показано, что шерстяные волокна характеризуются особой микроструктурой, оценка поверхности, размеров и формы чешуек, их расположение, химический состав может быть проведен с использованием метода растровой электронной микроскопии [7].

Цель настоящего исследования состояла в комплексном применении метода ближней инфракрасной спектроскопии, растровой электронной микроскопии и атомно-абсорбционной спектроскопии для оценки качества натуральных волокон, в частности, шерсти.

Материалы и методы. Объектом исследований были образцы шерсти овцематки № 3681 Грозненской породы из Республики Калмыкия. Выпас овец был на естественных

пастбищах, питьевая вода разных водоемов содержала от 3 до 20 г/л солей, стрижка проведена в 2017 и 2018 г. Образцы шерстяного волокна были отобраны по всей длине среза шерсти в разных местах: шея, спина, бок, ляжка. Шерсть предварительно не промывали и не удаляли жиры.

Химический состав образцов проводили в Учебно-научном центре коллективного пользования «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Исследования образцов методом электронной микроскопии проводили на сканирующем электронном микроскопе COXEM EM-30AX PLUS (Корея), источник электронов – электронная пушка с термоэлектронным типом эмиссии, детекторы SE (для получения изображения с информацией о морфологии поверхности.), BSE (для получения изображения с информацией о вариациях состава на основе контраста по атомному номеру), EDS (для элементного анализа состава образцов). Для спектрального анализа образцов снимали спектры в ближней инфракрасной области на анализаторе SpectraStar 2600XT-R (США) с приемником инфракрасного излучения на основе In-Ga-As и базой эталонных стандартов, обработку спектров осуществляли с применением программного пакета InfoStartm.

Элементный анализ проводили на двухлучевом атомно-абсорбционном спектрометре AA-7000 («Shimadzu», Япония). Определяли содержание металлов методом атомноабсорбционной спектроскопии (ААС) с электротермической и пламенной атомизацией (Cu, Zn, Co, Ni, Pb). Ртуть и мышьяк определяли методом ААС с атомизацией гидридным способом с использованием гидридной приставки HVG-1.

Пробоподготовку проводили методом мокрого озоления в лабораторной микроволновой системе MARS6 iWave (CEM Corporation, США). Бидистиллированную воду и HNO_3 (конц.) квалификации ос. ч. (производства «Компонент-Реактив», Россия) дополнительно очищали с помощью системы глубокой очистки кислот АОК-70 (ООО «НПП Госметр», Россия). Для этого во фторполимерный сосуд типа Xpress Plus помещали 0,4-0,5 г образца, добавляли 10 мл HNO_3 (конц.), выдерживали в течение 15 мин в вытяжном шкафу (стадия предрстворения). Затем герметично закрывали специальным приспособлением, надевали защитный кожух и помещали на поворотную платформу. Температурная программа пробоподготовки представлена в таблице 1.

Таблица 1

Параметры работы микроволновой системы пробоподготовки
Operating parameters of the microwave sample preparation system

Этап	Температура, °С	Время нарастания, мин	Время удерживания, мин	Давление, МПа	Мощность, Вт
1	200	15	15	5,52	900-1050

Таблица 2

Содержание эссенциальных (Cu, Zn) и токсичных (Co, Ni, Pb, Cd, Hg, As) элементов в шерсти (мг/кг)
Content of essential (Cu, Zn) and toxic (Co, Ni, Pb, Cd, Hg, As) elements in wool (mg/kg)

