

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. КОСЫГИНА  
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**

На правах рукописи

**СИЧЕВОЙ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**



**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ВОЛОКОН ШЕРСТИ ДЛЯ  
ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КАМВОЛЬНОГО ПРЯДЕНИЯ**

Специальность 05.19.01 «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности»

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор Разумеев К.Э.

Москва – 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН, КЛАССИФИКАЦИЯ ШЕРСТИ И ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ШЕРСТИ НА ТЕХНОЛОГИЮ ВЫРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ.....	9
1.1. Современная классификация шерстяных волокон.....	9
1.2. Стандарты, регламентирующие качество шерсти и ее виды.....	12
1.3 Применение химических методов идентификации шерсти.....	18
1.4 Использование для идентификации шерсти методов секвенирования.....	25
1.5 Актуальность идентификации шерсти для рационального выбора параметров оборудования и заправок.....	27
Выводы по главе 1.....	28
ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЕКВЕНИРОВАНИЯ И СРАВНЕНИЕ ИХ С ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЛОКОН.....	30
2.1 Идентификация шерсти стандартными методами.....	30
2.2. Идентификация волокон шерсти с помощью прибора OFDA.....	36
2.3. Разработка метода идентификации волокон шерсти путем секвенирования ДНК.....	39
2.4. Сравнение разработанного метода с существующими (преимущества и недостатки) .....	45
Выводы по главе 2.....	46
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ НА ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ ПЕРЕРАБОТКИ.....	47
3.1. Выбор системы прядения в зависимости от идентифицированного вида шерстяных волокон.....	47

3.2. Влияние результатов идентификации шерстяных волокон на процесс крашения.....	51
Выводы по главе 3.....	65
ГЛАВА 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ ПРЯЖИ.....	66
4.1. Применение теории подобия и анализа размерности для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи.....	66
4.2. Применение методов планирования эксперимента для прогнозирования линейной плотности пряжи.....	69
4.3. Оптимизация разрывной нагрузки пряжи после идентификации волокон методом секвенирования для выбора параметров настройки технологического оборудования .....	87
4.4. Применение методов планирования эксперимента для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи .....	103
4.5. Оптимизация разрывной нагрузки пряжи после идентификации волокон методом секвенирования для выбора параметров настройки технологического оборудования .....	122
Выводы по главе 4.....	143
Общие выводы.....	144
Литература.....	147
Приложение 1.....	159
Приложение 2.....	161
Приложение 3.....	190
Приложение 4.....	199

## ВВЕДЕНИЕ

Важным экономико-статистическим показателем является объем производства шерсти на одного человека. Он показывает уровень обеспечения населения натуральными волокнами.

На экономике текстильной отрасли негативно сказывается недостаточное регулирование экспорта, импорта сырья, полуфабрикатов и текстильных товаров. Также значительной проблемой является дефицит отечественного сырья и низкие тарифы на ввоз импортного сырья.

Экономическая ситуация на рынке шерсти зависит от состояния спроса, предложения и уровня цен.

Более активно стали использоваться шерсть и пух, получаемые от редких видов животных (лама, альпака и диких представителей семейства верблюдовых – гуанако и викунья), независимо от высокого ценового порога.

Применение редких видов волокон шерсти приводит к изменению технологических цепочек и настройки оборудования при их переработке. Поэтому идентификация поступающего на производство сырья является первоочередной задачей входного контроля.

При проведении подтверждения соответствия качества и безопасности продукции также важную роль играет идентификация сырьевого состава. Применение новых более точных методов позволит провести точную оценку вида шерстяных волокон.

Оптимизация технологических процессов и их параметров с учетом вида сырья после точной идентификации является необходимым условием производства изделий высокого качества.

В связи с вышесказанным актуальным является решение проблемы, связанной с идентификацией шерстяных волокон для исключения фальсификации дорогостоящего сырья, прогнозирования свойств пряжи и оптимизации технологии камвольного прядения.

## **Актуальность работы**

Распознавание сырьевого состава в готовом изделии является основой для идентификации при проведении процедуры обязательного подтверждения соответствия. Существующие методы позволяют определить процентное соотношение натуральных и химических волокон. Однако стандартизованные методы идентификации не дают возможность исключить фальсификацию при заявленном на маркировке дорогостоящем сырье при его замене на более дешевое.

В условиях цифровизации возникла необходимость разработки более точных методов идентификации с использованием современных методик и оборудования.

Одним из таких методов является использование генетических характеристик животных для распознавания вида волокон, используемых для получения пряжи.

В связи с вышесказанным разработка метода более точной идентификации дорогостоящего волокнистого сырья является актуальной задачей, так как в отличие от существующих позволяют определить наличие шерстяных волокон конкретной видовой принадлежности, что существенно повышает качество готовых изделий и соответственно оценку продукции.

## **Цель и задачи исследования**

Целью данной работы является разработка методов идентификации волокон шерсти для объективной оценки волокнистого состава готовой продукции и сырья.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- изучить современную классификацию волокон шерсти;
- изучить стандартные методы распознавания шерстяных волокон;
- проанализировать различные методы секвенирования и проведена оценка возможности их применения для идентификации волокон шерсти;
- разработать методику идентификации волокон шерсти на основе метода секвенирования молекул ДНК;

- провести спектральный анализ окрашенных волокон различной видовой принадлежности для идентификации волокнистого состава и видовой принадлежности шерсти;

- исследовать влияние применения разработанной методики на выбор параметров математической модели для прогнозирования свойств пряжи;

- разработать математические модели для прогнозирования прочности шерстяной пряжи;

- провести оптимизацию линейной плотности и разрывной нагрузки пряжи.

### **Методы исследования**

Экспериментальные исследования проводились с использованием разработанных методов в лабораторных условиях. Для обработки результатов эксперимента в исследованиях использовались методы математической статистики. В качестве теоретической основы применялись теория подобия и анализа размерностей, а также теория планирования эксперимента. Построение функциональных зависимостей осуществлялось на ЭВМ с помощью программы Microsoft Excel. Для обработки фотографий объектов исследований применялась программа Adobe Photoshop, National Center for Biotechnology Information.

### **Научная новизна работы**

При проведении теоретических и экспериментальных исследований автором впервые:

- разработан метод секвенирования для идентификации волокон шерсти по видовым признакам;

- предложена технологическая цепочка переработки шерстяных волокон с учетом их видовой принадлежности;

- проведен спектральный анализ для получения информации о влиянии колористического оформления и интенсивности окрашивания на процедуру идентификации прошедших заключительную отделку волокон и определения их видовой принадлежности;

- разработаны математические модели для прогнозирования прочности шерстяной пряжи с учетом характеристик параметров и строения пряжи после проведенной по разработанной методике идентификации.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что

- разработан метод секвенирования, который позволяет исключить фальсификацию шерстяного сырья;
- разработанный метод идентификации с помощью спектрального анализа не окрашенных и окрашенных волокон позволяет создать базу для сравнения спектров различных видов волокон в целях идентификации сырьевого состава готового изделия;
- разработанные математические модели позволяют проектировать пряжу по разрывной нагрузке в зависимости от процессов идентификации сырья;
- при выборе параметров настройки технологического оборудования предложено использовать полученные параметры оптимизации линейной плотности и разрывной нагрузки.

Результаты работы внедрены на АО «Троицкая камвольная фабрика» и ООО «Русская шерстяная компания».

Результаты исследований могут быть использованы на текстильных предприятиях при проектировании пряжи, что позволит значительно улучшить показатели качества готовой продукции, а также таможене, испытательных лабораториях и учебном процессе.

### **Апробация работы**

Основные результаты научных исследований докладывались и получили положительную оценку на:

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (23-27 мая 2016, XIX Международный научно-практический форум (SMARTEX – 2016), Иваново). – 2016

Международный салон изобретений "Инвентика 2018". (Яссы, Румыния, Золотая медаль) - 2018

Международный салон изобретений и инноваций "Гран-при Эйфель".  
(Париж, Франция, Золотая медаль) - 2018

Заседания кафедры Текстильных технологий РГУ им. А.Н. Косыгина.

АО «Троицкая камвольная фабрика»

ООО «Русская шерстяная компания»

### **Публикации**

По теме диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ, в том числе 1 статья в журнале, входящем в международную базу цитирования и 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав и общих выводов. Работа выполнена на 200 страницах машинописного текста, содержит 28 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 132 наименований, приложения.



# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН, КЛАССИФИКАЦИЯ ШЕРСТИ И ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ШЕРСТИ НА ТЕХНОЛОГИЮ ВЫРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ

## 1.1. Современная классификация шерстяных волокон

Шерстяные волокна относятся к натуральным и представляют собой волосной покров различных животных.

В промышленности используется натуральная и регенерированная шерсть.

Для классификации данного вида волокон используются различные признаки, такие как вид животного, геометрические размеры волокна, параметры его строения и т.д. [1-3]. Так, в СССР шерсть классифицировалась по следующим признакам:

—По видам животных, от которых была получена шерсть (овечья, козья, верблюжья, кроличий пух, коровий волос, заводская, шерсть-линька). Натуральная овечья шерсть по породам овец классифицируется по породам овец: мериносовая, метисная, цигайская, русская, бухарская, ордовая, туркменская, закавказская, бурят-монгольская и др.

—По срокам стрижки: поярок, весенняя, или веснина, или рунная, зимнина и осенняя, или летнина.

—По способам первичной обработки: грязная шерсть, или оригинал, перегон, шерсть холодной мойки, шерсть крестьянской мойки и шерсть горячей мойки, или мытая.

—По технологическому назначению: камвольные (гребенные), суконные (кардные, аппаратные), валяльно-войлочные и шерсть технического назначения [4].

Наиболее распространенными являются волокна овечьей шерсти. Их торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация представлена в ГОСТ 30702 [5]. Овечью шерсть подразделяют на однородную и неоднородную.

Однородная тонкая шерсть имеет диаметр  $d = 0,014 - 0,025$  мм, полутонкая -  $d = 0,025 - 0,031$  мм, полугрубая  $d = 0,031 - 0,040$  мм.

Схема торговой сельскохозяйственно-промышленной классификации приведена на рис. 1. Классификационными признаками однородной и неоднородной шерсти всех групп тонины и наименований, а также рунной основной и пожелтевшей являются тонины, длина, прочность; засоренность; цвет. Однородная поярковая шерсть подразделяется по наименованию, тонине, засоренности и цвету [1-3].

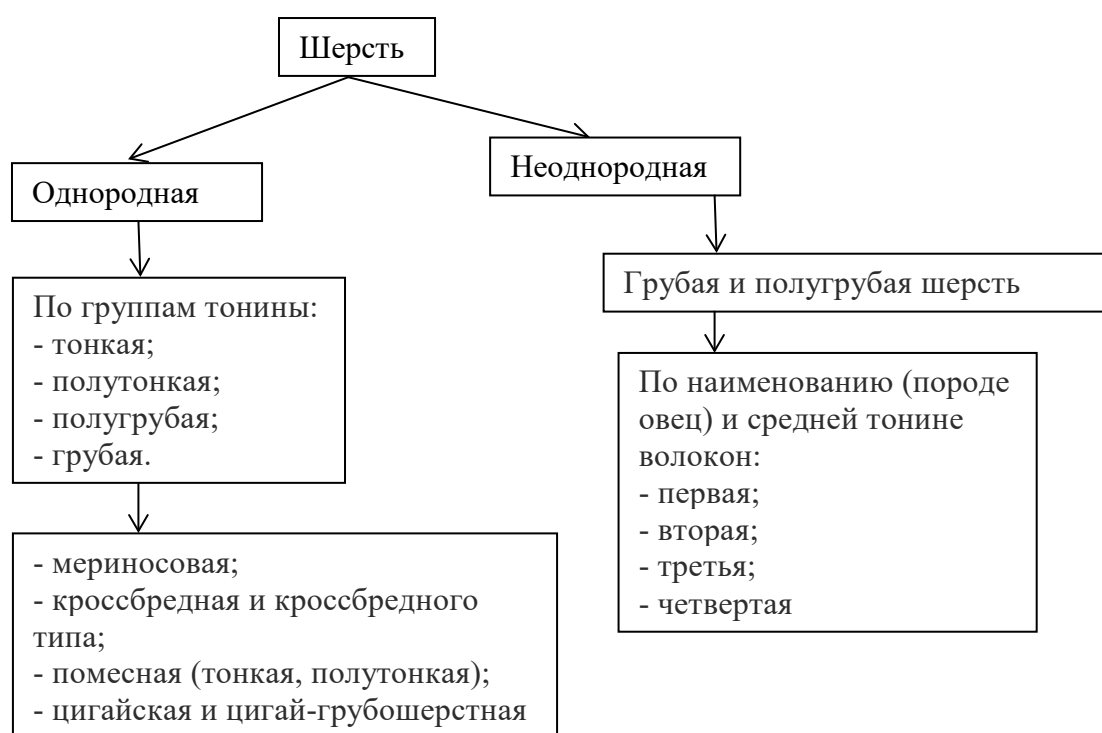


Рисунок 1.1 - Торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация

По способу прядения шерсть подразделяют на используемую для аппаратного и гребенного прядения. Для шерсти аппаратного способа прядения  $L \leq 55$  мм, а для шерсти гребенного способа прядения  $L > 55$  мм [6-7].

Британская система представляет собой градацию шерсти по количеству мотков, которые можно получить из очень тонкой пряжи. В указанной системе шерсть подразделяется на 16 степеней. Самой тонкой считается 80, а грубой - 36. В микронной системе, разработанной в Денверской лаборатории МСХ США,

шерсть подразделяется на шестнадцать степеней в соответствии со средним диаметром волокна, измеренным микрометром [8].

Также существует классификация по различным кодам. В Общероссийском классификаторе продукции (ОКП) [9] шерсть представлена в группе 810000 и делится на мытую (заводскую и заводскую) и восстановленную, например, из тряпья и обрезков.

К волокнам шерсти относятся коды ТН ВЭД [10] для шерсти 51011, 51012, 51013. Шерсть кролика и альпаки имеет код 51021. Вся шерсть, не зависимо от вида животного, классифицируется как подвергнутая кардо- и гребнечесанию или нет, а также аппаратная.

Коды ОКВЭД [11] группы 13.10 включают предварительную обработку и прядение текстильных волокон, в том числе и шерсти.

Можно отметить, что в классификациях по различным кодами практически не выделены группы по видам животных.

В текстильном производстве, помимо овечьей, используются различные виды шерсти: козья, шерсть яка, альпаки, кролика.

Шерсть характеризуется средней прочностью при растяжении, высокой деформационной способностью, хорошей упругостью и высокими теплоизоляционными свойствами. Шерсть обладает валкоспособностью, что используется при производстве валяльно-войлочных изделий. Термоустойчивость шерсти ниже, чем у целлюлозных волокон. Шерсть хорошо поглощает влагу.

Шерсть перерабатывается в пряжу, из которой изготавливают разнообразные одежные ткани, верхний и бельевой трикотаж, чулочно-носочные и перчаточные изделия, мебельно-декоративные ткани, ковры и т.п. [12, 13].

Классификация волокон шерсти представлена и в научных работах. Так, например, в работе Доржийн Энхтуяя [14] решена задача научного обоснования классификации козьего пуха, а также проведено нормирование показателей качества волокон для заготовительного и промышленного стандартов. На основе метода дискриминантного анализа разработана классификация монгольского

козьего пуха по средней тонине, среднему квадратическому отклонению по тонине, средней длине и извитости.

В работе Карро Е.В. [15] рассмотрены не отдельные виды волокон, а их сочетания в смеси и разработаны предложения по дополнению действующей классификации смесей камвольного производства новыми составами смесей с вложением редких видов волокон (лама, альпака т.д.).

Можно отметить, что во всех видах классификации учитываются геометрические размеры самого волокна, но не предусмотрены такие классификационные признаки, как, например, размеры чешуек и другие параметры внутреннего строения, что осложняет работу при входном контроле на предприятии, так как априори предполагается, что известен вид животного, но всегда указана порода.

## **1.2. Стандарты, регламентирующие качество шерсти и ее виды**

Качество шерсти оценивается по национальным стандартам вида технических условий. В соответствии с ГОСТ 28491 [16] шерсть подразделяется по наименованиям: однородную (тонкую мериносую и немериную), полутонкую кроссбердную, цигайскую, пояровую тонкую и полутонкую) и неоднородную (грубую и полугрубую весеннюю, подразделяемую на 4 группы по породам овец, и грубую и полугрубую осеннюю). Рунную шерсть в зависимости от средних показателей тонины, длины и состояния, цвета и выхода шерсти подразделяют на сорта. Рунную основную и пожелтевшую шерсть подразделяют по состоянию в зависимости от массовой доли растительных примесей и прочности на разрыв.

ГОСТ 6614 [17] распространяется на сортированную полутонкую и полугрубую однородную мытую шерсть всех наименований отечественного и импортного производства. Полутонкая шерсть имеет высокую однородность, штапельное строение с более крупной, по сравнению с тонкой шерстью, извитостью. Тонина ее составляет 58—50<sup>к</sup> (25,1—31,0 мкм).

У полугрубой однородной шерсти штапель напоминает косицы с крупной извитостью.

Полутонкая и полугрубая однородная шерсть подразделяется на рунную, отсортировки и отклассировки.

Рунная шерсть подразделяется по следующим признакам:

- тонина (полутонкая — 58-56<sup>к</sup>, 50<sup>к</sup>; полугрубая — 48<sup>к</sup>, 48-46<sup>к</sup>, 46<sup>к</sup>);
- длина (гребенная и аппаратная или I, II, III длина);
- состояние (нормальная, пожелтевшая, сорная, репейная, сорно-пожелтевшая, репейно-пожелтевшая, сорно-репейно-дефектная).

Также шерсть рассортирована по группам тонины в зависимости от пород овец и стран-импортеров.

Показателями качества шерсти в соответствии с ГОСТ 6614 являются тонина и ее среднее квадратическое отклонение. Промышленный сорт также устанавливается по тонине. Также шерсть сортируется по длине, что совместно с тониной определяет систему прядения, также указанную в ГОСТ 6614.

ГОСТ 7737 [18] распространяется на заводскую овечью шерсть, получаемую различными способами, исключая стрижку. Она снимается с овчин грубошерстных овец различных пород в процессе выработки кож и применяется в валяльно-войлочном и шерстяном производстве.

Заводскую овечью шерсть подразделяют по наименованиям в зависимости от породы овец, районов их распространения, а также по группам овчин.

Заводская овечья шерсть каждого наименования подразделяется по методу съемки и степени сохранности волокна (ферментативная, неповрежденная, поврежденная, сборная), по длине (ферментативная — I, II; неповрежденная — I, II; поврежденная — I, II; шерсть с голяка — III), по состоянию (нормальная, сорно-репейная). Основным показателем качества данной шерсти является длина.

Массовая доля влаги в шерсти должна составлять от 10 до 18%.

Нормированная влажность устанавливается 15%.

Выход мытой шерсти из невытой для заводской шерсти разных способов съемки и степени сохранности волокна должен быть для ферментативной — не менее 95 %, неповрежденной шерсти с голяка — не менее 85%; поврежденной — не менее 90%; сборной — не менее 85%.

ГОСТ 10376 [19] распространяется на восстановленную шерсть, получаемую из мытых отходов и промышленных отходов шерстяных и полушерстяных материалов. Данная шерсть используется при производстве изделий текстильной и легкой промышленности.

Показателями, используемыми для оценки качества, являются средняя длина волокна, массовая доля шерстяного волокна, Массовая доля минеральных примесей и коротких волокон, Массовая доля неразработанных клочков тканей, Массовая доля неразработанных нитей, Нормированная влажность, Массовая доля жира. Также нормируется фактическая влажность, которая не должна превышать 20%. Шерсть делится на группы по цветам, которые обозначаются буквами а, б, в, г, д, е, причем допускается массовая доля восстановленной шерсти цветов других групп не более 2%.

В группе ж не должно быть восстановленной шерсти насыщенных цветов других групп.

При наличии шерсти цветов других групп более 2% по массе в группах а, б, в, г, д, е, ее считают смешанной по цвету и относят к группе з.

Партию восстановленной шерсти принимают по кондиционной массе.

ГОСТ 26383 [20] распространяется на сортированную мытую и очищенную органическими растворителями (соверизованную) тонкую шерсть отечественного и импортного производства, получаемую путем весенней стрижки с различных пород овец, относящихся к тонкорунным, а также их помесей с тонкой шерстью.

Тонкая шерсть подразделяется на мериносую и помесную.

Мериносая шерсть характеризуется однородностью, мягкостью, эластичностью, белым цветом.

Помесная шерсть менее равномерная по тонине и длине, чем мериносая.

Тонкая шерсть подразделяется на рунную, отсортировки и отклассировки.

Отсортировки и отклассировки подразделяются по тонине — 60<sup>к</sup> и выше. Деление по состоянию не предусмотрено.

Отсортировки и отклассировки помесной тонкой шерсти (кроме обножки и клюнкера) подразделяются по цвету на светло-серую и цветную.