Исследуемая часть шерсти	ТМ	Содержание ТМ, мг/кг
шея	Cu	3,89 ± 0,15
спина		4,12 ± 0,20
бок		4,63 ± 0,34
ляжка		4,67 ± 0,36
шея	Zn	87,7 ± 6,4
спина		79,8 ± 6,2
бок		98,2 ± 7,3
ляжка		74,3 ± 5,5
шея	Co	0,183 ± 0,014
спина		0,215 ± 0,018
бок		0,196 ± 0,017
ляжка		0,201 ± 0,019
шея	Ni	0,718 ± 0,036
спина		0,701 ± 0,032
бок		0,724 ± 0,037
ляжка		0,753 ± 0,035
шея	Pb	0,319 ± 0,015
спина		0,353 ± 0,017
бок		0,341 ± 0,015
ляжка		0,312 ± 0,014
шея	Cd	0,035 ± 0,005
спина		0,038 ± 0,004
бок		0,044 ± 0,005
ляжка		0,041 ± 0,006
шея	Hg	0,0051 ± 0,0010
спина		0,0055 ± 0,0011
бок		0,0067 ± 0,0010
ляжка		0,0073 ± 0,0012
шея	As	0,112 ± 0,010
спина		0,100 ± 0,012
бок		0,135 ± 0,018
ляжка		0,097 ± 0,010

Полученный в ходе минерализации раствор количественно переносили в мерные колбы объемом 100 мл бидистиллированной водой.

Результаты исследований. Полученные данные показывают, что исследуемые образцы шерсти овцематки № 3681 Грозненской породы характеризуются различным уровнем содержания химических элементов (табл. 2).

Из результатов таблицы 2 следует, что существенные различия в содержании меди наблюдаются для шеи и бок, для мышьяка – ляжка и бок. Среднее содержание меди в шерсти составляет $4,33 \pm 0,27$ мг/кг, цинка – $85,0 \pm 6,7$ мг/кг, кобальта – $0,198 \pm 0,017$ мг/кг, никеля – $0,724 \pm 0,035$ мг/кг, свинца – $0,331 \pm 0,016$ мг/кг, кадмия – $0,040 \pm 0,005$ мг/кг, ртути – $0,0062 \pm 0,011$, мышьяка – $0,111 \pm 0,010$ мг/кг. Полученные данные согласуются с результатами исследований других авторов по оценке качества шерстяных волокон [8-10].

На рисунке 1 представлены спектры в ближней инфракрасной области шерсти (рис. 1 а) и для сравнения льняного волокна (рис. 1 б).

Спектры волокна льна и шерсти существенным образом различаются, что свидетельствует о разнокачественности каждого из образцов и подтверждают возможность идентификации таких натуральных волокон. Это подтверждается результатами химического анализа и расчетами по спектрам. Так в образце волокна льна-долгунца сорта Универсал урожая 2019 и 2020 гг. содержание целлюлозы составляет соответственно $76,6 \pm 2,3\%$ и $78,3 \pm 2,5\%$ (по спектру на абсолютно сухое вещество) и $77,8 \pm 2,6\%$ и $79,3 \pm 2,9\%$ (химический анализ). Для шерстяного волокна важны данные по содержанию жира на уровне $1,37 \pm 0,19\%$ протеина – $44,6 \pm 0,9\%$.

Микрофотографии с увеличением до 3,0кХ поверхности шерстяных (рис. 2) волокон (продольный вид) также свидетельствуют в различиях в поверхности и качестве волокна.

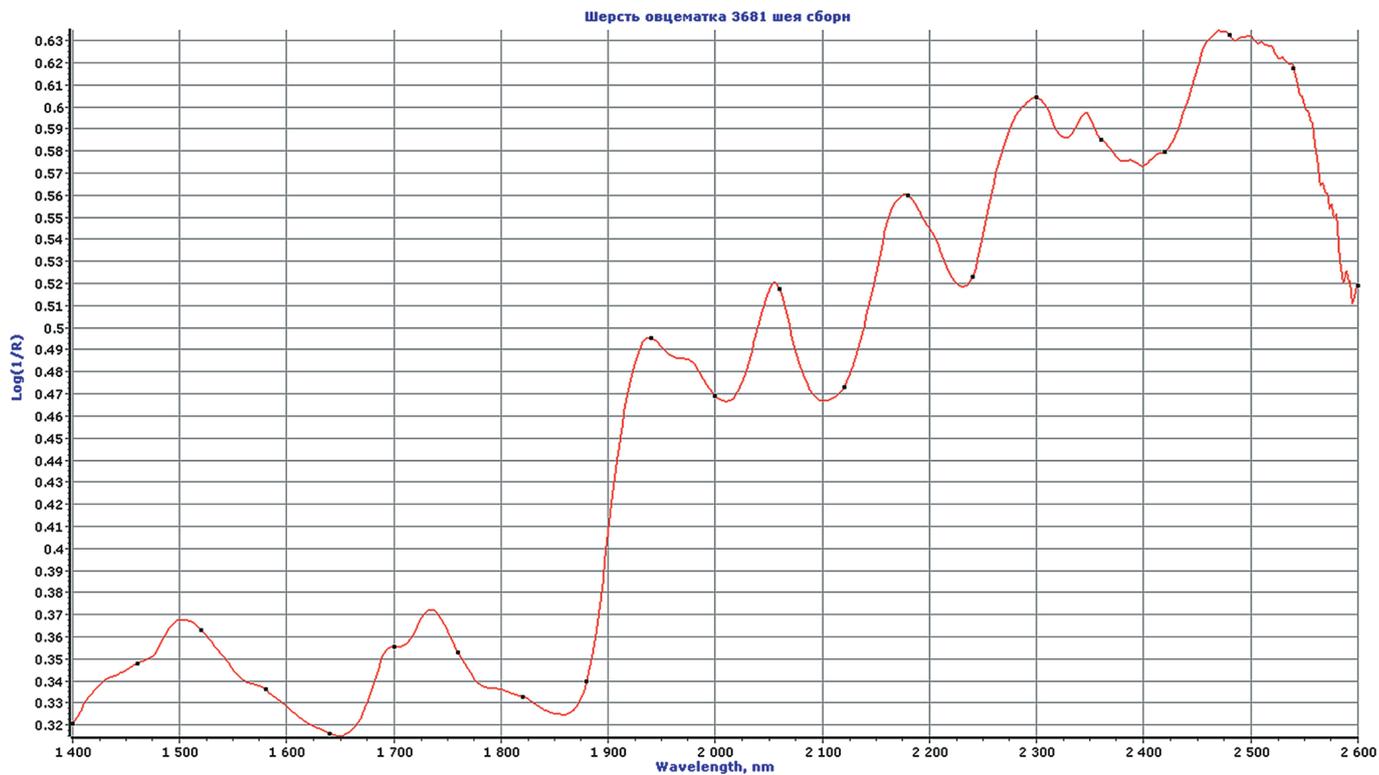
Концентрации химических элементов в данном образце шерсти составляют (%): С – $67,5 \pm 1,8$; О – $26,9 \pm 1,1$; S – $1,55 \pm 0,06$; Si – $1,29 \pm 0,05$; К – $1,10 \pm 0,03$; Cl – $0,55 \pm 0,02$; Fe – $0,48 \pm 0,2$; Al – $0,44 \pm 0,07$; Ca – $0,37 \pm 0,04$; Na – $0,24 \pm 0,02$; Mg – $0,15 \pm 0,01$.

Результаты по содержанию химических элементов также свидетельствуют о возможности однозначно отличить разные виды волокон. Так существенные отличия по концентрациям наблюдаются для кислорода, серы, кремния, калия, хлора, железа, кальция, фосфора. Для шерсти характерна высокая по сравнению с волокном льна концентрация серы, минимальное – фосфора. В волокне льна не отмечается присутствие железа.