Основными показателями качества по данному стандарту являются средняя тонина, среднее квадратическое отклонение по тонине и засоренность. Также нормируется относительная разрывная нагрузка. Нормы для всех показателей качества представлены по группам длин.

ГОСТ 26588 [21] распространяется на сортированную мытую и неоднородную полугрубую и грубую шерсть сухой отечественной производственной обработки, полученную во время весенней стрижки.

Неоднородную шерсть подразделяют на рунную, отклассировки и отсортировки.

Наименование вида шерсти по происхождению устанавливается в зависимости от разновидностей и пород овец. В стандарте установлены следующие сорта шерсти в зависимости от тонины: высший, I, II, III. Для каждого сорта установлена длина, цвет и характеристики шерсти, в том числе ее вид в косицах.

В зависимости от средней тонины волокна и массовой доли типов волокон рунная шерсть (кроме романовской) подразделяется по показателям тонины (сортам), также регламентировано среднее квадратическое отклонение по тонине.

По длине рунную шерсть подразделяют на гребенную (длина пуховой зоны косицы 55 мм и более) и аппаратную (длина пуховой зоны косицы менее 55 мм).

В зависимости от прочности и засоренности растительными примесями рунную шерсть подразделяют на группы состояния: нормальная, сорная, репейная и сорно-репейно-дефектная.

ГОСТ 28411 [22] распространяется на мытую сортированную козью шерсть, однородную импортную (ангорские козы и их помеси) и отечественную

(породы советских шерстных коз и их помесей), и неоднородную (помесные и грубошерстные козы).

Шерсть подразделяется по наименованиям на однородную (1-я группа: ангорская, советская шерстная и 2-я группа) и неоднородную (полугрубую и грубую), которые характеризуются цветом и такими характеристиками, как цвет, блеск, вид косиц.

Неоднородная козья шерсть подразделяется на сорта в зависимости от массовой доли пуховых волокон: пол у грубая (высший — 1 сорт, II сорт), грубая (полупуховая, остевая).

В зависимости от степени засоренности растительными примесями шерсть подразделяется на нормальную, сорно-репейную, дефектную, сорно-дефектную.

По цвету шерсть должна быть белая, светло-серая, цветная.

Также регламентируется массовая доля остаточной свободной щелочи на волокне (кроме отсортировок). Она должна быть не более 0,27 %.

Фактическая массовая доля остаточных нешерстяных компонентов и влаги в козьей шерсти также должна соответствовать требованиям ГОСТ 28411.

Также в ГОСТ 28411 представлено деление на промышленные сорта в зависимости от тонины.

ГОСТ 2259 [23] распространяется на классированную немытую козью шерсть, получаемую путем стрижки весной или летом с коз разных пород и их помесей.

Козью шерсть подразделяют по группам тонины: на однородную 1-й группы с длиной волокна от 100 мм и более и 2-й группы с длиной волокна до 100 мм, неоднородную полугрубую от помесей шерстных коз и от пуховых коз и их помесей, неоднородную грубую полупуховую (состоит из грубой ости с наличием пуха от 25% до 40% массы шерсти) и остевую (состоит из грубой ости, с наличием пуха менее 25% массы шерсти). Также шерсть подразделяют по виду засоренности на малозасоренную и сильнозасоренную; по цвету на белую, светло-серую и цветную.



ГОСТ 5108 [24] распространяется на кассированную немытую верблюжью шерсть, получаемую во время линьки или стрижки верблюдов.

Верблюжья шерсть подразделяется по качеству — на I, II, III (грива) классы и свалок, а также по состоянию - на нормальную и сорно-репейную. Данная шерсть по цвету не подразделяется.

Класс шерсти устанавливается в зависимости от тонины волокон, длины и соотношения волокон различных типов: пуховых, переходных и остевых, наличия сухих и мертвых волокон.

ГОСТ 13612 [25] распространяется на шерсть-линьку, собранную в течение года при чистке и вычесывании шерсти крупного рогатого скота и лошадей всех пород, породных групп и их помесей.

В СССР действовали нормы заготовки, согласно которым руно делилось на классы в соответствии с техническими свойствами шерсти. За основу оценки качества рунной шерсти были взяты те же основные признаки и свойства шерсти, что и в промышленных стандартах. Отличие заключалось в том, что, по заготовительным нормам эти признаки и свойства учитывались не во всем руне, а в преобладающей на его площади массе шерсти, и в значительно меньшем количестве признаков и свойств.

В результате для каждого вида шерсти установлено значительно меньшее количество классов, чем количество сортов промышленного стандарта для того же вида шерсти.

Заготовительные стандарты представляют собой официальный документ, опубликованный в виде отдельного издания за соответствующим номером. В данном документе представлено описание как классировать шерсть и на какие группы, по каким признакам, также приведена техническая инструкция по проведению классировки [26].

Можно отметить, что в требованиях стандартов учтены только требования к геометрическим размерам волокон, а также к цвету и засоренности, но не учитываются более детальные параметры внешнего вида волокна, такие как, например, размеры чешуек, что также определяет породу животных.

### 1.3. Применение химических методов идентификации шерсти

Все методы идентификации волокон делятся на качественные и количественные. Существуют следующие методы идентификации шерстяных волокон:

1. Визуально по внешнему виду при микроскопии;
2. По характеру горения и остатку после него;
3. Химические методы, основанные на растворимости волокон в различных реактивах [27].

Химические методы анализа основаны на изучении результатов химических реакций текстильных материалов под воздействием различных факторов, таких как химические реагенты, механические факторы, температура, давление, деформация и трение и т. д., которые приводят к химическим превращениям в виде модификации и деструкции. Химические превращения проявляются непосредственно в ходе воздействия в виде растворения, изменения внешнего вида, окрашивания и т. д. или при последующем анализе с помощью микроскопии, спектрального анализа [28].

Если не требуется точно определить какой конкретно вид волокна из данного класса, то производится идентификация по растворимости в различных реактивах. Растворимость шерсти в различных реактивах приведена табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Растворимость шерстяных волокон в реактивах

Растворитель	Условия обработки	Шерсть
1	2	3
	Холодная	Н
	Кипящая	Р
	Холодная	Х
	Кипящая	Х
	Холодная бн.	Х
Азотная кислота концентрированная	Кипящая	Р
Раствор едкого натра 40%-ного	Кипящий	Р
Раствор соды 10%-ный	Кипящий	Н
	Холодная	Н

1	2	3
	Кипящая	Н
Муравьиная кислота 98 - 100%-ная	Холодная	Н
	Кипящая	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
Этилендиамингидрат	Холодный	Н
	Кипящий	Раз
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	Холодный	Н
	Кипящий	Н
	93 - 94°C	Н
Крезол (мета)	Холодный	Н
	Кипящий	Р
	Холодный	Р
NaOH 5%-ный	Кипящий	Р

В таблице приняты обозначения: Р - растворяется, Раз - растворяется в слабом растворе, Н – не растворяется, Х – растворяется на холоде

Шерстяные волокна могут быть распознаны по их растворимости в соляной кислоте и едком кали (табл. 1.2).

Таблица 1.2 - Растворимость природных волокон в реактивах

Реактив	Содержание, %	Температура	Шерсть
Соляная кислота	Концентрированная	Кипящая	Р
Едкое кали	40%-ный	Кипящее	Р

Если необходимо идентифицировать волокна шерсти в смеси в готовом изделии, то применяется метод распознавания волокон при помощи цветных реакций, который целесообразно применять для неокрашенных текстильных материалов или окрашенных в светлые тона. Интенсивно окрашенные материалы предварительно обесцвечиваются в растворе гидросульфита (2 - 3 г/л) и слабым раствором азотной кислоты (0,05 - 0,1н), а затем промываются горячей и холодной водой [28].

Распознавание волокон колористическим методом проводят на неаппретированных неокрашенных образцах, а также не содержащие замасливатель. Так, например, все белковые волокна, в том числе и шерсть, при помещении в концентрированную азотную кислоту и нагревании на паровой бане окрашиваются в желтый цвет (ксантопротеиновая реакция).

Распознавание волокон может проводиться и по равновесной влажности, которую определяют эксикаторным методом. Равновесная влажность волокон шерсти при температуре 20°C и относительной влажности воздуха 65% составляет 13—15 %

Приведенные выше схемы идентификации относятся к систематическому качественному анализу волокнистого состава текстильных материалов. Однако существуют регламентированные методы качественного анализа текстильных материалов. Они зафиксированы в форме национальных и международных стандартов [28, 29].

Так, например, действующим являются ГОСТ ИСО 1833 [29]. ГОСТ ИСО 1833 устанавливает методы количественного химического анализа различных двухкомпонентных смесей волокон. ГОСТ универсальный и применяется для различных текстильных материалов. Методы, установленные в данном нормативном документе, основаны на растворении одного компонента смеси. После удаления компонента нерастворимый остаток взвешивают; долю растворимого компонента вычисляют исходя из потери массы. Сначала удаляют волокно с наибольшей долей.

Для определения смеси одного белкового волокна и некоторых других волокон применяется метод, который заключается в следующем. Из известной сухой массы смеси удаляют белковое волокно путем растворения гипохлоритом натрия. Остаток собирают, промывают, сушат и взвешивают. Массу остатка вычисляют в процентах к сухой массе смеси. Массовую долю белкового волокна определяют по разности. Данный метод применим для белковых волокон: шерстяных, химически обработанных шерстяных, мохеровых, кашемировых, вторым компонентом могут являться хлопковое, медно-аммиачное, вискозное, высокомолекулярное, полиакрилонитрильное, поливинилхлоридное, полиамидное, полиэфирное, полипропиленовое и стекловолокно.

Если присутствуют несколько белковых волокон, то этим методом можно определить их общее количество без определения отдельных компонентов.

Метод определения компонентов в смеси джутового и некоторых животных волокон применим к шерстяным волокнам любого происхождения. В соответствии с указанным методом определяют массовую долю азота в смеси. Исходя из полученного результата массовых долей азота в двух компонентах, вычисляют долю каждого компонента.

В данном стандарте приведен метод идентификации компонентов смеси натурального шелкового волокна и шерстяного волокна или волокна из волос животных.

В соответствии с представленной методикой из сухой массы смеси удаляют натуральное шелковое волокно, для этого его растворяют 75 %-ной (по

массе) серной кислотой. Остаток собирают, промывают, сушат и взвешивают. Его массу вычисляют в процентах к сухой массе смеси.

Идентификация трехкомпонентных смесей определяется в соответствии с ГОСТ ИСО 5088 [30]. Методы количественного анализа смесей текстильных волокон основаны на двух процессах: ручном разделении и химическом разделении волокон по типам.

В табл. 1.3 приведены примеры типичных трехкомпонентных смесей и методы анализа двухкомпонентных смесей в соответствии с ГОСТ 1833, которые, могут быть использованы для анализа трехкомпонентных смесей.

Таблица 1.3 -Примеры типичных трехкомпонентных смесей

Номер смеси	Волокно — компонент смеси			Номер варианта	Раздел ГОСТ Р ИСО 1833, указывающий используемые реагенты
	1	2	3		
1	2	3	4	5	6
1	Шерстяное	Вискозное, медно-аммиачное, высокомолекулярное	Хлопковое	1 и/или 4	3 (гипохлорит натрия) и 5 (муравьиная кислота/хлористый цинк)
2	Шерстяное	Найлон 6 или 6,6 (полиамидное)	Хлопковое, вискозное, медно-аммиачное, высокомолекулярное	1 и/или 4	3 (гипохлорит натрия) и 6 (муравьиная кислота)
3	Шерстяное или натуральное шелковое	Поливинилхлоридное	Хлопковое, вискозное, медно-аммиачное, высокомолекулярное	1 и/или 4	3 (гипохлорит натрия) и 12 (сероуглерод/ацетон)
4	Шерстяное	Нейлон 6 или 6,6 (полиамидное)	Полиэфирное, полипропиленовое, полиакрилонитрильное, стекловолокно	1 и/или 4	3 (гипохлорит натрия) и 6 (муравьиная кислота)
5	Шерстяное или натуральное шелковое	Поливинилхлоридное	Полиэфирное, полиакрилонитрильное, полиамидное, стекловолокно	1 и/или 4	3 (гипохлорит натрия) и 12 (сероуглерод/ацетон)
6	Натуральное шелковое	Шерстяное	Полиэфирное	2	17 (серная кислота) и 3 (гипохлорит натрия)

Также на территории Российской Федерации действует серия стандартов ГОСТ Р ИСО 1833 [31], в которой для методики идентификации каждого вида волокон в двух- или трехкомпонентной смеси представлен отдельный нормативный документ. Текст этих документов совпадает с текстом ГОСТ ИСО 1833.

Можно отметить, что национальные стандарты на качественный анализ отсутствуют. Количественный анализ состава смешанных текстильных материалов, содержащих шерстяные волокна, представлен в ГОСТ 4659 [32] и ГОСТ 30387 [33].

В основу этих нормативных документов так же положен принцип растворения одного из компонентов смеси. Подготовка образцов к анализу и процедура анализа (очистка от загрязнений, сушка, охлаждение, взвешивание) очень близки к тем, которые описаны в стандартах ИСО. В случае анализа смесей, содержащих шерсть, в качестве экстрагирующего жировые загрязнения растворителя в отечественных ГОСТ используется этиловый спирт. Согласно ГОСТ 4659-79 для растворения (удаления) шерсти из двухкомпонентной смеси используют обработку 5%-ным раствором NaOH при температуре  $98 \pm 2$  °C (если второй компонент хлопок или вискозное волокно, и при температуре  $70 \pm 2$  °C, если вторым компонентом является синтетическое (полиамидное, полиэфирное, полиакрилонитрильное) волокно в течение 30 мин при модуле 40.

В случае трехкомпонентной смеси, содержащей помимо шерсти полиамидное, вискозное или хлопковое волокна, сначала путем щелочной обработки удаляют шерсть, а затем полиамидное волокно удаляют из остатка обработкой 85% раствором муравьиной кислоты в течение 15 мин. При температуре  $23 \pm 2$  °C и модуле 40.

Анализ четырехкомпонентной смеси, содержащей шерсть, полиэфирное или полиакрилонитрильное, полиамидное и вискозное или хлопковое волокна проводят по схеме трехкомпонентной смеси: последовательная обработка в NaOH (5%-ный), в растворе (85%) муравьиной кислоты, 60%-ным раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При такой последовательности сначала удаляется шерсть, затем

полиамидное и в конце целлюлозное волокна и в остатке остаются полиэфирные или полиакрилонитрильные волокна.

Во всех анализах смесей, содержащих шерсть, процедура обработки всеми реагентами (декантация, промывка, отсос, нейтрализация, сушка и т. д.) очень близки к тем, которые описаны в стандартах ISO.

В ГОСТ 30387, распространяющийся на трикотажные полотна и изделия, шерстяные волокна в различных смесях идентифицируются в соответствии с ГОСТ 4659.

За рубежом также проводились исследования по разработке методик идентификации волокон шерсти различных животных. Главным образом, эти методики сводились к изучению внешнего вида волокон под микроскопом.

Объективный метод был разработан для идентификации кашемира и шерсти яка. Применялось ферментативное расщепление кератина, извлеченного из этих волокон и пептидный анализ с помощью жидкостной хроматографии или масс-спектрометрии. Данный метод позволяет не только провести качественный анализ наличия волокон, но и оценить количественное содержание [34].

В работе Ф.-Х. Вортмана [35] количественный анализ смеси волокон изучался методом сканирующей электронной микроскопии, которая использовалась как альтернатива световой микроскопии.

Полученные в работе результаты подтверждают, что световая микроскопия, не является объективной и легко воспроизводимой для анализа шерсти, и смеси с ней, так как показывают значительную погрешность из-за освещения.

Идентификация шерсти различных животных может проводиться и по соотношению длины и тонины [36].

Идентификация волокон животного происхождения может проводиться с помощью сканирующего электронного микроскопа по изменению в морфологии поверхности волокна [37].

Для идентификации кашемира с помощью микроскопа были получены проекции кривых, характеризующих волокна. Далее были определены числовые



характеристики с помощью прямого геометрического описания и дискретного вейвлет-анализа. Экспериментальные результаты показали, что проекции кривых могут быть использованы в качестве математических моделей для автоматической идентификации кашемира [38].

При анализе смеси волокон мохера и кашемира, овечьей шерсти целесообразно использовать метод сканирующей электронной микроскопии, но только при условии равенства компонентов смеси и круглого сечения волокон. Также данный метод можно использовать для идентификации шерсти ангорского кролика, плотность которой составляет  $1,15 \text{ г/см}^3$ .

Идентификация волокон в смеси основывается также на ярко выраженной разнице в масштабах чешуек для мохера и шерсти, которая легко обнаруживается с помощью сканирующего электронного микроскопа [39, 40].

Новый подход к задаче идентификации различных волокон животного происхождения основан на применении моноклональных антител. Моноклональные антитела «анти-кашемир» были получены путем иммунизации мышей промежуточными белками, выделенными из кашемира, очищенными методом электрофореза [41].

Можно отметить, что все методы идентификации имеют недостатки. Например, методы химической идентификации волокон шерсти основаны на свойствах кератина реагировать на различные реактивы. Однако данные методы не учитывают вид шерстяного волокна, породу и вид животных, с которых данные волокна были получены. Методы микроскопии основаны на обнаружении морфологических признаков, отличающих шерстяные волокна от ряда других, например, обнаружение чешуек или высота волны извитости. Однако порода и вид животных также не учитывается.

#### **1.4. Использование для идентификации шерсти методов секвенирования**

Среди распространенных методов идентификации не существует общепризнанной методики, позволяющей по внешнему виду или по

растворимости в различных реагентах определить не только принадлежность волокна к белковым, но и определить вид животного, с которого эти волокна были получены. В связи с этим возникает необходимость в применении методов для более детальной идентификации.

Для каждого вида животных характерны различия в генетике. Для более детальной идентификации волокон шерстяного покрова животных целесообразно изучить строение белка кератина с точки зрения последовательности нуклеотидов в молекуле, то есть использовать методы секвенирования.

Классические методы:

1. Секвенирование методом терминации цепи с помощью капиллярного электрофореза.

2. Пиросеквенирование ДНК.

Для удешевления процедуры секвенирования и увеличения ее производительности новые методы заключаются в секвенировании миллионов ее фрагментов одновременно, то есть получение нуклеотидных последовательностей целых геномов.

Методы секвенирования ДНК нового поколения:

1. Высокопроизводительное пиросеквенирование ДНК.

2. Секвенирование на молекулярных кластерах с использованием флуоресцентно меченных предшественников.

3. Циклическое лигазное секвенирование

4. Полупроводниковое секвенирование.

Методы секвенирования третьего поколения (NNGS) призваны исправить основные недостатки методов второго поколения, а именно: сложную пробоподготовку, малую длину одиночных прочтений, необходимость амплифицировать сигнал от каждого из анализируемых фрагментов ДНК путем амплификации, длительный цикл время и необходимость многократного повторного секвенирования.

Методы секвенирования новейшего поколения:

1. Технология секвенирования одной молекулы.
2. Секвенирование единичных молекул в реальном времени.
3. Секвенирование через нанопоры [42].

Исследования в области анализа строения ДНК волокон шерсти проводились, главным образом, за рубежом. Исследование ДНК аналитическим методом позволяет однозначно идентифицировать кашемир, тонкую шерсть, шерсть яка и верблюжью шерсть (двугорбый верблюд, дромадер), как в необработанном, так и в обработанном виде (мытая, отбеленная, окрашенная шерсть), а также волокон в смеси [43].

Также для количественной оценки смеси кашемира и овечьей предложен метод для количественной оценки смешанного кашемира и других видов шерсти на основе исследования митохондриальной ДНК [44].

В отечественной науке и практике шерстоперерабатывающими организациями применение методов секвенирования для идентификации волокон шерсти различных животных практически не применяется, что в ряде случаев приводит к существенным потерям качества и количества производимой продукции.

### **1.5 Актуальность идентификации шерсти для рационального выбора параметров оборудования и заправок**

Волокна шерсти различных животных имеют различные геометрические характеристики, а также механические свойства, соответственно, это будет оказывать влияние на качество пряжи и, как следствие, на качество готового изделия. Для шерсти, не прошедшей процедуру идентификации, может быть неправильно подобрана система прядения, что приведет к изготовлению некачественной пряжи. Также процедура детальной идентификации позволяет исключить фальсификацию при изготовлении изделий.

Система прядения и вид используемого сырья выбираются в зависимости от требований, предъявляемых к пряже. Так, например, грубогребенное

прядение используется для получения плотной и жесткой пряжи. Для ее производства применяются длинные и грубые волокна. В тонкогребенном прядении используется тонкая шерсть средней длины. В результате получается тонкая пряжа. Полугребенная система прядения позволяет использовать грубую и полугрубую шерсть средней длины. В результате получается полугребенная пряжа, которая по внешнему виду похожа на гребенную. При аппаратном прядении, в состав шерстяных волокон могут входить: заводская шерсть, восстановленная шерсть, хлопок, штапельные волокна. Штапельная пряжа, благодаря равномерности волокон, по длине и толщине получается ровной и гладкой [7].

Таким образом, точно зная вид и породу животных, с которых получена шерсть, можно более рационально выбрать параметры оборудования и заправок.

### **Выводы по главе 1**

1. Выявлено, что для классификации волокон шерсти используются различные признаки, такие как вид животного, геометрические размеры волокна, параметры его строения. Также существует торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация и классификация по различным кодам (ТН ВЭД, ОК ВЭД 2). Однако в классификациях по различным кодами практически не выделены группы по видам животных

2. Установлено, что во всех видах классификации учитываются геометрические размеры самого волокна, но не предусмотрены такие классификационные признаки, как, например, размеры чешуек и другие параметры внутреннего строения, что осложняет работу при входном контроле на предприятии, так как априори предполагается, что известен вид животного, но не всегда указана порода.

3. Выявлено, что качество шерсти оценивается по национальным стандартам вида технических условий. В требованиях стандартов учтены только требования к геометрическим размерам волокон, а также к цвету и засоренности,

но не учитываются более детальные параметры внешнего вида волокна, такие как, например, размеры чешуек, что также определяет породу животных.

4. Установлено, что идентифицировать волокна шерсти можно по внешнему виду, характер горения и растворимости в различных реактивах. Также существуют регламентированные методы качественного анализа текстильных материалов. Они зафиксированы в форме национальных и международных стандартов. Среди распространенных методов идентификации не существует общепризнанной методики, позволяющей по внешнему виду или по растворимости в различных реагентах определить не только принадлежность волокна к белковым, но и определить вид животного, с которого эти волокна были получены. В связи с этим возникает необходимость в применении методов для более детальной идентификации.

5. Работы по применению методов секвенирования для идентификации волокон шерсти проводились за рубежом. В отечественной науке и практике методы секвенирования для идентификации волокон шерсти различных животных практически не применяются

6. Волокна шерсти различных животных имеют различные геометрические характеристики, а также механические свойства, соответственно, это будет оказывать влияние на качество пряжи и, как следствие, на качество готового изделия. Для шерсти, не прошедшей процедуру идентификации, может быть неправильно подобрана система прядения, что приведет к изготовлению некачественной пряжи. Также процедура детальной идентификации позволяет исключить фальсификацию при изготовлении изделий. Точно зная вид и породу животных, с которых получена шерсть, можно более рационально выбрать параметры оборудования и заправок.

## ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЕКВЕНИРОВАНИЯ И СРАВНЕНИЕ ИХ С ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЛОКОН

### 2.1 Идентификация шерсти стандартными методами

В качестве объектов исследования были выбраны 10 образцов волокон шерсти различных животных (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристика объектов исследования.

Номер образца	Название шерсти	Вид	Содержание волокон, %	Замасливатель, %
1	Шерсть альпаки «бейби»	волокно	100	0,13
2	Шерсть альпаки «светло-коричневая»	топс	100	0,27
3	Шерсть альпаки «Перуанская»	волокно	100	0,09
4	Верблюжья шерсть	волокно	100	0,15
5	Козий пух	волокно	100	0,29
6	Козья шерсть	волокно	100	0,47
7	Овечья шерсть (меринос)	волокно (топс)	100	0,49
8	Овечья шерсть «Смеска №1»	пряжа	80 имп. 20 отеч.	0,55
9	Овечья шерсть «Смеска №2»	пряжа	70 (80 имп. 20 отеч.) 30 вискоза	0,34
10	Шерсть яка	пряжа	100	0,21

Для каждого образца волокон по стандартным и общепринятым методикам были определены показатели физико-механических свойств [45-48]. Результаты испытаний приведены в табл. 2.2.

Можно отметить, что наибольшим диаметром обладает козий пух, а наиболее тонкими волокнами являются шерсть яка и альпаки бейби. Наибольшую неравномерность по диаметру имеет верблюжья шерсть, наиболее равномерными по тонине являются волокна шерсти альпаки бейби. Наибольшей прочностью обладают волокна верблюжьей шерсти, они также наиболее вытягиваются в момент разрыва. Наименьшую прочность имеют волокна козьей шерсти и меринуса.

Таблица 2.2 – Результаты определения физико-механических свойств исследуемых шерстяных волокон

Наименование показателя	Обр. №1 Шерсть альпаки «Бейби»	Обр. №2 Шерсть альпаки «светло-коричневая»	Обр. №3 Шерсть альпаки «Перуанская»	Обр. №4 Верблюжья шерсть	Обр. №5 Козий пух	Обр. №6 Козья шерсть	Обр. №7 Овечья шерсть (меринос)	Обр. №8 Овечья шерсть «Смеска №1»	Обр. №9 Овечья шерсть «Смеска №2»	Обр. №10 Шерсть яка
Диаметр, мкм	20,8	24,4	25,7	22,8	26,3	21,0	23,4	21,6	24,8	20,7
Неровнота по диаметру, Ст %	22,0	29,0	28,9	44,4	35,4	41,6	24,7	28,7	25,4	31,2
Линейная плотность, текс (пересчет)	0,448	0,598	0,684	0,539	0,818	0,457	0,548	0,514	0,525	0,429
Линейная плотность, текс	0,442	0,692	0,679	0,559	-	0,511	0,554	0,520	0,531	0,516
Разрывная нагрузка одиночного волокна, сН	9,54	11,24	11,3	20,36	15,12	7,73	7,2	7,8	7,5	12,9
Разрывное удлинение, %	43,5	40,2	40,9	45,4	43,2	39,9	38,1	36,8	39,4	37,9
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	21,6	18,8	16,6	37,8	21,1	16,9	13,1	12,8	13,4	30,1
Извитость, извитков на 30мм	5,4	3,3	3,3	3,1	2,1	1,7	7,3	7,8	7,1	-
Коэффициент трения волокна/волокну	0,233	0,224	0,244	0,306	0,225	0,239	0,321	0,325	0,327	-
волокна/металлу	0,210	0,172	0,203	0,204	0,187	0,193	0,229	0,227	0,225	-

Наименьшее относительное удлинение наблюдается у волокон шерсти яка. Наименьшая относительная разрывная нагрузка отмечается у волокон меринуса, так как данные волокна имеют низкую прочность при относительно большом диаметре.

Оптимальное соотношение прочности и диаметра наблюдается у волокон шерсти верблюда, поэтому данное волокно имеет наибольшую относительную разрывную нагрузку.

Наиболее извитыми являются волокна шерсти альпаки бейби, в то время как шерсть яка не имеет извитости.

Коэффициент трения волокна по волокну имеет более высокие значения, чем при трении волокна по металлу, это связано с наличием чешуек у волокон, которые при скольжении могут сцепляться, и создается дополнительное усилие, чтобы преодолеть возникшее сопротивление. Также чешуйки волокон шерсти имеют разную форму и размеры, что приводит к разнице в величине коэффициента трения. Металл имеет более гладкую поверхность, поэтому коэффициент трения волокна по нему достаточно низкий. Наибольшим коэффициентом трения волокна по волокну обладает шерсть меринуса, а наименьшие значения имеют волокна шерсти альпаки светло-коричневой и козьего пуха. Шерсть меринуса также имеет наибольшее значение коэффициента трения волокна по металлу, а наименьшей величиной обладает шерсть альпаки светло-коричневой.

В лаборатории ООО «СЕРНИЯ» при помощи микроскопа FEI Inspect S при увеличении 1500-3000 были сделаны снимки волокон шерсти меринуса, козы, яка, верблюда и альпаки. На рис. 2 и 3 показано, что отличить по внешним признакам, например, шерсть меринуса и яка затруднительно. Также сложно найти отличия и у шерсти других животных, так как исследовании внешнего вида под микроскопом видно только наличие чешуек и сердцевинного слоя, что подтверждает принадлежность волокон к натуральным животного происхождения, т.е. волокна являются шерстью (табл. 2.3) [49].



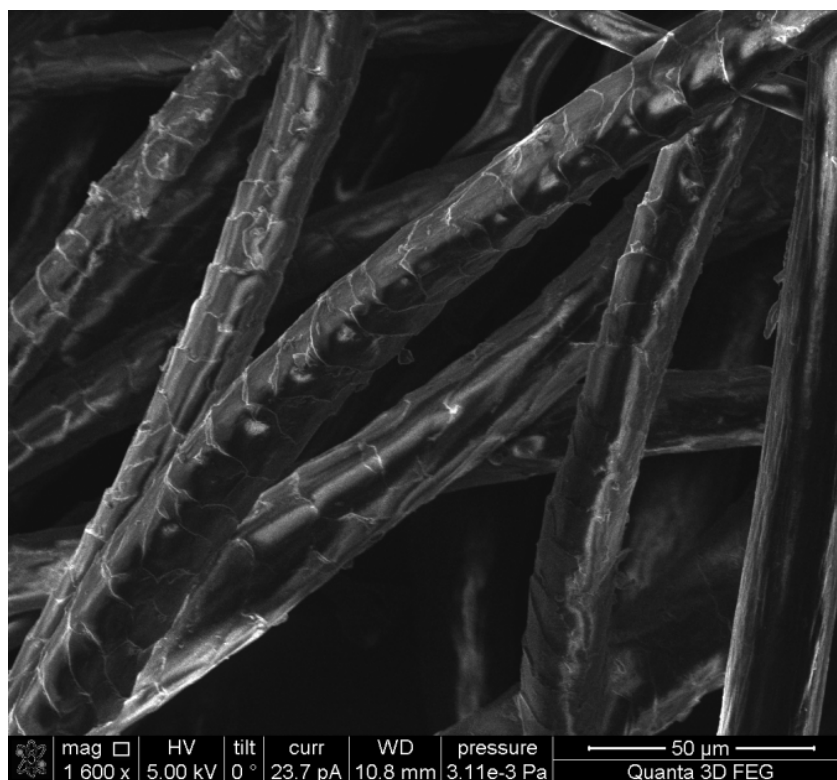


Рисунок 2.1 - Снимок шерсти мериноса под микроскопом при увеличении 1600

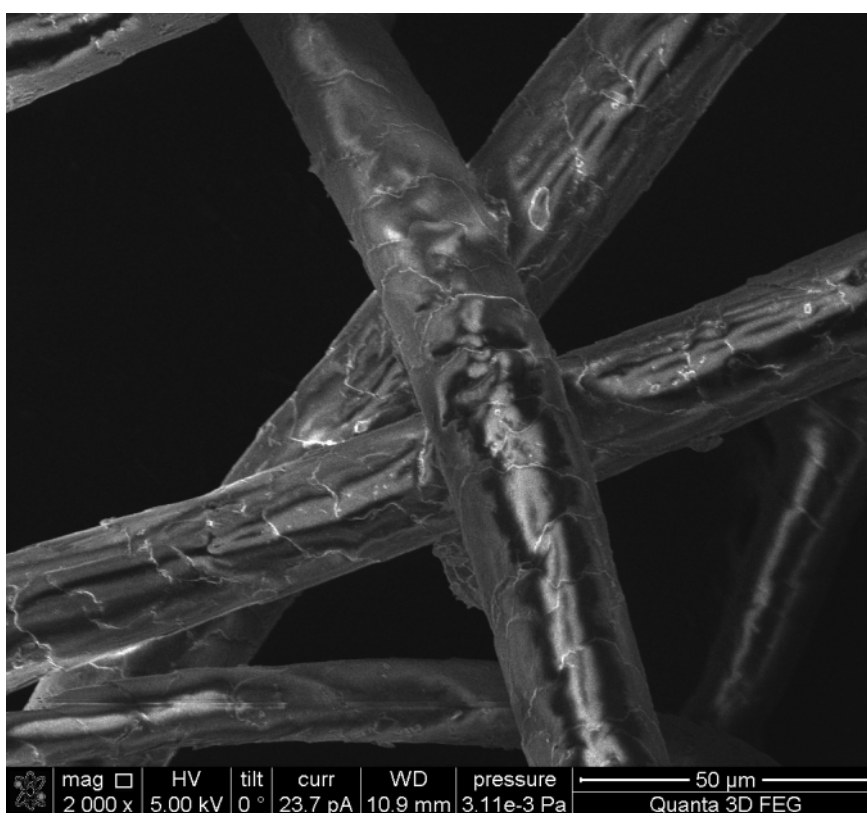
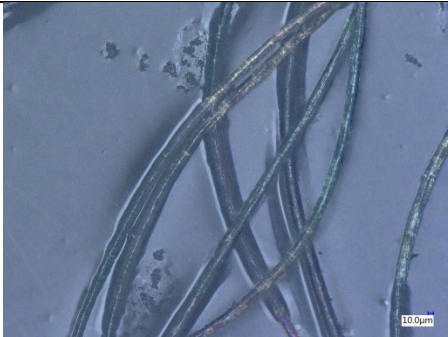
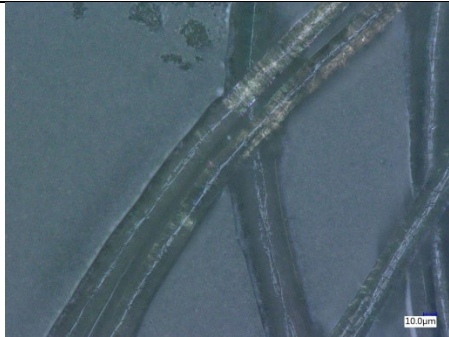
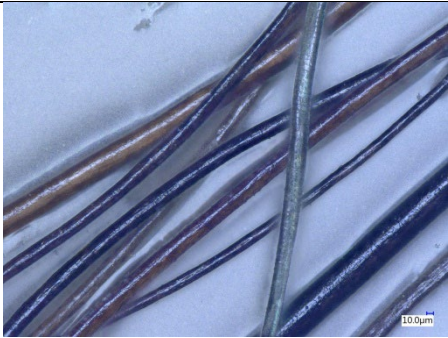
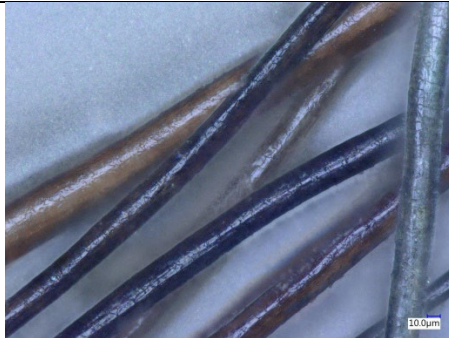
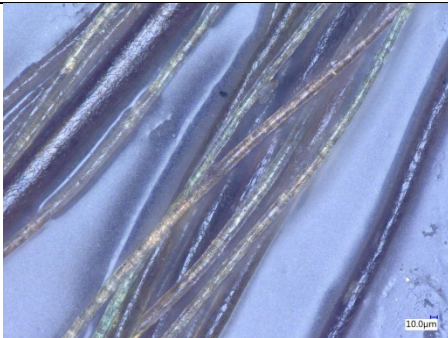
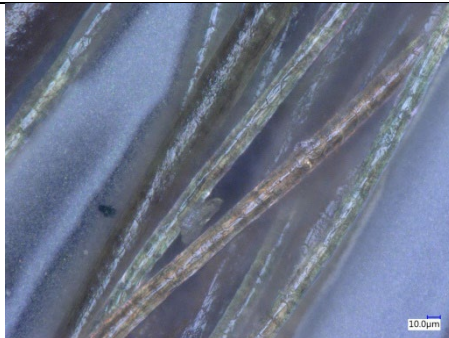
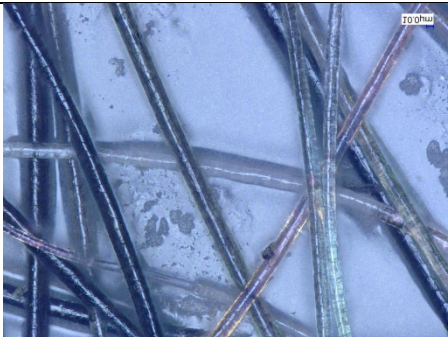
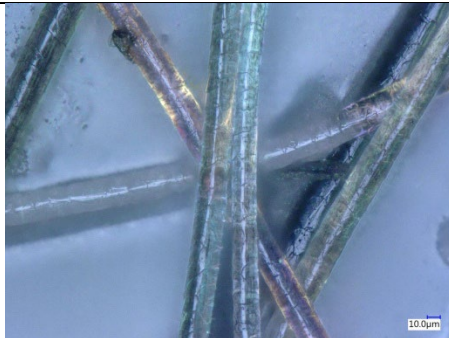
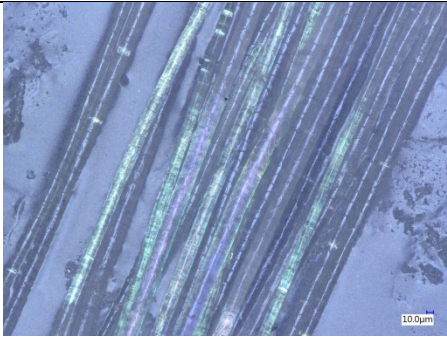
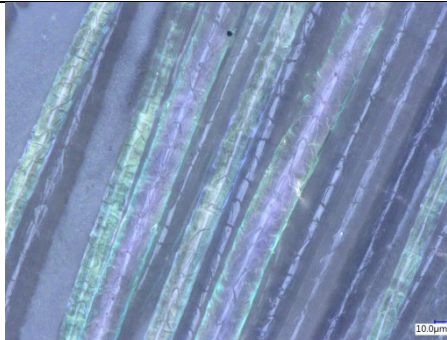
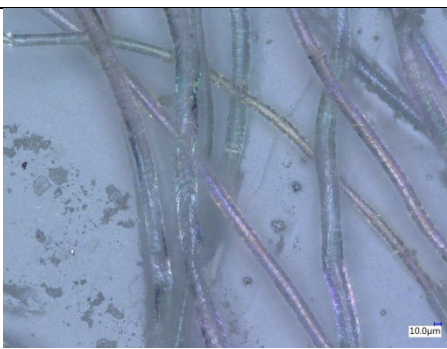
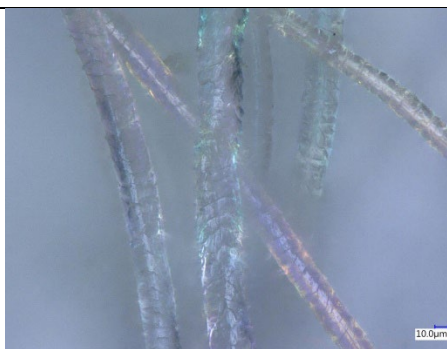
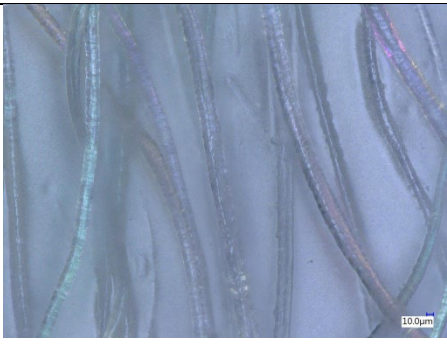
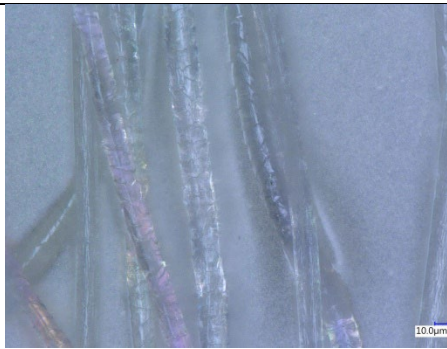
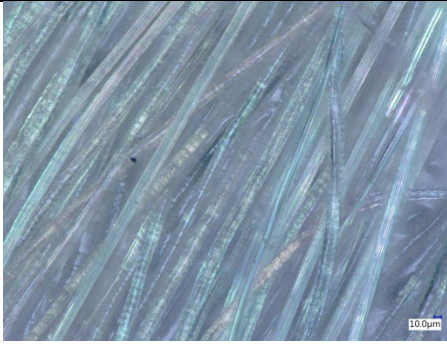


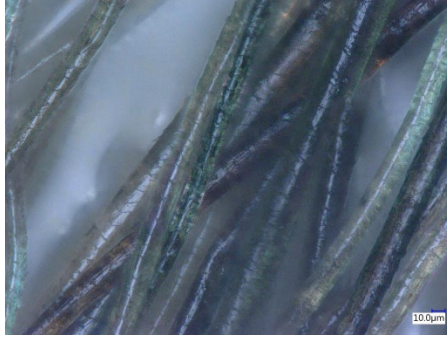


Рисунок 2.2 - Снимок шерсти яка под микроскопом при увеличении 2000

Таблица 2.3 – Фотографии волокон, полученные с помощью электронного микроскопа

Наименование образца	Увеличение	
	500 раз	1000 раз
Обр. №1 Шерсть альпаки «бейби»		
Обр. №3 Шерсть альпаки «Перуанская»		
Обр. №4 Верблюжья шерсть		
Обр. №5 Козий пух		



<p>Обр. №6 Козья шерсть</p>		
<p>Обр. №7 Овечья шерсть (меринос)</p>		
<p>Обр. №8 Овечья шерсть «Смеска №1»</p>		
<p>Обр. №9 Овечья шерсть «Смеска №2»</p>		
<p>Обр. №10 Шерсть яка</p>		

Традиционные методы определения состава текстильных материалов, основанные на световой микроскопии, электронно-лучевой микроскопии, методах растворения, не позволяют в некоторых случаях точно определить, шерсть какого животного использовалась, и практически во всех случаях детерминировать конкретный вид и породу [49].