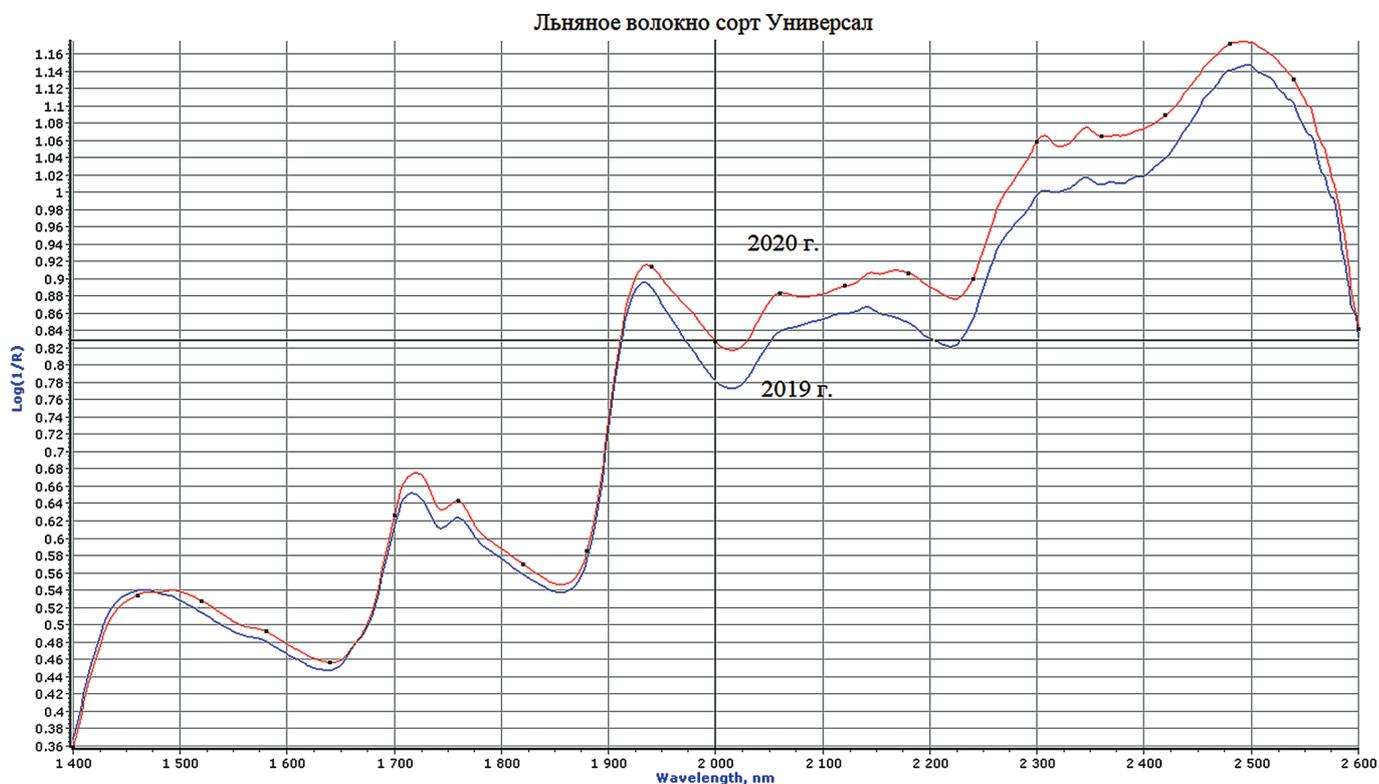
Применение растровой электронной микроскопии совместно с ближней инфракрасной и атомно-абсорбционной спектроскопией позволяет быстро и практически без пробоподготовки проводить оценку качества волокон, их химический состав и пригодность для той или иной дополнительной переработки, мытья, крашению и прочее, а также при соответствующей базе данных идентифицировать происхождение

образцов. Время на анализ одного образца по методу БИК-спектроскопии составляет 2-3 минуты, растровой электронной микроскопии – до 10 минут. Таким

образом, применение данных методов анализа позволяет проводить экспресс-оценку большого числа образцов волокна.



а)



б)

Рис. 1. БИК-спектры шерсти шея (а) и льняного волокна (б)
Fig. 1. NIR spectra of neck wool (a) and flax fiber (b)

Заключение. Метод ближней инфракрасной, атомно-абсорбционной спектроскопии и растровой электронной микроскопии рекомендуются как экспрессные методы оценки качества натуральных волокон. Качество поверхности, размеры и строение волокон, химический состав характеризуют показатель номера волокна, дать рекомендации о его пригодности для дальнейшей переработки, определять и их химический состав. На примере шерсти овцематки Грозненской породы и льняного волокна сорта Универсал проведено измерение химического состава волокна и оценка качества его поверхности. Качественные отличия проявляются в разном элементном составе волокон, как по металлам: Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, включая тяжелые металлы Cu, Cd, Zn, Hg, Pb, Co, Ni, так и по неметаллам: C, O, S, Si, Cl, P, As.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разумеев К.Э. Современное состояние и динамика производства и переработки шерсти в мире // Всероссийский интернет-журнал «Фермер». – 20.02.2019. http://vfermer.ru/rubrics/economic/economic_150.html

2. Орфинская О.В., Никитина Т.Б. Ткани из могильников Ветлужско-Вятского междуречья IX-XI вв. // Поволжская Археология. – 2014. – № 2 (8). – С. 70-91.

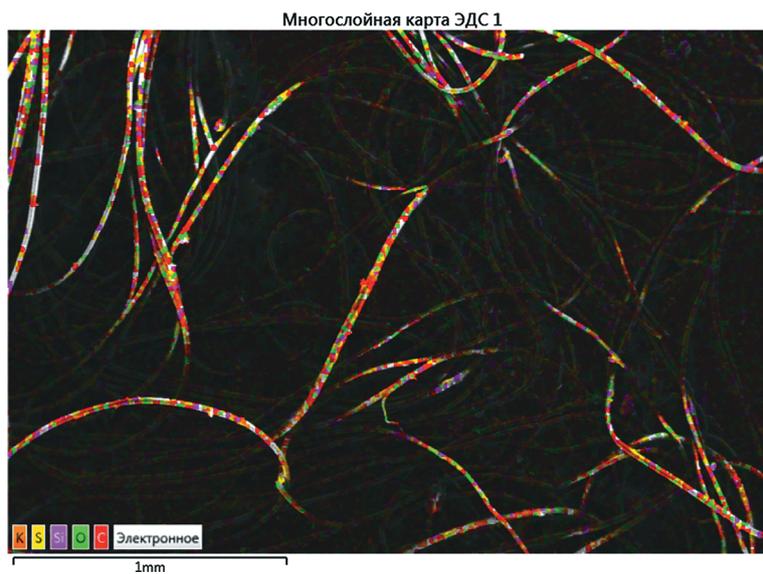
3. Федорова Н.Б., Амбарцумян Л.И., Приходько Н.А. Формирование эстетических свойств шерстяных тканей в процессе производства // Евразийское Научное Объединение. – 2019. – № 5-2 (51). – С. 146-148.

4. Abou-Okeil A., Nakeim O.A. Effect of metal ion binding of chitosan on the printability of pretreated wool fabric // Colorat. Technol. – 2005. – 121, № 1. – С. 41-44.

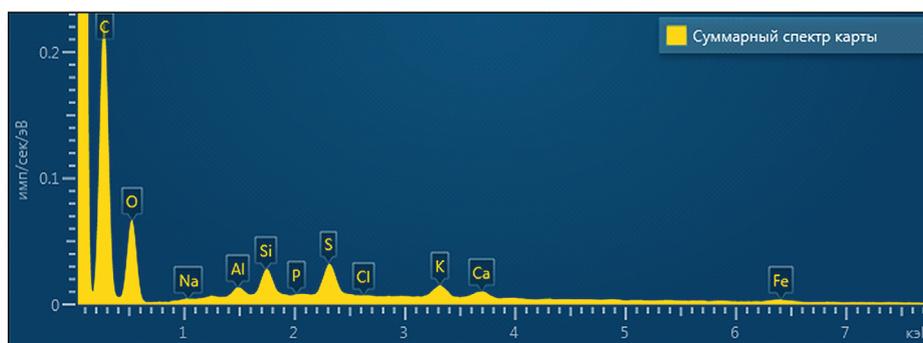
5. Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Шамсудинова Э.Г. Повышение устойчивости шерстяного волокна к гниению при использовании нерастворимых алюмосиликатов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMART-EX). – 2013. – № 1. – С. 98-105.