## **2.2. Идентификация волокон шерсти с помощью прибора OFDA**

Тонина шерсти в руне может отличаться у разных животных, одним из важных качеств у баранов является уравнивание шерсти по руно. Для тестирования отбирают образец с бока, до настоящего времени проверка тонины шерсти осуществлялась с помощью ланометра, этот процесс измерения очень трудоемкий и медленный. Поэтому для определения уравнивания руна по тонине сравнивают только два участка: бок и ляжка [119].

Лаборатория испытаний и сертификации шерсти ФГБНУ «ВНИИПлем» имеет оборудование (OFDA 2015 Australia), позволяющее достаточно быстро измерять тонины шерсти и получать данные измерений, ранее недоступные заводчикам. Поэтому лаборатория для каждого племенного животного готова провести испытания по всем топографическим участкам руна, чтобы полученные данные объективно показали преимущества и недостатки по тонине. Предлагается взять образцы шерсти с шести топографических участков руна для объективной оценки.

Показатели прибора OFDA

Название племенного хозяйства

От какой части руна отобраны образцы

Пол и возраст животных, год

Diameter – средний диаметр (тонина) шерсти, мкм

SD – стандартное отклонение диаметра, мкм

CV – коэффициент вариации, %

CE – разница между диаметром верхних 5% волокон и средним диаметром, мкм

Comfort – комфорт-фактор (удельный вес волокон диаметром 30 мкм и менее), %

% <15 мкм – количество волокон диаметром менее 15 мкм, %

Spin fineness, мкм

Curve – извитость, град/мм

Curve SD – стандартное отклонение извитости, град/мм

Num fibers – количество протестированных волокон

Staple length – длина штапеля, мм

Finest from tip – расстояние от верхушки штапеля до места с минимальной тониной, мм

Mean diam ends – средний диаметр концов штапеля, мкм

Skin diam – диаметр волокон у основания штапеля, мкм

Min diam – минимальный диаметр волокон вдоль штапеля, мкм

Max diam – максимальный диаметр волокон вдоль штапеля, мкм

SD Along – стандартное отклонение волокон вдоль штапеля, мкм

SD Across – стандартное отклонение волокон поперек штапеля, мкм

Дополнительный термин, используемый в статистике рунной шерсти - тонина прядения (Spin Fineness):

Тонина прядения вычисляется в микронах и дает представление о том, как тонкая шерсть ведет себя во время прядения. Тонина прядения рассчитывается, используя показатели тонины шерсти (Diameter) и коэффициент вариации (CV) и показывает, насколько важно иметь низкий коэффициент вариации (CV), что позволяет волокну шерсти во время переработки показывать себя более тонким, чем есть на самом деле.

#### *Описание гистограмм*

- Горизонтальная ось гистограммы обозначает диаметр волокна (в микронах).

- Вертикальная ось обозначает % волокон.

Гистограмма шерсти показывает качество тонины шерсти, чем она выше и уже основание, тем более уравнена шерсть. Верхняя часть показывает максимальную среднюю тонины шерсти и максимальный удельный вес таких волокон [119].

#### *Описание графиков*

OFDA2000 исследует образец по всей длине и регистрирует среднее расстояние длины штапеля от кожи до среза волокна. По графикам можно увидеть изменения в микронах в течение двенадцати месяцев роста клеток для индикации изменений в состоянии здоровья, питания или физиологического состояния животного. Если на графике показана точка, в которой штапель внезапно становится более тонким, это может указывать на слабость и возможный разрыв волокна при переработке (часто называемый голодная тонины).

Чтобы использовать график (профиль) как инструмент, надо знать временной период между последними двумя стрижками для того, чтобы точно знать период, когда произошло увеличение или уменьшение тонины основной массы волокон.

Показатель 0 – это тонины шерсти сразу после стрижки, а крайний показатель тонины шерсти – это тонины перед стрижкой. Чем график ровнее, тем волокно более однородное вдоль штапеля, если гистограмма резко падает в низ – это говорит, что у животного тонины шерсти уменьшалась и животное болело. У некоторых баранов тонины шерсти во время благоприятного периода и периода болезни достигало 10 мкм [119].

#### *Сравнение полученных результатов исследования образцов шерсти*

При сравнении образцов шерсти, более высокие показатели среднего квадратического отклонения (SD) и коэффициента вариации (CV) показывает, что сравниваемая шерсть менее однородна при одинаковом среднем диаметре (Diameter) волокна. У такой шерсти значительно больше вариаций по всей выборке. Это доказывает важность показателей стандартного отклонения (SD) и

коэффициента вариации (CV) в дополнение к показателю средней тонины шерсти (Diameter) [119].

### **2.3. Разработка метода идентификации волокон шерсти путем секвенирования ДНК**

Важно отметить, что на каждом этапе переработки шерстяное волокно подвергается различным видам воздействий, в частности механическому, химическому, биологическому, при которых происходит как поверхностная деструкция волокна и его структуры, так и деградация на молекулярном уровне, что, в свою очередь, препятствует полноценной идентификации последовательности ДНК.

Таким образом, предлагается прогрессивный метод идентификации, основанный на секвенировании биоматериалов, индифферентный к технологическому виду продукции (волокно, топс, пряжа, ткани и т.д.), виду обработки (водо-, масло-, грязеотталкивающая, антисминаемая, огнезащитная и т.д.), воздействию красителя и т.д.

Цель указанного метода заключается в получении фрагмента около 500 п.о. с митохондриальной D-петли, используя более универсальный метод, чем описан в известных источниках [50-52].

В современной практике, видовая идентификация животного сырья проводится методом специфичной ПЦР [53-56]. Такой подход дает неплохие результаты в случае, если существует возможность выделить ДНК хорошего качества. Однако, при исследовании материалов с высокой степенью деградации ДНК (консервированных продуктов, обработанной кожи, текстиля) достоверность результатов такого анализа значительно ухудшается. Даже самые совершенные методы выделения и очистки нуклеиновых кислот позволяют получить из материалов, подвергшихся технологической обработке, только фрагментированную ДНК, которая пригодна для амплификации очень коротких (до 200 п.о.) последовательностей, для которых затруднительно создать систему

специфичной ПЦР [53-60]. В такой ситуации успешным может оказаться прямое секвенирование коротких последовательностей, амплифицируемых с универсальных праймеров [53-60].

Предлагаемый метод основан на определении первичной последовательности коротких фрагментов митохондриальной ДНК (мтДНК) и дальнейшего сравнительного анализа. ДНК митохондрий обнаружена у всех прокариотических организмов и представляет собой относительно короткую кольцевую цепь, которая хорошо изучена для многих групп растений, животных и человека. Анализ последовательности мтДНК широко используется в медицине, систематике и популяционной генетике [53-60].

Образцы шерсти и текстильной продукции, использованные при отработке протокола идентификации указаны в таблице 2.1.

Для конструирования праймеров использовали анализ по консенсусной последовательности митохондриальной ДНК составленной в результате сравнительного анализа последовательностей *Ovis aries* (GenBank: KF977846.1), *Bos grunniens* (GenBank: KR011113.1), *Capra hircus* (GenBank: KM233163.1), *Lama pacos* (GenBank: AJ566364.1), *Camelus dromedarius* (GenBank: EU159113.1), *Camelus bactrianus* (GenBank: EF212037.2) в программе ClustalW (приложения 1, 2). Были сконструированы две пары праймеров на консервативных для указанных видов участках мтДНК, MtDf1 GTGCCAGCCACCGCGGTTCATACGA MtDr1 GGTATСТААТСССAGТТТGG, ограничивающие участок 161 н.п. и Mtdf2 ACGTTAGGTCAAGGTGТААС MtDr2 GACGGGCGGTGTGTGCGTGCT, ограничивающие участок 150 н.п.

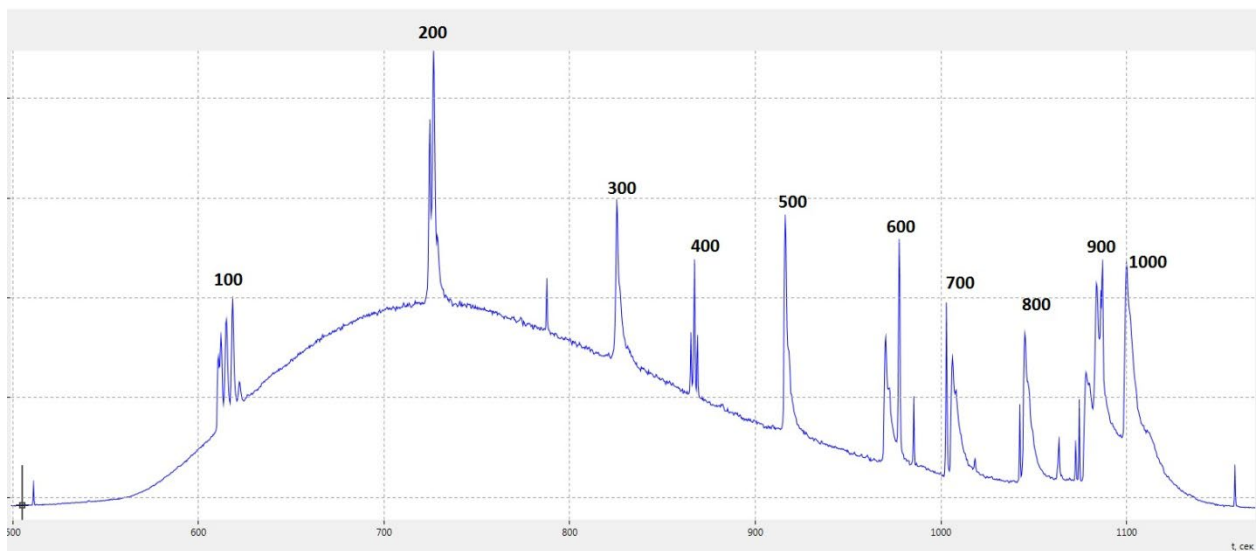
ДНК из образцов выделяли методом нуклеосорбции с помощью набора “СОРБ-ГМО-Б” (Синтол, Россия) с модификацией протокола. Фрагмент измельченного материала размером 0.5 см<sup>3</sup> переносили в 1.5 мл пробирки, затем заливали 700 мкл лизирующего раствора с добавлением дитиотрейтола до концентрации 1мМ и инкубировали 24 часа при 65°C, периодически перемешивая. Нерастворившийся осадок центрифугировали при 10 000 g 5 мин,



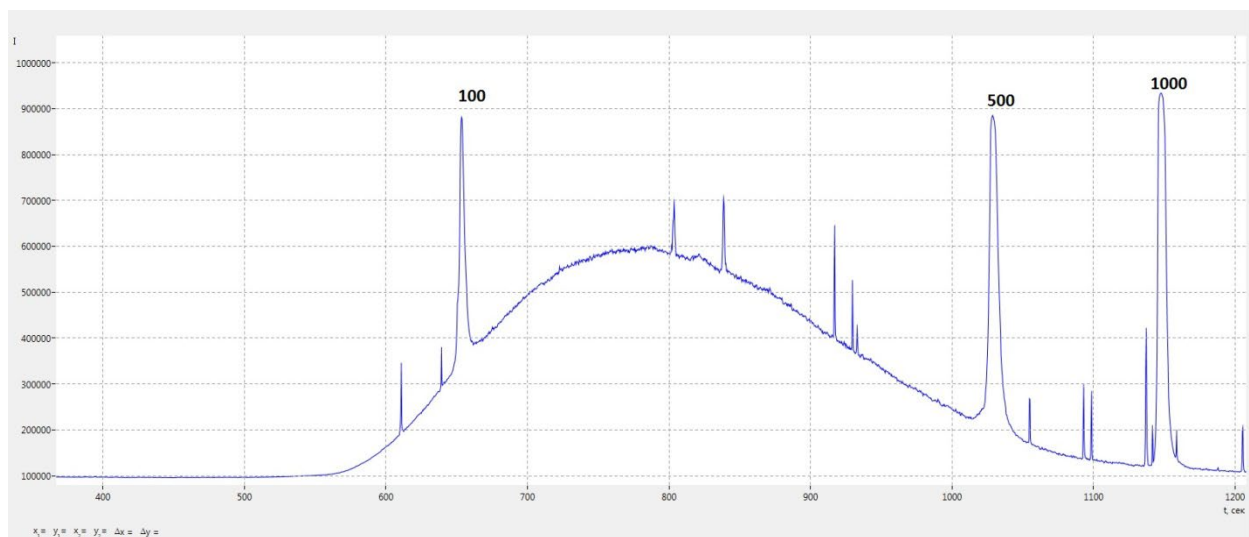
300 мкл супернатанта переносили в новые пробирки. Далее проводили сорбцию и отмывку ДНК по протоколу. ДНК элюировали в 30 мкл 1x TE-буфера.

ПЦР проводили в детектирующих амплификаторах АНК-32 (ИАП РАН/Синтол) и CFX-96 (Biorad, США) по программе: 95°C–3 мин, (95°C–10 с, 60°C–40 с) 45 циклов, 72°C–5 мин, с последующим плавлением для исключения ложноположительных результатов, связанных с димеризацией праймеров. Для проведения реакции брали 2.5x реакционную смесь с интеркалирующим красителем EVA Green и ингибированной антителами hot start Taq-ДНК полимеразой (Синтол, Россия), BSA 20 мкг, по 10 пмоль каждого праймера и по 3 мкл выделенной ДНК на реакцию. Накопление продукта фиксировали по возрастанию флуоресценции во время реакции. Для секвенирования отбирали образцы, имеющие температуру плавления в пределах 83-85°C. Так же определение можно проводить, используя электрофоретическую детекцию амплификации, отбирая образцы, содержащие ПЦР-продукт соответствующего размера. Ферментативную очистку ампликонов проводили смесью экзонуклеазы I (Thermo) и щелочной фосфатазы (СибЭнзим, Россия), первичную последовательность нуклеотидов получали на генетическом анализаторе ABI 3130xl (Applied Biosystems) по стандартному протоколу для набора BigDye Terminator v3.1. с прямым и обратным праймером.

Количество выделенной ДНК оказалось примерно одинаковым для всех образцов и не зависело от степени технологической обработки материала. От каждого образца получено 30 мкл раствора с концентрацией 10-12 нг/мкл ДНК и соотношением сигналов флуоресценции A260/A280 равным 1,85. Размеры фрагментов нуклеиновых кислот оценивалась путем электрофореза в неденатурирующих условиях, на капиллярном генетическом анализаторе «Нанофор-05М» (рис. 2.3). Для всех образцов максимум распределения длин детектируемых фрагментов составил 200 н.п., что подтверждает данные о значительной дегградации генетического материала уже на первых стадиях промышленной обработки сырья.



А.



Б.

Рисунок 2.3 - Хроматограммы капиллярного электрофореза препаратов геномной ДНК, выделенных из волокна (А) и пряжи (Б).

Результаты амплификации дополнительно оценивались путем электрофореза в агарозном геле (рис. 2.4). ПЦР-продукты ожидаемой длины были получены для всех образцов. Концентрации ампликонов составили от 10 до 80 нг/мкл, продукты неспецифической амплификации не обнаруживались. Все образцы признаны пригодными для секвенирования.

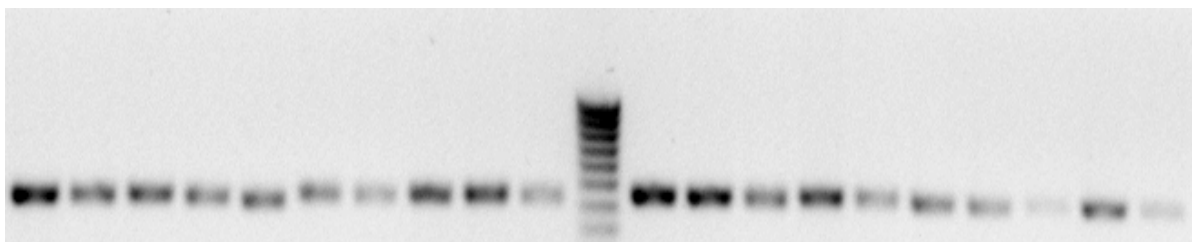


Рисунок 2.4 - Результат электрофореза в агарозном геле. Дорожки 1-10 ПЦР-продукт «1». Дорожки 12-21 ПЦР-продукт «2». Дорожка 11 – маркер молекулярного веса М100 (Синтол)

Полученные последовательности и их видовая принадлежность, определенная сравнительным анализом в генбанке NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) представлены в таблице 2. Видовая принадлежность всех исследованных образцов совпадает с предварительной информацией о происхождении материалов. Сложности с идентификацией возникли при работе с образцом «9», который представляет собой смесь двух видов шерсти различного происхождения с добавлением синтетического сырья. При амплификации этого образца получена смесь двух разных последовательностей. Поскольку прямое секвенирование такой смеси невозможно, для определения последовательности каждого фрагмента ПЦР-продукт был проклонирован в плазмиде рAL2-Т с помощью коммерческого набора для клонирования «Quick-TA kit» (Евроген). Секвенирование отдельных клонов позволила определить видовую принадлежность каждого компонента смеси.

Достоверность идентификации видовой принадлежности материала составила 100%. Разработанный протокол можно рекомендовать для выполнения подобных исследований в молекулярно-биологической лаборатории.

Разрабатываемая методика идентификации шерстяного сырья, основанная на ДНК секвенировании, позволяет довольно точно выявлять принадлежность продукта тому или иному виду даже после применения технологических

процессов, включая крашение и отделку, как известно, приводящих к значительной деградации последовательности ДНК. Суть уникальности разработанного метода заключается в выборе определенных праймеров для секвенирования, что значительно ускоряет процесс идентификации с сохранением точности определения видовой принадлежности животного [53]. Для выявленные характерных последовательностей были применены основные образцы шерсти, используемые в промышленных масштабах и принадлежащие альпаке (*Vicugna pacos*), верблюду бактриану (*Camelus bactrianus*), козе (*Capra hircus*), овце (*Ovis aries*) и яку (*Bos grunniens mutus*). Метод имеет некоторые преимущества по отношению к описанному у Керкгофа и др. [54] применительно к так называемым второстепенным или редким видам [13, 55-56] текстильного сырья в разрезе влияния воздействия технологической переработки, но созданной в искусственных условиях (*in vitro*).

Для того, чтобы доказать важность однозначной и исчерпывающей методики не только для исключения негативного эффекта от введения в заблуждение конечного потребителя, но и для производственной необходимости, авторами была проведена работа по исследованию физико-механических характеристик основных видов шерстяного сырья (см. табл. 5) и его влияние на производственные процессы, а также влияние на процессы отделки и крашения [53].

Метод полезен основным потребителям шерстяного волокна, а также конечному покупателю, так как исключает возможность фальсификации продукта, а кроме того, позволяет провести правильную настройку технологических процессов, прогнозирование выходов, выбора текстильно-вспомогательных веществ для придания определенных свойств при заключительной отделке и необходимость этого выбора [49].

## **2.4. Сравнение разработанного метода с существующими (преимущества и недостатки)**

Существующие общепризнанные и стандартные методы идентификации являются недостаточно точными и позволяют определить только одну характерную особенность шерсти в зависимости от поставленной задачи. Например, при микроскопии по наличию чешуек можно констатировать факт, что волокна являются шерстяными без указания породы животного и процентного содержания волокон в смеси.

По характеру горения, запаху и остатку после горения также можно определить только наличие шерсти, но не ее количество в смеси. Вид и порода животного также остаются неизвестными.

С помощью разработанного метода решается задача идентификации шерстяного волокна, полученного из продукции, подверженной технологическим процессам производства. Задача решается посредством метода секвенирования последовательности с предварительным выбором определенных праймеров, что с достаточной степенью точности позволяет получить результат [53]. Данный метод позволяет расшифровывать не всю молекулу ДНК, а лишь ее фрагмент длиной около 500 п.о. с митохондриальной D-петли, так как этого достаточно для считывания информации об исходном цвете волокон, породе и виде животных и т.д. Данный метод достаточно прост биохимически и позволяет легко выщепить фрагмент из молекулы ДНК. Полученная путем секвенирования информация о молекуле ДНК волокон шерсти, наиболее применяемой в производственных условиях, позволяет использовать ее как образцы для сравнения при проведении процедуры идентификации биоматериала. Он обладает достаточной точностью, не высокой стоимостью и простотой автоматизации. Недостаток данного метода заключается в использовании лабораторного оборудования, которое не всегда имеется в наличии на производственных предприятиях, однако данный метод может использоваться в условиях лабораторий.

## Выводы по главе 2

1. Установлено, что традиционные методы определения волокнистого состава текстильных материалов, основанные на микроскопии и химических методах, не позволяют точно определить, вид и породу животного, шерсть которого использовалась.

2. Разработан прогрессивный метод идентификации, основанный на секвенировании биоматериалов, индифферентный к технологическому виду продукции (волокно, топс, пряжа, ткани и т.д.), виду обработки (водо-, масло-, грязеотталкивающая, антисминаемая, огнезащитная и т.д.), воздействию красителя и т.д.

3. С помощью разработанного метода решается задача идентификации шерстяного волокна, полученного из продукции, подверженной технологическим процессам производства.

4. Уникальность разработанного метода заключается в выборе определенных праймеров для секвенирования, что значительно ускоряет процесс идентификации с сохранением точности определения видовой принадлежности животного.

5. Разработанный метод достаточно прост биохимически и позволяет легко выщепить фрагмент из молекулы ДНК.

6. Метод полезен основным потребителям шерстяного волокна, а также конечному покупателю, так как исключает возможность фальсификации продукта.

### **ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ НА ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКИ ПЕРЕРАБОТКИ**

#### **3.1. Выбор системы прядения в зависимости от идентифицированного вида шерстяных волокон**

Главная цель переработки шерстяных волокон – это получение пряжи. Для этого используется процесс прядения, который может проводиться различными способами.

От способа прядения зависит количество операций, входящих в процесс прядения. Наиболее простой — аппаратный. Наиболее длинные и грубые шерстяные волокна, перерабатываются способом грубогребенного прядения, в итоге пряжа получается плотная и жесткая. Тонкая шерсть средней длины идет в тонкогребенное прядение, в результате которого образуется тонкая пряжа со слегка пушистой поверхностью. Грубая и полугрубая шерсть средней длины может перерабатываться по системе полугребенного прядения (без гребнечесания). В результате получается полугребенная пряжа, внешним видом напоминающая гребенную. При прядении шерсти, волокна часто смешивают. При аппаратном прядении в состав шерстяных волокон могут входить: заводская шерсть, восстановленная шерсть, хлопок, штапельные волокна. Если происходит смешивание волокон при аппаратном прядении, то оно производится перед чесанием. Штапельная пряжа, благодаря равномерности волокон, по длине и толщине получается ровной и гладкой [61-68].

Процесс идентификации шерстяных волокон является важной процедурой перед выбором системы прядения, так как от этого напрямую зависит качество полученной пряжи и возможность ее переработки в готовое изделие. В табл. 3.1. приведен план технологических переходов производства пряжи АО «Троицкая камвольная фабрика», одного из передовых предприятий по переработке шерстяного волокна.

Таблица 3.1 - План технологических переходов производства пряжи для продажи населению  
на базе АО «Троицкая камвольная фабрика»

№ п/п	Наименование переходов	Виды технологических цепочек производства пряжи									
		ч/ш смеси меринос крашен.	ч/ш смеси меринос суров.	ч/ш смеси крашен.	ч/ш смеси суров.	п/ш смеси крашен.	п/ш смеси суров.	п/ш смеси меринос крашен.	п/ш смеси меринос суров.	п/ш смеси меринос крашен.	п/ш смеси меринос суров.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	Приемка кипного сырья	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2.	<i>Входной контроль качества сырья</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
3.	Рыхление и обеспылевание шерсти	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
4.	Замасливание смеси и вылеживание в смесовой башне	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
5.	<i>Кардочесание</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		(кардочес. апп. марки FOR)	(кардочес. апп. марки FOR)	(кардочес. апп. марки Thibeau)	(кардочес. апп. марки Thibeau)	(кардочес. апп. марки Thibeau)	(кардочес. апп. марки Thibeau)	(кардочес. апп. марки FOR)	(кардочес. апп. марки FOR)	(кардочес. апп. марки FOR)	
	Подготовка к гребнечесанию на ленточных машинах:										
	I переход	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	II переход	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	III переход	+	+	-	-	-	-	+	+	-	
7.	Гребнечесание	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
8.	<i>Ленточная тазовая</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9.	Ленточная I пер.	+	+	-	-	-	-	+	+	-
10.	Ленточная 2-кат.	+	+	-	-	-	-	+	+	-
11.	Повторное гребчесасание	+	+	-	-	-	-	+	+	-
12.	Ленточная тазовая	+	+	-	-	-	-	+	+	-
13.	Ленточная (бамс)	+	-	+	-	+	-	+	-	-
14.	Пресс (под крашение)	+	-	+	-	+	-	+	-	-
15.	Крашение	+	-	+	-	+	-	+	-	-
16.	Промывка и глажение	+	-	+	-	+	-	+	-	-
17.	Штапельрование химических волокон	-	-	-	-	+	+	+	+	+
18.	Подготовка ленты из хим. в-н к смешиванию (ленточная распуш.)	-	-	-	-	+	+	+	+	+
19.	Соединение ч/ш и хим. лент	-	-	-	-	+	+	+	+	-
20.	Ленточная I пер.	+	+	+	+	-	-	-	-	+
21.	Ленточная выпускная	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22.	Технологическое вылеживание топса	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Обработка ленты на ленточных машинах в прядильном цехе:									
23.	Меланжир	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24.	I переход	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25.	II переход	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26.	Прядение	+	+	+	+	+	+	+	+	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27.	Трошение и кручение пряжи	+	+	+	+	+	+	+	+	+
28.	Крашение пряжи	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.	Промывка и сушка пряжи	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30.	Запаривание крученой пряжи	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31.	Перемотка пряжи в мотки	+	+	+	+	+	+	+	+	+
32.	Контрольная разбраковка и упаковка товарной пряжи	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Как можно видеть из табл. 3.1, наибольшее количество операций необходимо провести при переработке чистошерстяной мериносовой пряжи, независимо от того, окрашенное волокно или суровое. Кардочесание аппаратом марки Thibeau, по сравнению с использованием кардочесального аппарата марки FOR, также снижает количество переходов прядильного производства. Процесс идентификации методом секвенирования позволяет более точно установить переходы технологической цепочки в зависимости от вида волокон, так как за счет дополнительной информации о геометрических размерах волокон, форме и размерах чешуек появляется возможность получить пряжу с улучшенными характеристиками без изменения параметров технологического оборудования и даже исключить некоторые переходы производственной цепочки, что положительно скажется на трудоемкости и временных затратах при производстве пряжи.

Контроль качества продукции по переходам в гребенном прядении представлен в приложении 3.

Результаты работы внедрены на фабриках АО «Троицкая камвольная фабрика» ООО «Русская шерстяная компания», акты внедрения в приложении 4.

### **3.2. Влияние результатов идентификации шерстяных волокон на процесс крашения**

Идентификация шерстяных волокон методом секвенирования существенно влияет на выбор параметров процесса крашения. Априорная информация о виде и породе животного позволяет выбрать тип и концентрацию красителя, а также режим крашения. Так, например, существенное влияние будет оказывать величина и форма чешуек шерстяного волокна, так как под плотно прилегающие чешуйки большого размера красителю проникать сложнее, поэтому чтобы добиться необходимой интенсивности окраски, придется увеличивать концентрацию красителя.

В работе проводилась окраска идентифицированных волокон. Она включала следующие переходы:

### 1. Подготовка красителя:

По заданному рецепту красители взвешивают и затирают в однородную пасту с небольшим количеством воды, заливают горячей водой. Заливка красителя в красковарки производится через сито.

Рецепт:

- глауберова соль – 3000 мл
- уксус (сульфат аммония) – 5000 мл
- краситель хромовый зеленый антрахиноновый – 4600 г
- краситель кислотный желтый К – 4000 г
- краситель Ланазоль темно- синий В-01 – 1800 г

### 2. Подготовка уксусной кислоты (сульфат аммония)

Перед заливкой уксусной кислоты в аппараты в специальной ёмкости готовится рабочий раствор кислоты: 99,6%-ую концентрированную кислоту разбавляют водой до 30%-ой концентрации.

### 3. Крашение.

Крашение производится на красильных аппаратах фирмы «ОВЕМ» под давлением.

Параметры работы аппаратов «ОВЕМ» ТСР-400

Наименование параметра	Значение
Загрузка аппарата, кг	480
Диаметр клубка, мм	420
Обогрев емкостей	Острым паром
Рабочая температура воды, °С	98
Максимальная температура, °С	142
Давление пара, бар	5

Режим крашения:

- 1) Обработка в растворе с моющим веществом для шерсти при температуре  $t = 98^{\circ}\text{C}$  в течение 30 минут.
- 2) Промывка горячей водой  $t = 60^{\circ}\text{C}$  в течение 20 минут.
- 3) Промывка холодной водой  $t = 30^{\circ}\text{C}$  в течение 10-15 минут.

4) Крашение швейцарскими красителями фирмы «HUNTSMAN», в присутствии 30%-го раствора уксусной кислоты при температуре  $t = 98^{\circ}\text{C}$  в течение часа.

5) Промывка в растворе моющего вещества для удаления остатков красителя.

Влияние результатов идентификации шерстяных волокон на процесс крашения оценивалось с помощью методов спектрометрии.

Различные виды спектрального анализа следует рассматривать с трех точек зрения.

1. По решаемым задачам:

- элементный;
- изотопный;
- молекулярный;
- структурный.

2. По применяемым методам:

- эмиссионный;
- комбинационный;
- рентгеновский;
- радиоспектроскопический.

3. По характеру полученных результатов:

1) качественный;

2) полуколичественный, или грубо-количественный, или приблизительный;

3) количественный.

Все эти виды анализа, за исключением качественных, используют упрощенные или точные методы фотометрии спектров.

По способу регистрации спектров различают следующие методы:

1. Визуальный при наблюдении спектров в видимой области с помощью простых или специализированных спектроскопов (стилоскоп, стилометр).

2. Фотографический, с использованием фотопластинки или пленки для записи спектров с последующей обработкой.

3. Фотоэлектрические для ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областей. Фотоэлектрические методы иногда называют методами прямого анализа, т. е. анализа без помощи фотопластинки.

4. Термоэлектрические устройства инфракрасного диапазона.

Рассмотренные выше виды спектрального анализа используют в качестве средства анализа спектры атомов или молекул. Для получения количественного значения концентрации необходимо также определить интенсивность этих характерных линий или полос (фотометрировать спектр), затем определить значение концентрации по зависимости между концентрацией и интенсивностью линий или полос. Эта зависимость должна быть получена либо на основании теоретических соображений, либо эмпирически в виде аналитической кривой, построенной на основе набора проб с заданными концентрациями (стандартов) [69-74].

Измерение цвета проводилось на спектрофотометре X-Rite Premier 8200 (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 - Спектрофотометр X-Rite Premier 8200

Спектрограммы приведены на рис. 3.2 – 3.12, на которых приняты следующие обозначения: b+ - желтый, b- - синий, L=100 – белый (светлый), L=0 – черный, a + - красный, a- - зеленый.

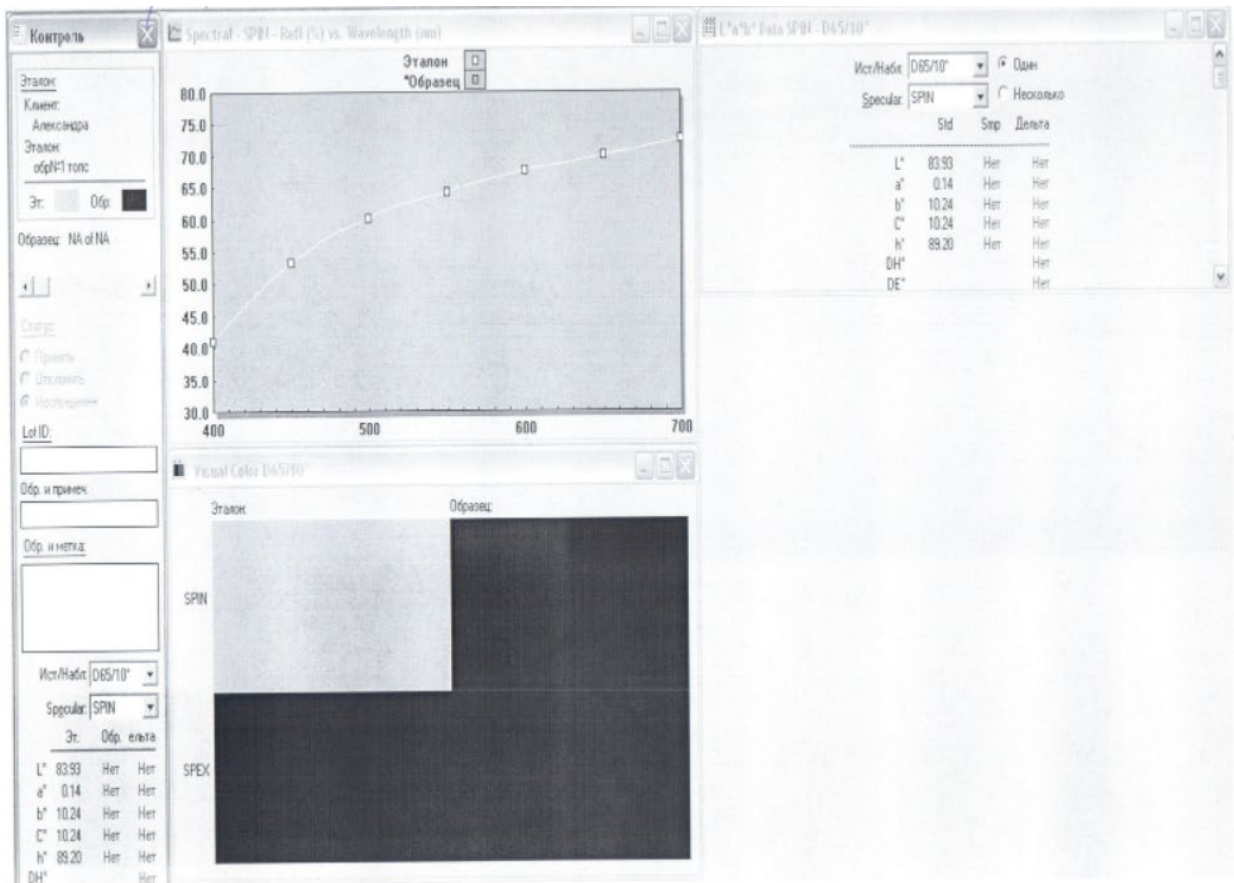


Рисунок 3.2 - Спектрограмма неокрашенной шерсти Альпаки «Бейби»

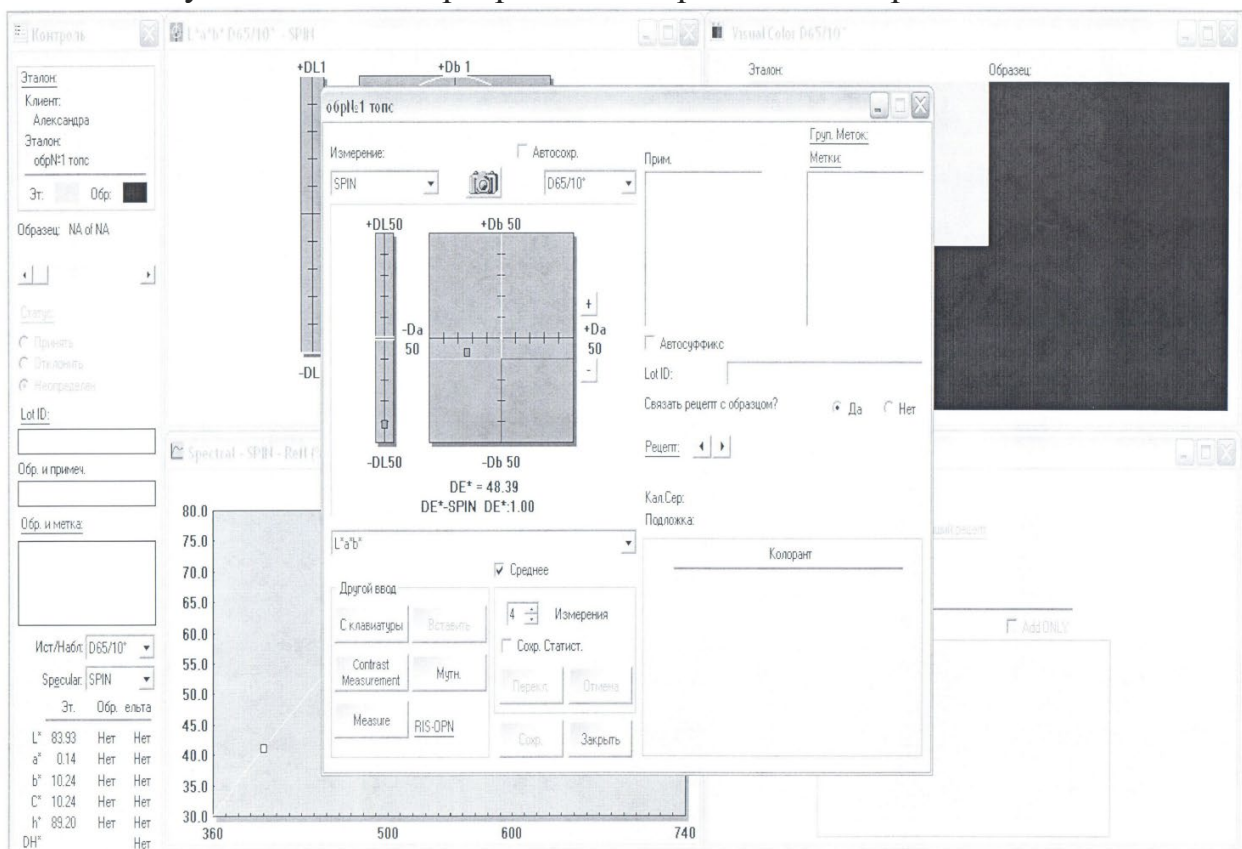


Рисунок 3.3 - Спектрограмма окрашенной шерсти Альпаки «Бейби»

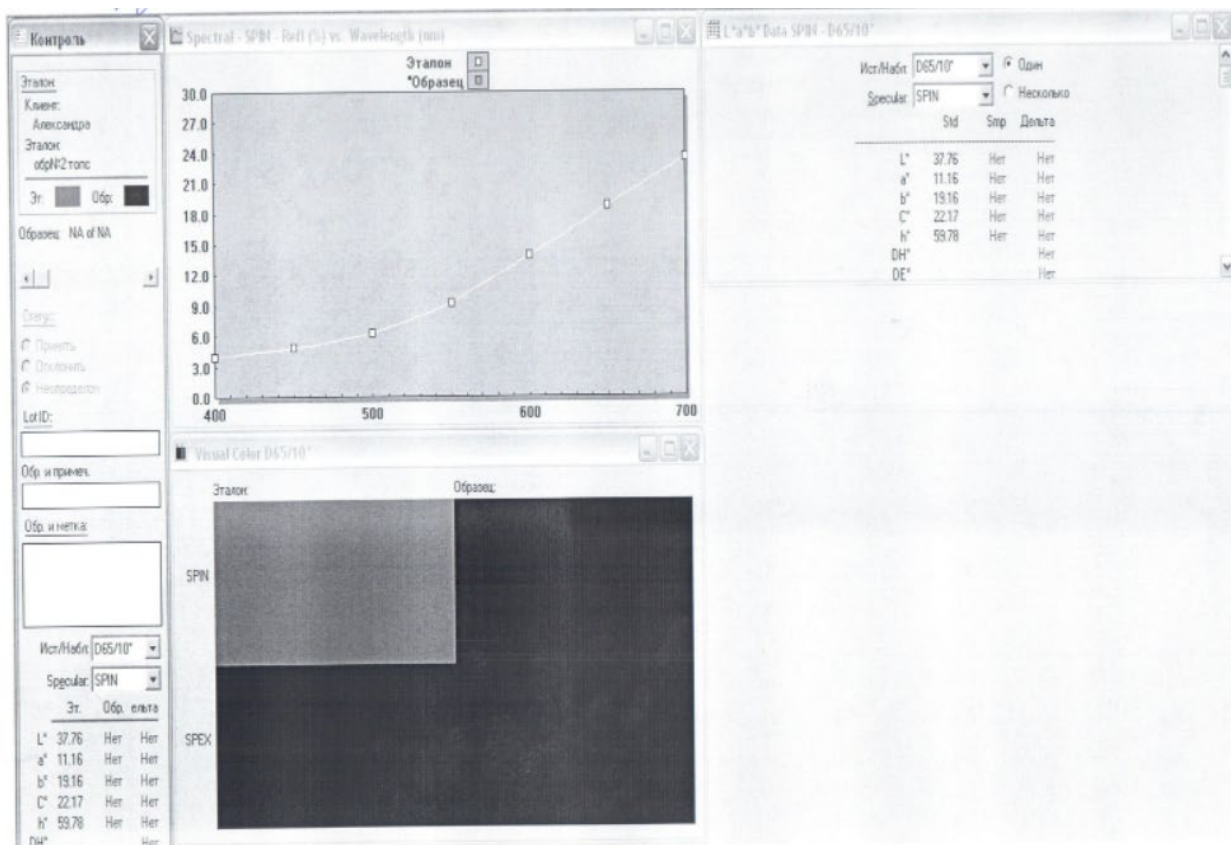


Рисунок 3.4 - Спектрограмма окрашенной шерсти Альпака «светло-коричневая»