6. Ву Н.А., Щепилина А.Г., Атрощенко Ю.М., Ковальчукова О.В. Колористические и фунгицидные свойства некоторых азосоединений, содержащих 1,3-дикетонные и пиразолоновые фрагменты, и их металлокомплексов // Булеровские сообщения. – 2021. – Т. 66. – № 5. – С. 58-64.

7. Белопухов С.Л., Жарких О.А., Дмитриевская И.И., Шанаева Е.А., Разумеев К.Э. Оценка качества шерстяного волокна методом сканирующей электронной



a)



b)

Рис. 2. Микрофотографии шерсти: многослойная карта ЭДС (а) и суммарный спектр карты (б)

Fig. 2. Microphotographs of wool: multilayer EMF map (a) and the total spectrum of the map (b)

микроскопии // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 3. – С. 42-45.

8. Dénes T-O, Iştoan R, Tămaş-Gavrea DR, Manea DL, Hegyi A, Popa F, Vasile O. / Analysis of Sheep Wool-Based Composites for Building Insulation. // Polymers. – 2022; – 14 (10): 2109. <https://doi.org/10.3390/polym14102109>.

9. Gabryś T, Fryczkowska B. / Using sheep’s wool as an additive to the growing medium and its impact on plant development on the example of Chlorophytum comosum. // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – 23 (6): 205-212. <https://doi.org/10.12911/22998993/148220>.

10. Mingxiang S., Mengying C., Shengyu L., Chunpeng D., Yiren Ch. / Study on structure and properties of hu sheep wool // Journal of natural fibers. – 2023. – Vol. 20. – No. 1, 2160405 <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2160405>.

REFERENCES

1. Razumeev K.E. Current state and dynamics of production and processing of wool in the world // All-Russian Internet magazine “Farmer”. – 20.02.2019. http://vfermer.ru/rubrics/economic/economic_150.html

2. Orfinskaya O.V., Nikitina T.B. Fabrics from the burial grounds of the Vetluzhsko-Vyatka interfluvium of the 9th-11th centuries. // *Volga Archeology*. – 2014. – No. 2 (8). – Pp. 70-91.

3. Fedorova N.B., Ambartsumyan L.I., Prikhodko N.A. Formation of aesthetic properties of woolen fabrics in the production process // *Eurasian Scientific Association*. – 2019. – No. 5-2 (51). – Pp. 146-148

4. Abou-Okeil A., Hakeim O.A. Effect of metal ion binding of chitosan on the printability of pretreated wool fabric // *Colorat. Technol.* – 2005. – 121, No. 1. – Pp. 41-44.

5. Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Shamsuddinova E.G. Increasing the resistance of wool fiber to decay using insoluble aluminosilicates // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (SMART-EX)*. – 2013. – No. 1. – Pp. 98-105.

6. Vu N.A., Shchepilina A.G., Atroshchenko Yu.M., Kovalechukova O.V. Coloristic and fungicidal properties of some azo compounds containing 1,3-diketone and pyrazolone fragments and their metal complexes // *Butlerov Communications*. – 2021. – V. 66. – No. 5. – Pp. 58-64

7. Belopukhov S.L., Zharkikh O.A., Dmitrevskaya I.I., Shanaeva E.A., Razumeev K.E. Assessment of the quality of wool fiber by scanning electron microscopy // *Sheep, goats, wool business*. – 2019. – No. 3. – Pp. 42-45.