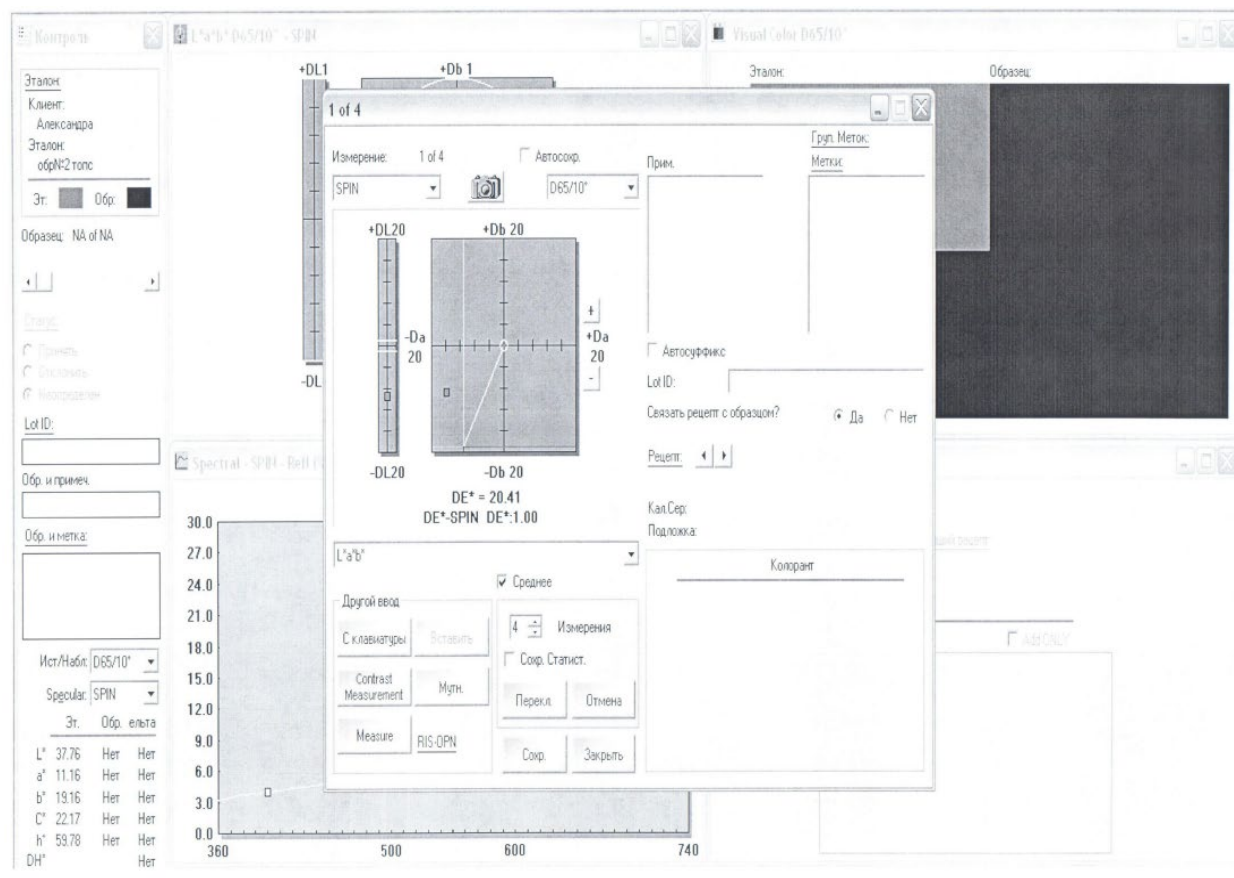


Рисунок 3.5 - Спектрограмма окрашенной шерсти Альпака «светло-коричневая»



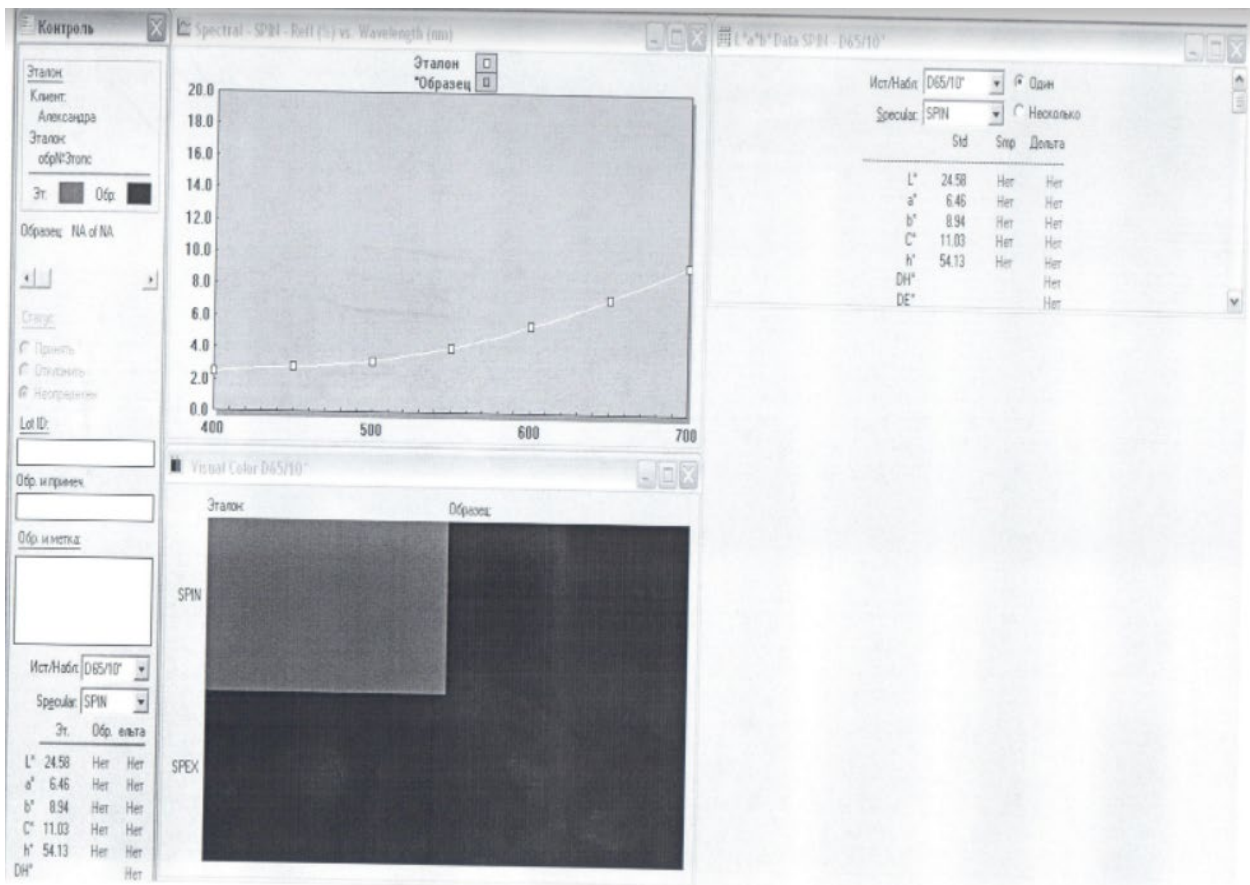


Рисунок 3.6 - Спектрограмма неокрашенной шерсти Альпаки «Перуанская»

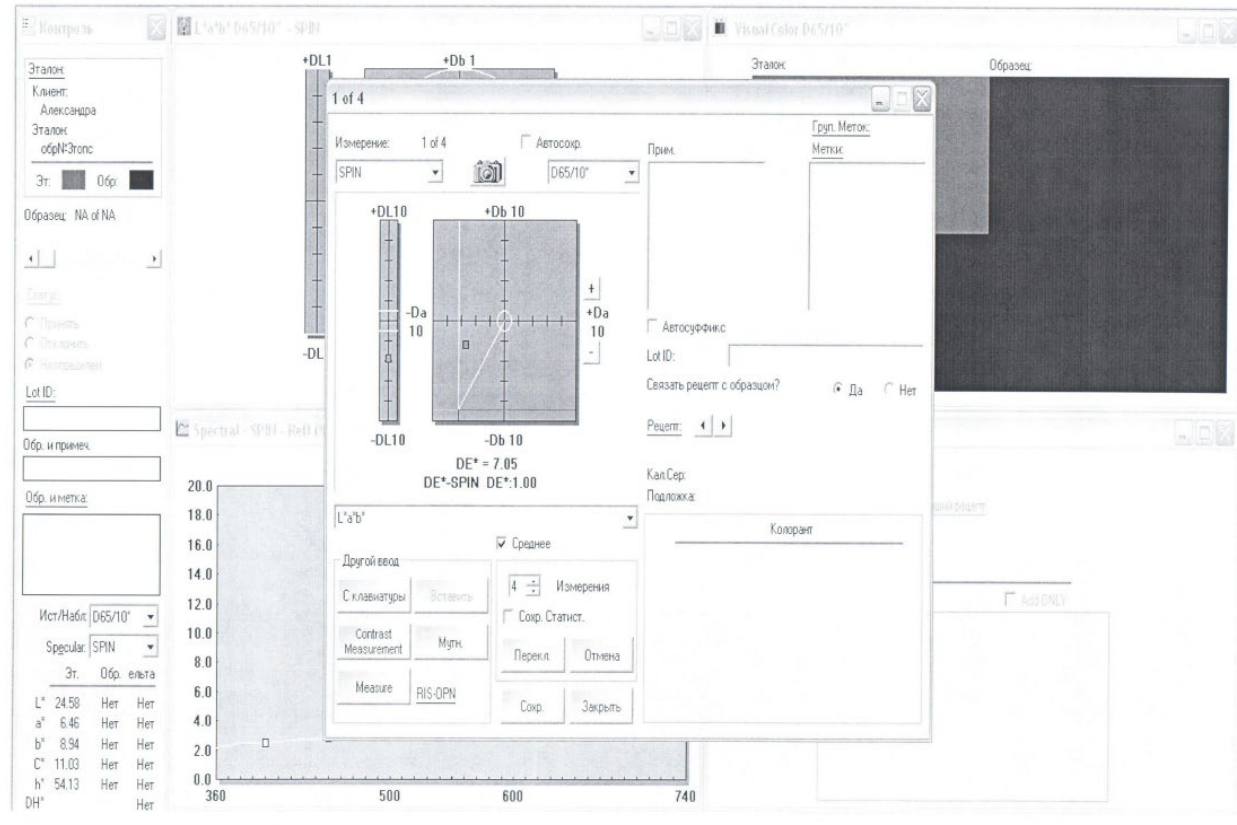


Рисунок 3.7 - Спектрограмма окрашенной шерсти Альпаки «Перуанская»

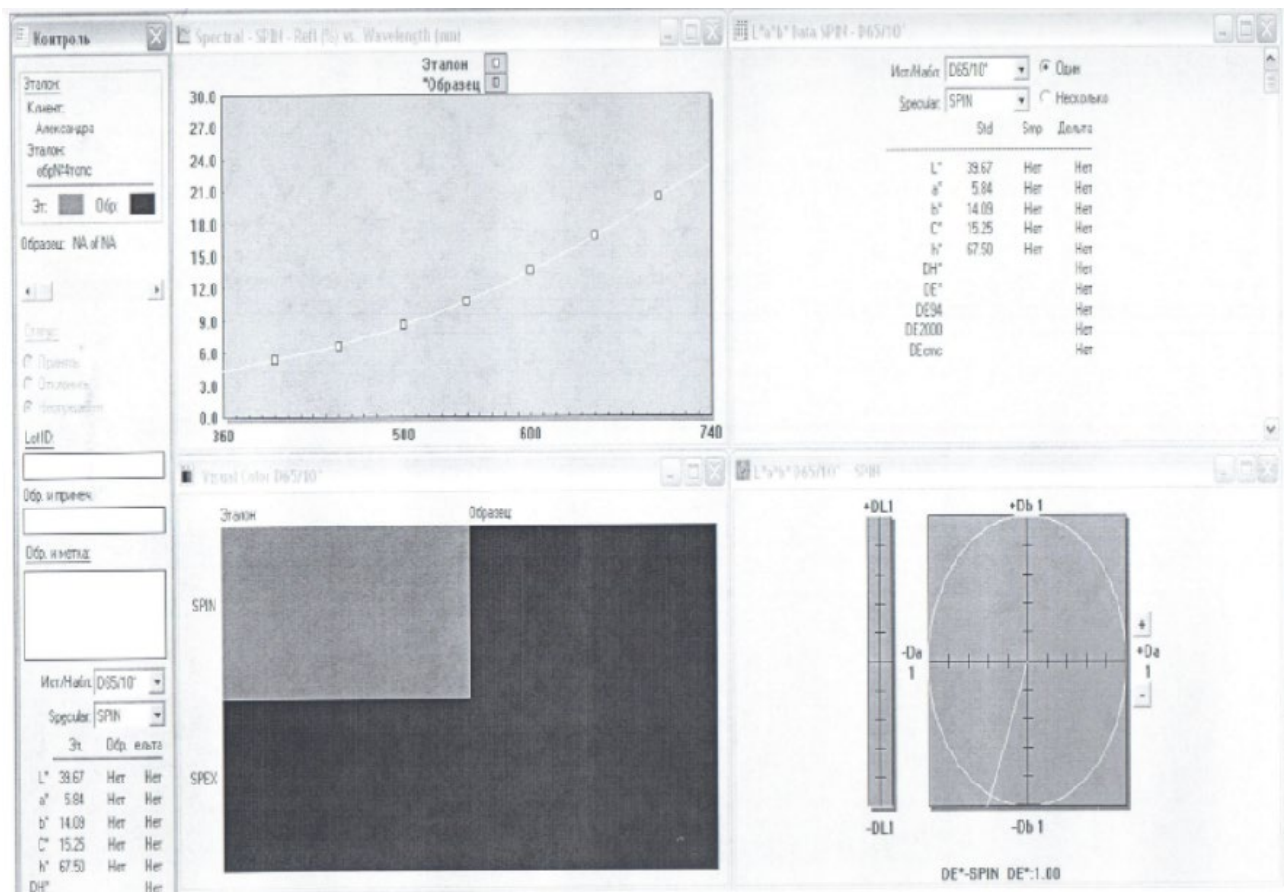


Рисунок 3.8 - Спектрограмма неокрашенной верблюжьей шерсти

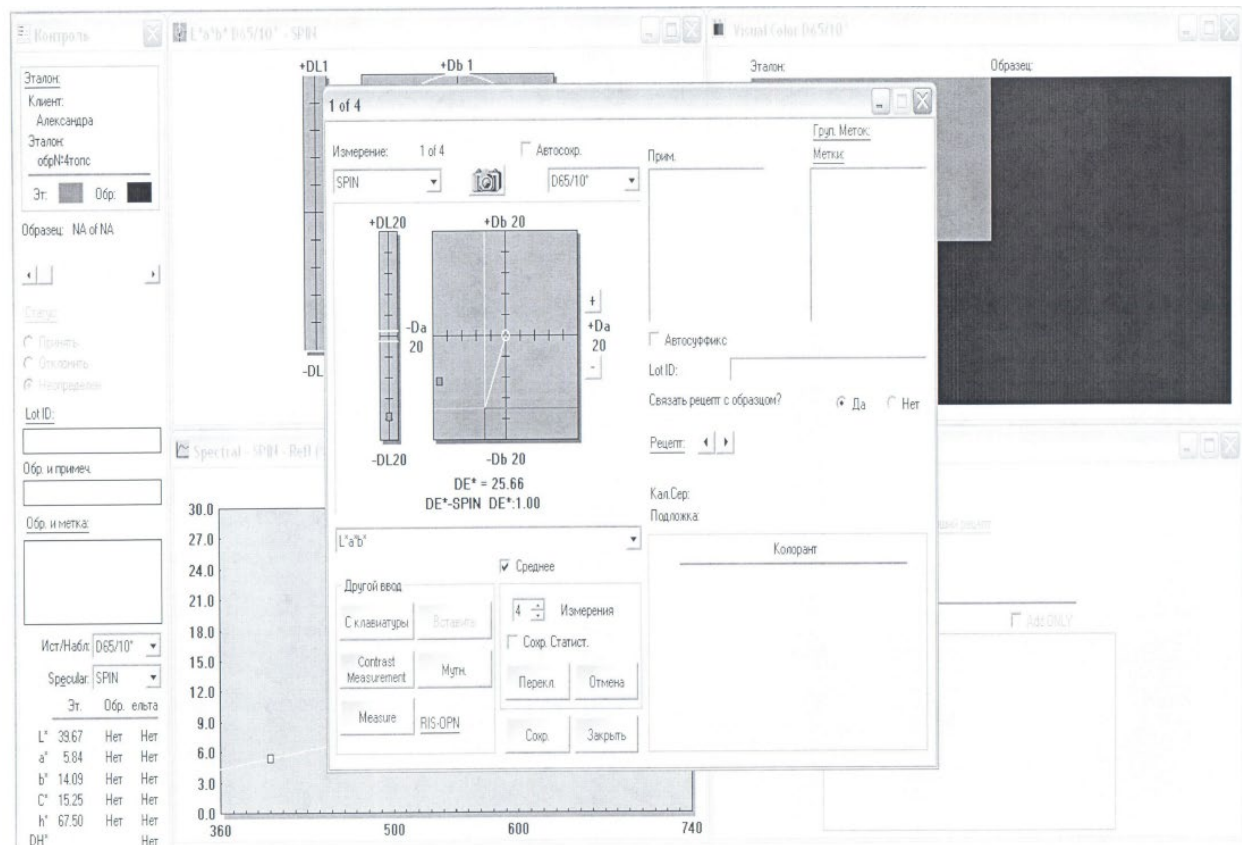


Рисунок 3.9 - Спектрограмма окрашенной верблюжьей шерсти

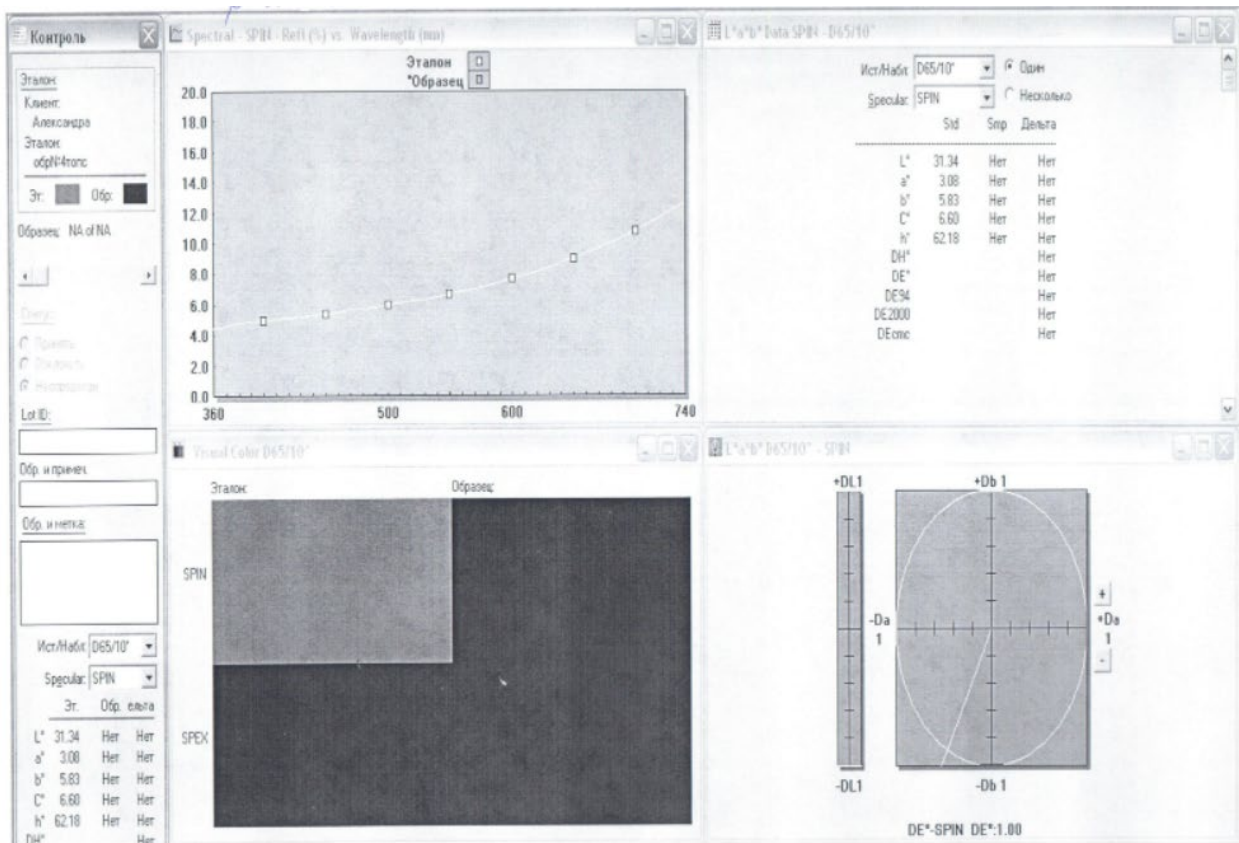


Рисунок 3.10 - Спектрограмма неокрашенного козьего пуха

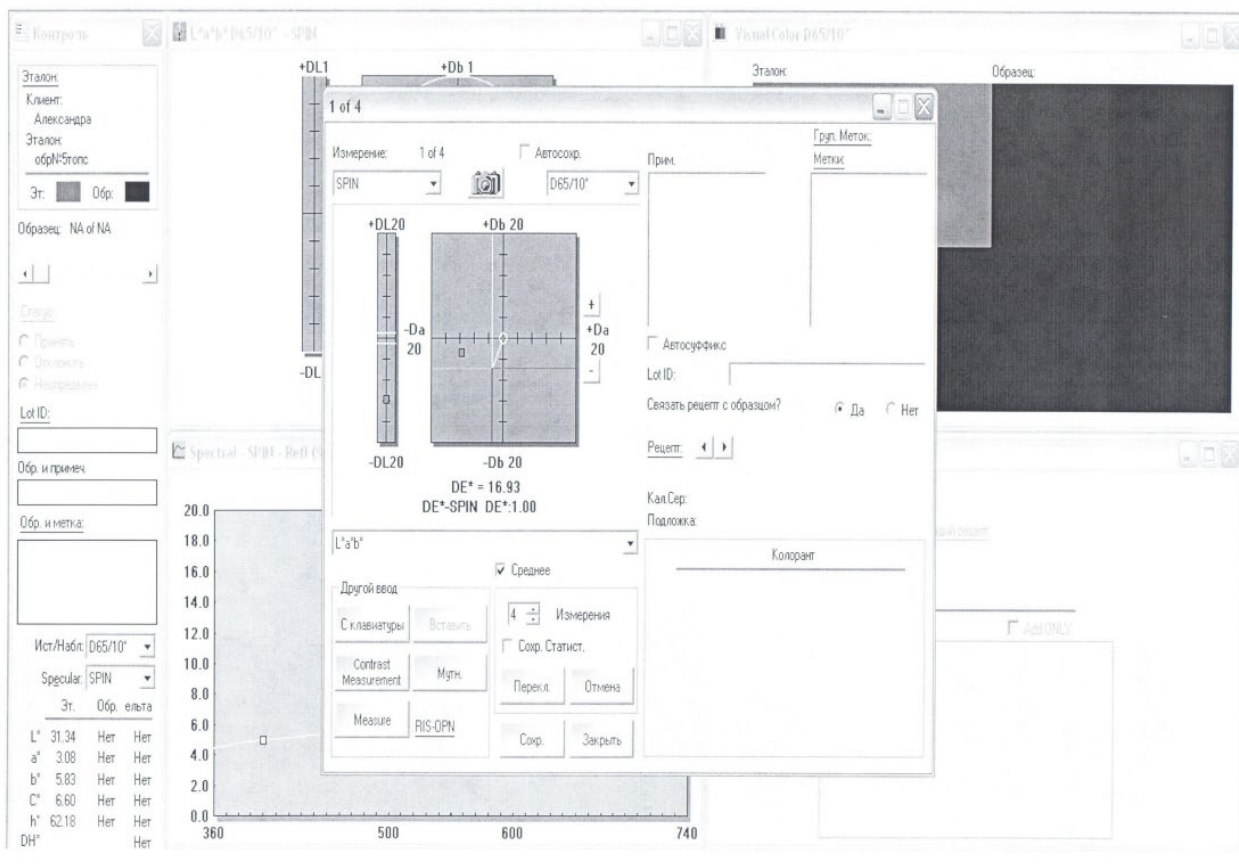


Рисунок 3.11 - Спектрограмма окрашенного козьего пуха



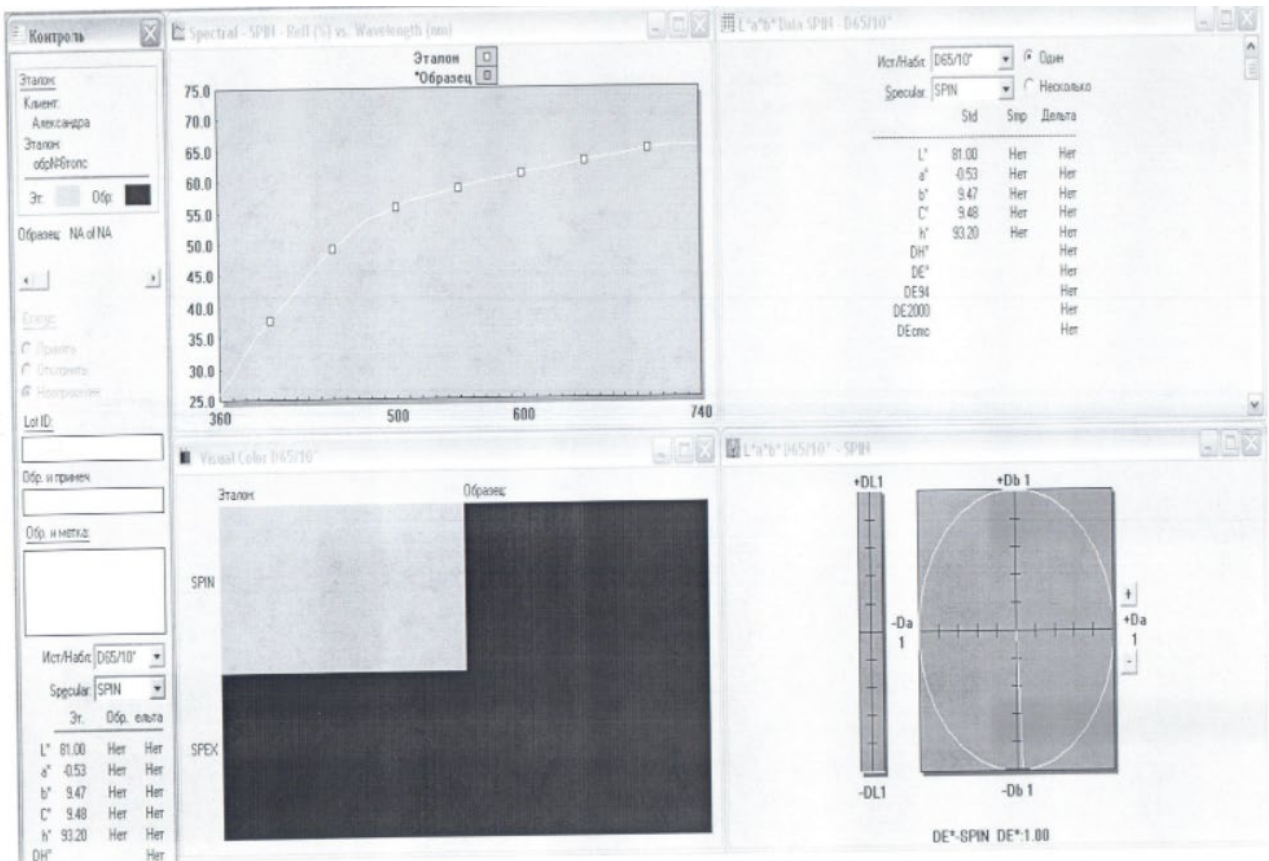


Рисунок 3.12 - Спектрограмма неокрашенной козьей шерсти

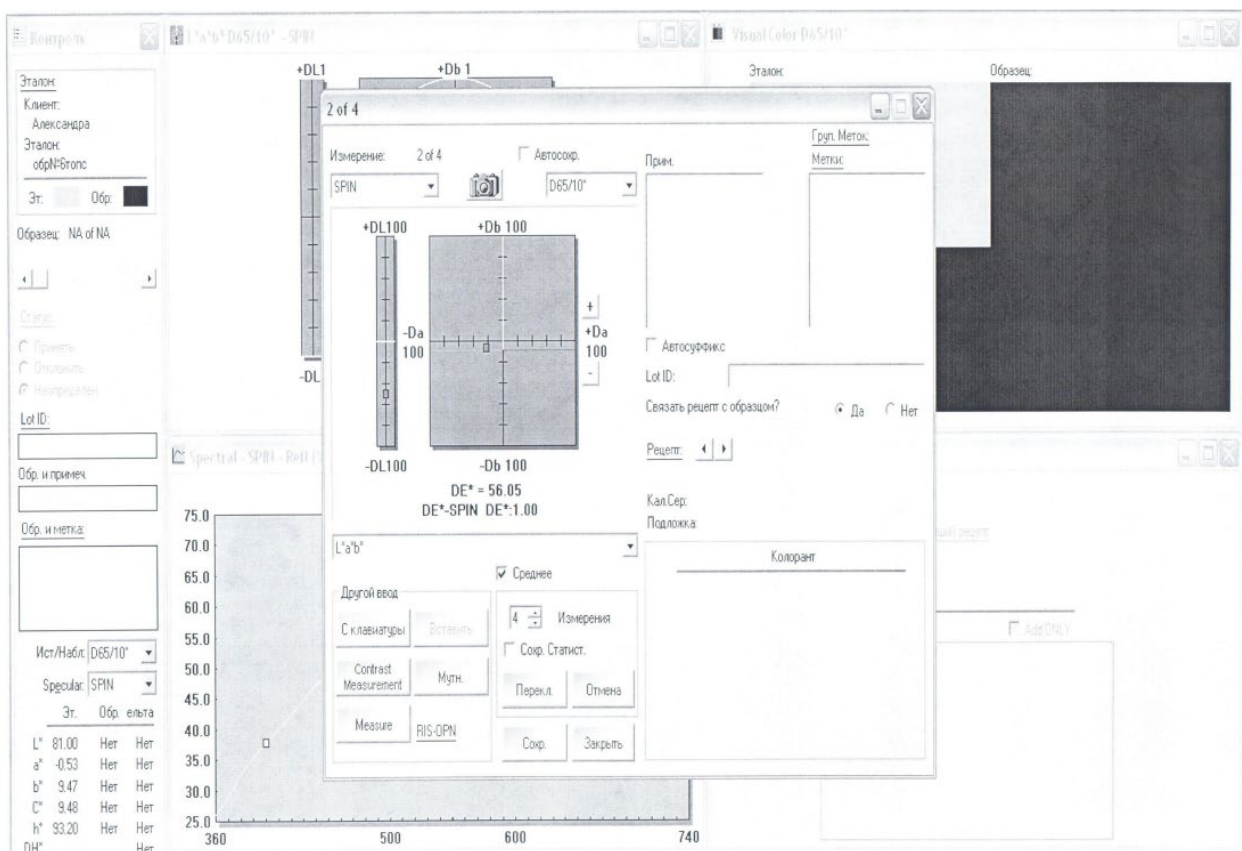


Рисунок 3.13 - Спектрограмма окрашенной козьей шерсти

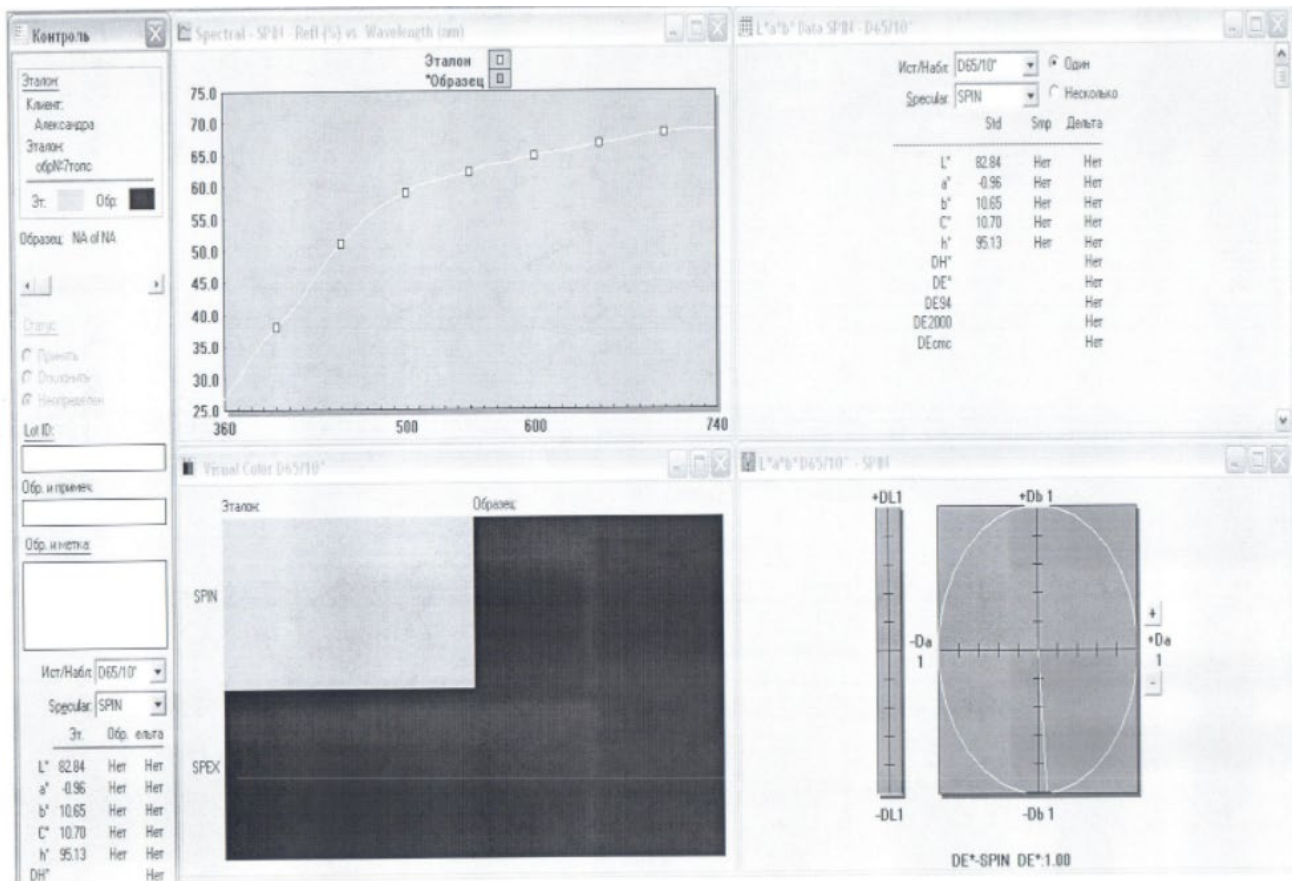


Рисунок 3.14 - Спектрограмма неокрашенной шерсти овцы

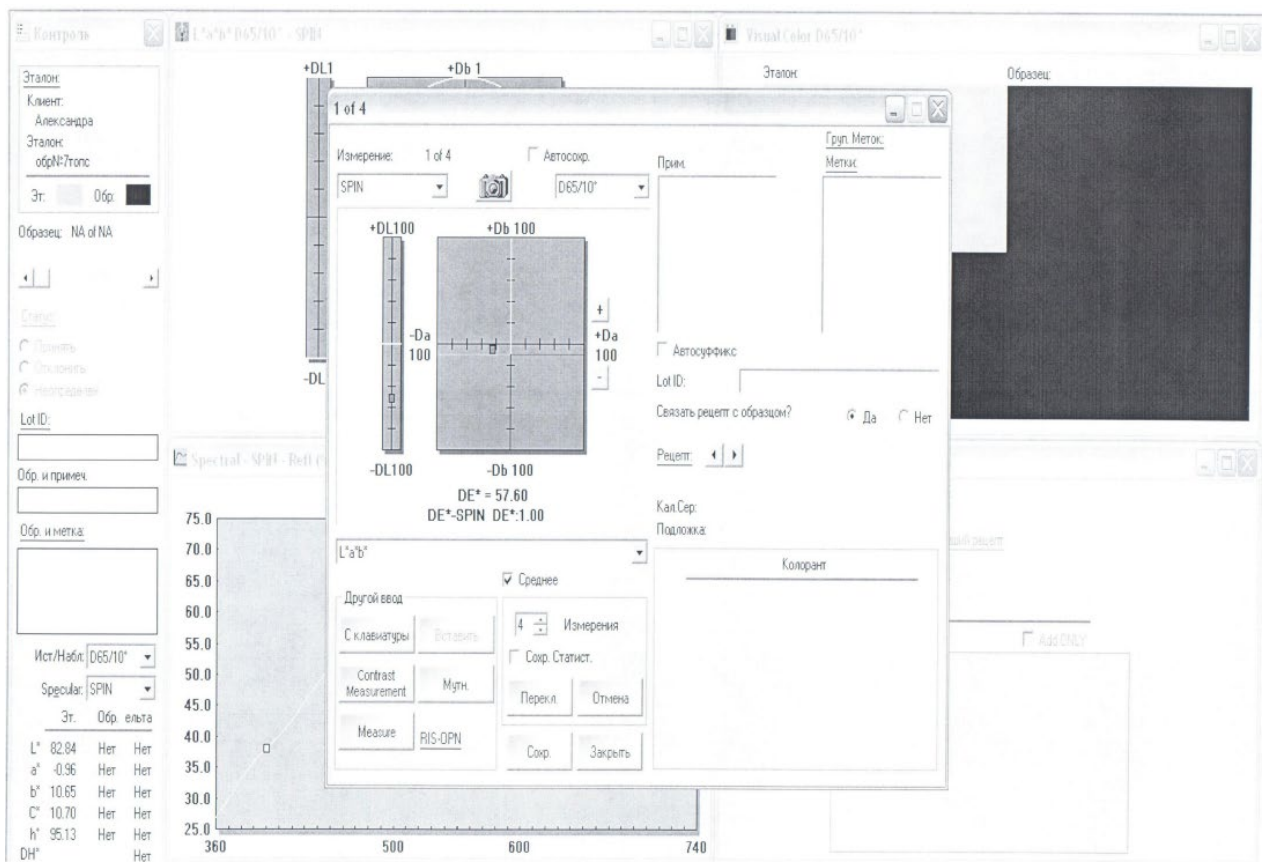


Рисунок 3.15 - Спектрограмма неокрашенной шерсти овцы

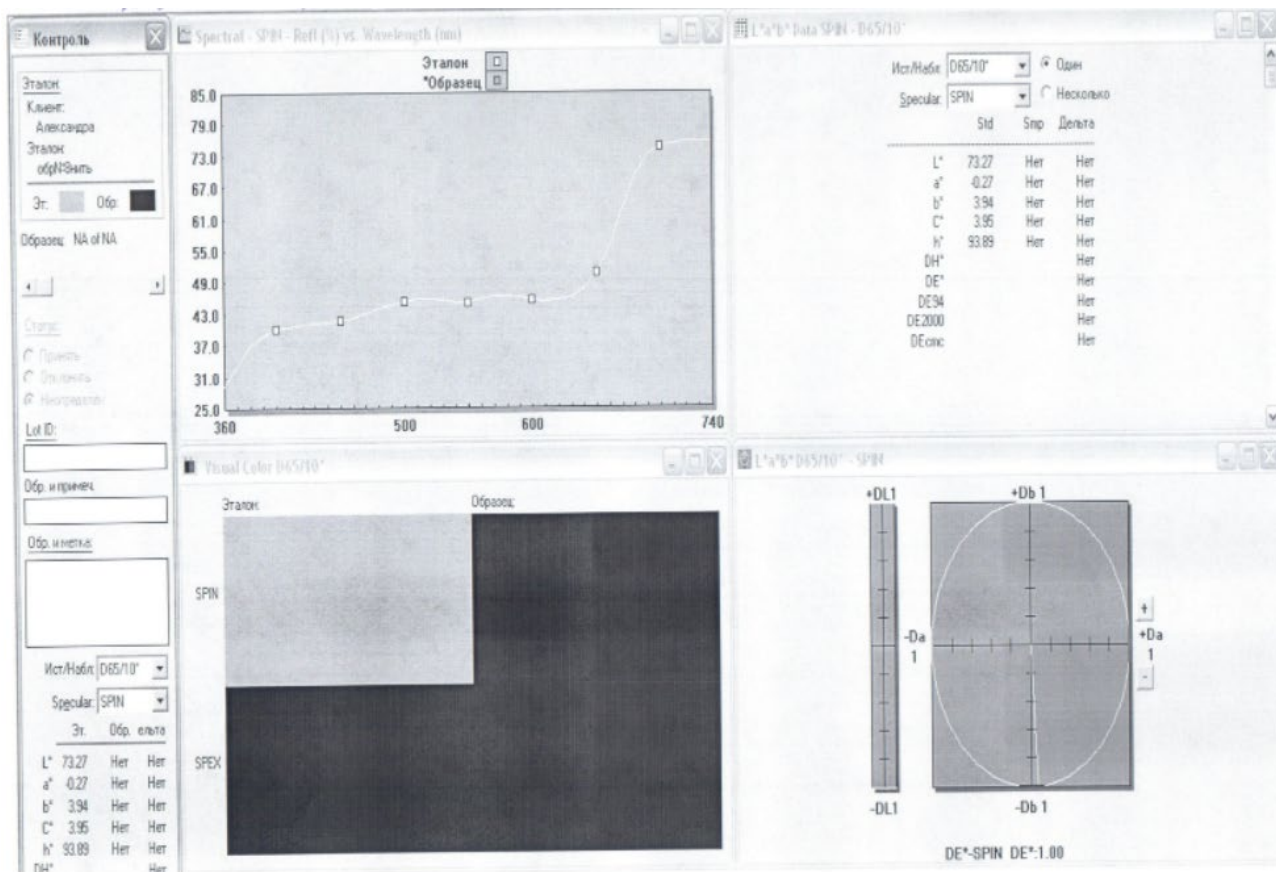


Рисунок 3.16 - Спектрограмма неокрашенной шерсти овцы (смеска №1)