8. Dénes T-O, Iştoan R, Tâmaş-Gavrea DR, Manea DL, Hegyi A, Popa F, Vasile O. / Analysis of Sheep Wool-Based Composites for Building Insulation. // *Polymers*. – 2022; – 14 (10): 2109. <https://doi.org/10.3390/polym14102109>.

9. Gabryś T, Fryczkowska B. / Using sheep's wool as an additive to the growing medium and its impact on plant

development on the example of *Chlorophytum comosum*. // *Journal of Ecological Engineering*. – 2022. – 23 (6): 205-212. <https://doi.org/10.12911/22998993/148220>.

10. Mingxiang S., Mengying C., Shengyu L., Chunpeng D., Yiren Ch. / Study on structure and properties of hu sheep wool // *Journal of natural fibers*. – 2023. – Vol. 20. – No. 1, 2160405 <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2160405>.

Белопухов Сергей Леонидович, доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: (499) 976-32-16, e-mail: SBelopuhov@rgau-msha.ru;

Жарких Ольга Андреевна, канд. биол. наук, ст. преподаватель кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: (499) 976-32-16, e-mail: garkix-olia@mail.ru;

Дмитревская Инна Ивановна, доктор с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: (499) 976-32-16, e-mail: dmitrevskie@mail.ru;

Шанаева Елена Анатольевна, аспирант Калмыцкого государственного университета, г. Элиста, ул. Пушкина д. 11;

Жевнеров Алексей Валерьевич, канд. хим. наук, доцент кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: (499) 976-32-16, e-mail: jevnerov@mail.ru;

Разумеев Константин Эдуардович, доктор техн. наук, профессор, директор Текстильного института имени А.Н. Косыгина, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1. тел.: (495) 951-31-48;

Юлдашбаева Аёна Юсупжановна, аспирант РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434 Москва, Тимирязевская, 49.

УДК 636.3.035

DOI: 10.26897/2074-0840-2023-1-48-51

ШЕРСТНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОМЕСНЫХ ТОНКОРУННЫХ (ГТ × СТ) ЯГНЯТ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

**А.К. НАТЫРОВ, Н.Н. МОРОЗ, Б.С. УБУШАЕВ,
Б.К. БОЛАЕВ, Ц.Б. ТЮРБЕЕВ, Д.А. КУГУЛЬТИНОВА**

ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им Б.Б. Городовикова»

WOOL PRODUCTIVITY OF CROSS-BRED FINE-WOOL (GT × ST) LAMBS IN ARID CONDITIONS OF KALMYKIA

**A.K. NATYROV, N.N. MOROZ, B.S. UBUSHAEV,
B.K. BOLAEV, TS.B. TYURBEEV, D.A. KUGULTINOVA**

FSBEI HE «Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov»

Аннотация. В статье рассмотрен вариант скрещивания грозненской породы овец со ставропольской, обеспечивший у потомства повышение шерстной продуктивности, улучшение технологических, физико-химических свойств шерсти при сохранении приспособленности животных к аридным условиям.

Ключевые слова. Овцы, шерстная продуктивность, скрещивание, помесные ягнята, аридные территории.

Summary. The article considers a variant of crossing the Grozny sheep breed with the Stavropol one, which provided the offspring with an increase in wool productivity, improvement of technological, physico-chemical properties of wool while maintaining the animals' adaptability to arid conditions.

Keywords. Sheep, wool productivity, crossbreeding, cross-bred lambs, arid territories.

История развития отечественного тонкорунного овцеводства в XX веке есть не что иное, как беспрепятственное межпородное скрещивание, проводимое с целью получения наиболее желательных типов овец [2]. Анализ практики скрещивания в мировом животноводстве показал его как один из весьма эффективных приемов повышения продуктивности овец.

Скрещивание в корне изменяет физиологическую структуру животных. Животные, полученные