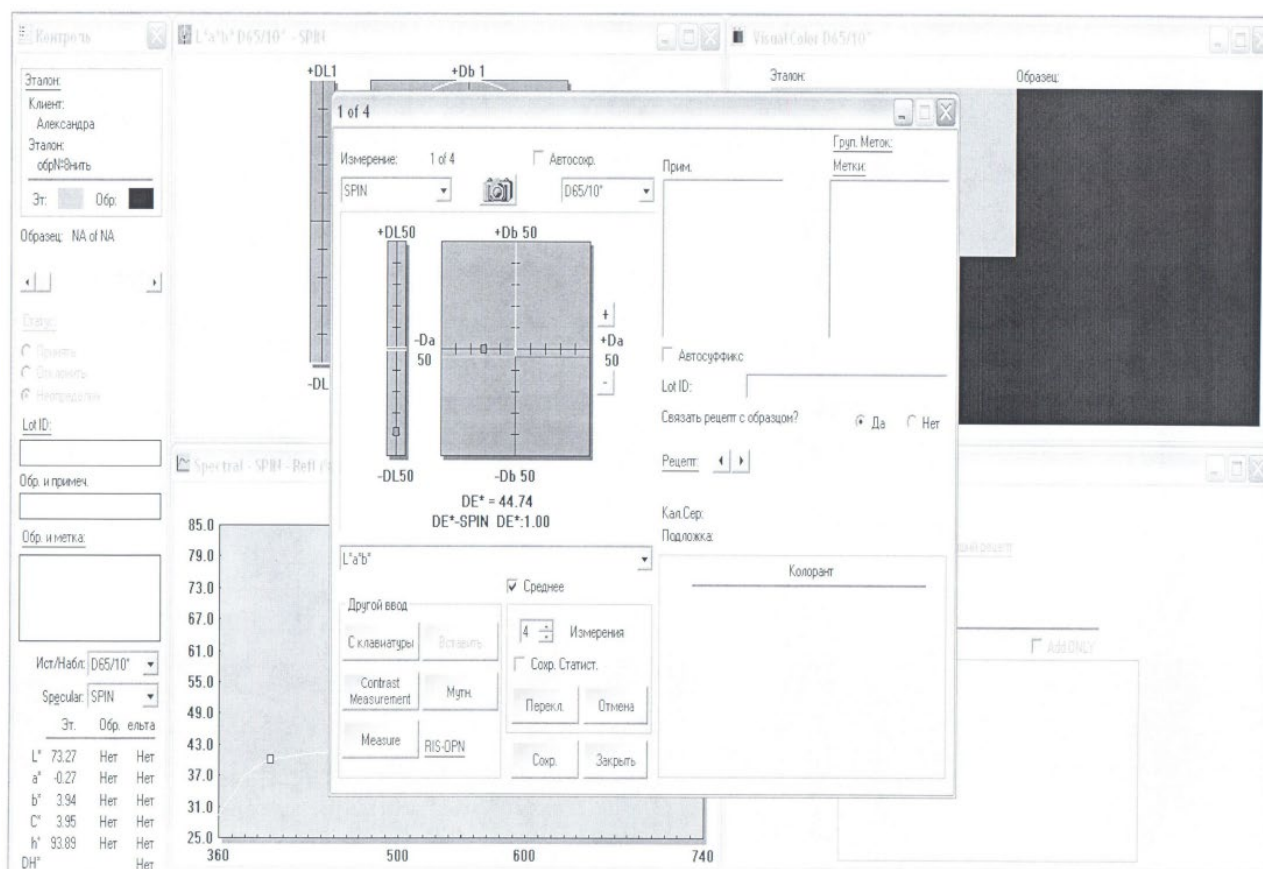


Рисунок 3.17 - Спектрограмма окрашенной шерсти овцы (смеска №1)



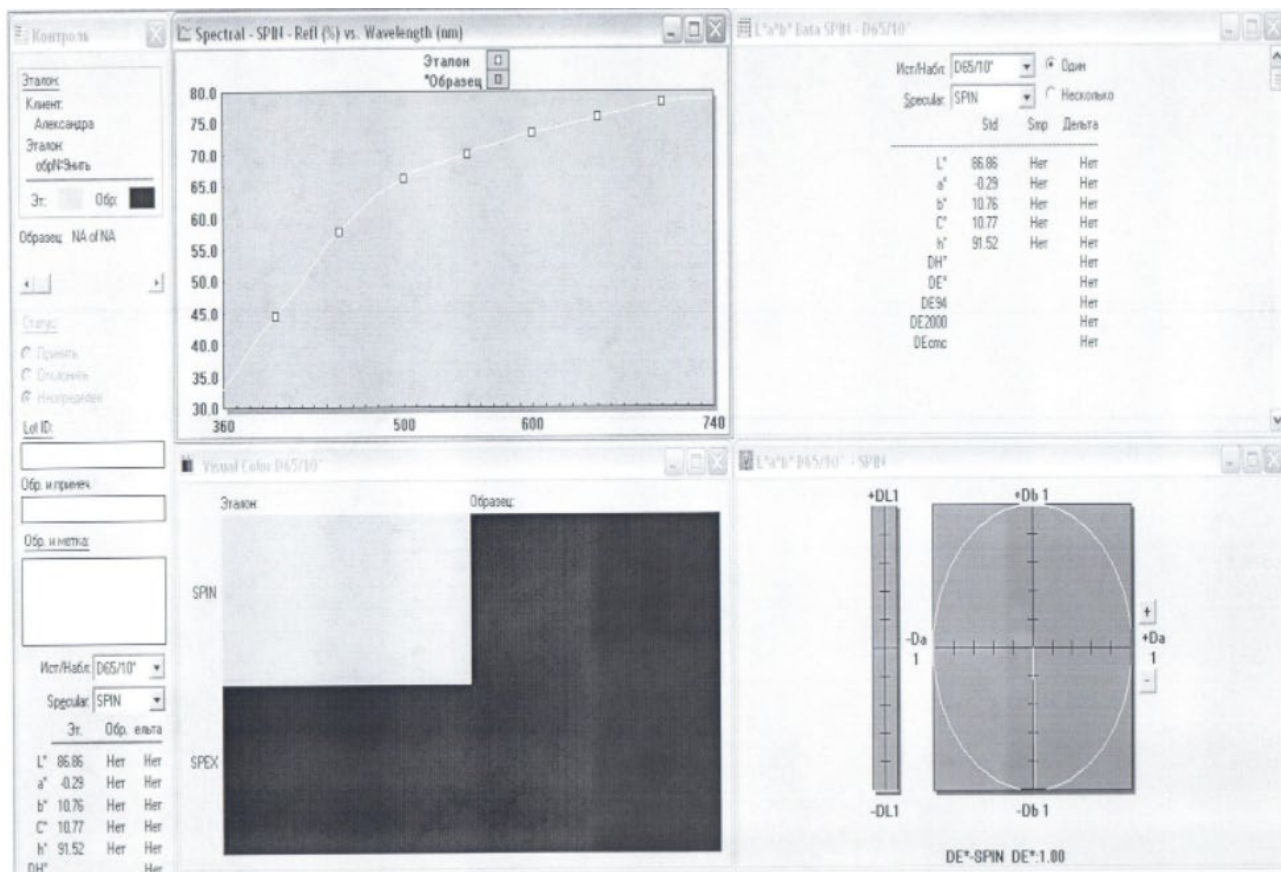


Рисунок 3.18 - Спектрограмма неокрашенной шерсти овцы (смеска №2)

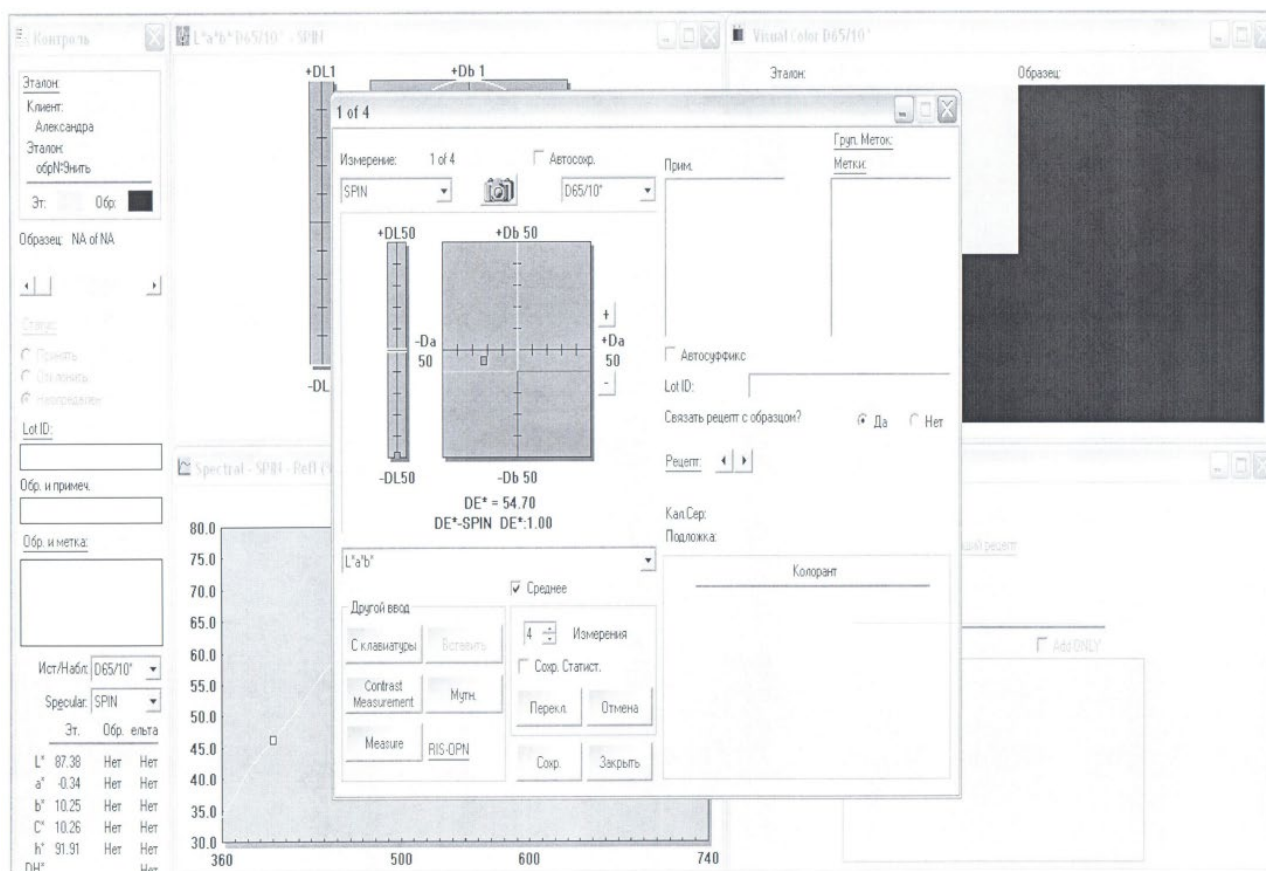


Рисунок 3.19 - Спектрограмма неокрашенной шерсти овцы (смеска №2)

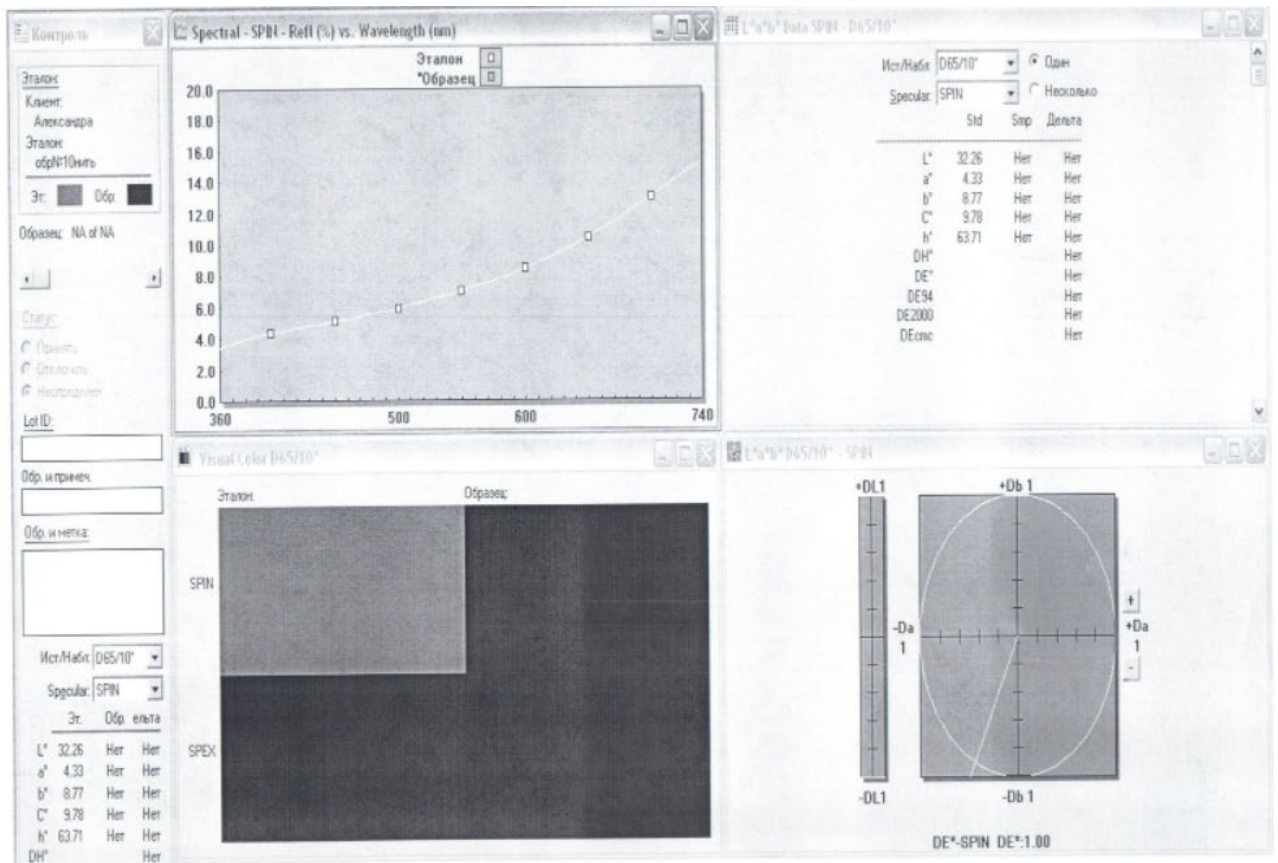


Рисунок 3.20 - Спектрограмма неокрашенной шерсти яка

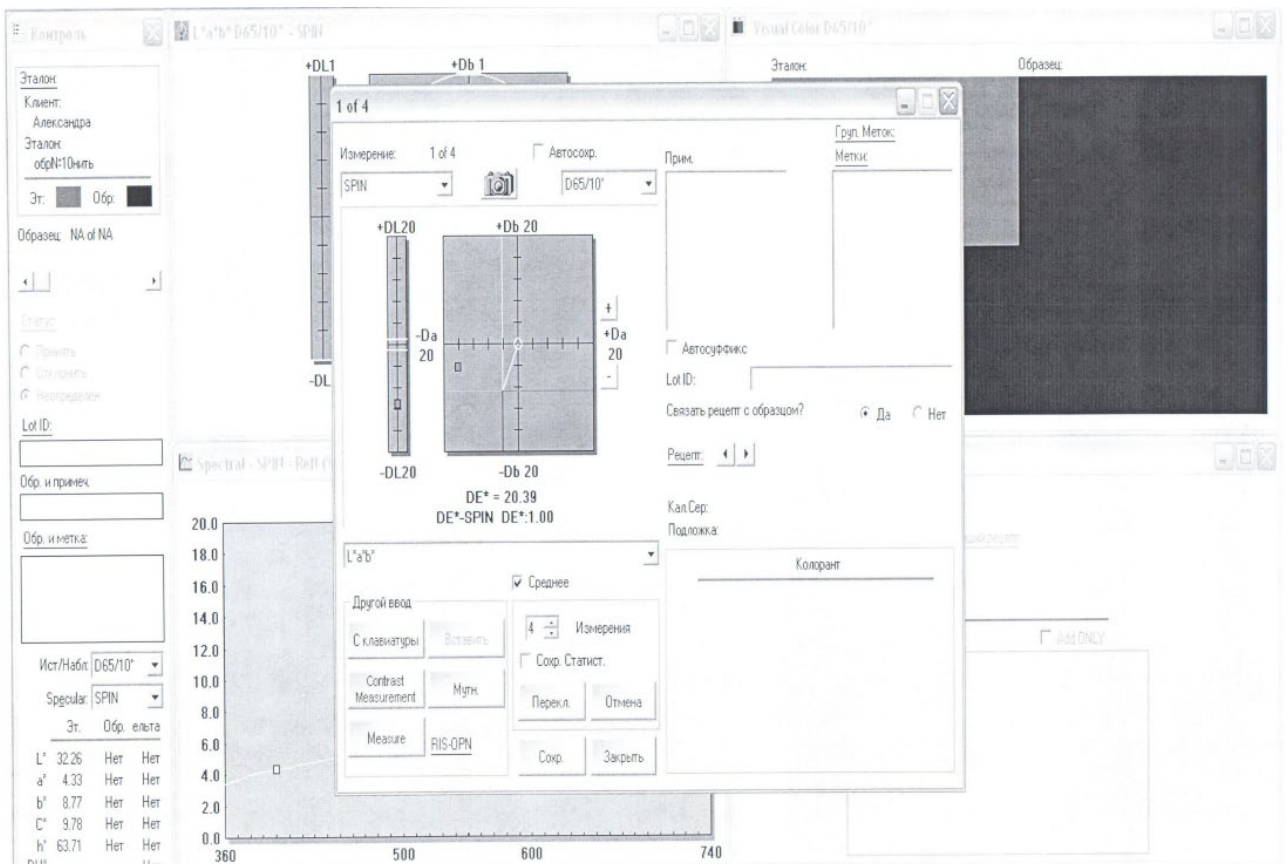


Рисунок 3.21 - Спектрограмма окрашенной шерсти яка



Так как методы спектрометрии основаны на измерении степени поглощения (отражения) монохроматического светового потока, то можно отметить, что происходит потемнение окраски. Также форма и размеры чешуек оказывают влияние на поглощение светового потока. Чем больше размеры пластины чешуйки, тем больше отражение.

### **Выводы по главе 3**

1. Процесс идентификации шерстяных волокон является важной процедурой перед выбором системы прядения, так как от этого напрямую зависит качество полученной пряжи и возможность ее переработки в готовое изделие.

2. Наибольшее количество операций необходимо провести при переработке чистшерстяной мериносовой пряжи, независимо от того, окрашенное волокно или суровое.

3. Процесс идентификации методом секвенирования позволяет более точно установить переходы технологической цепочки в зависимости от вида волокон, так как за счет дополнительной информации о геометрических размерах волокон, форме и размерах чешуек появляется возможность получить пряжу с улучшенными характеристиками без изменения параметров технологического оборудования и даже исключить некоторые переходы производственной цепочки, что положительно скажется на трудоемкости и временных затратах при производстве пряжи.

4. Априорная информация о виде и породе животного позволяет выбрать тип и концентрацию красителя, а также режим крашения.

## ГЛАВА 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРЯЖИ

### 4.1. Применение теории подобия и анализа размерности для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи

Принципиальной особенностью исследований, основанных на теории подобия, является установление условия подобия физических процессов, происходящих в модели и природном объекте, и приведение результатов испытаний модели к условиям природного объекта [75-79].

Методы теории подобия определяют основу подхода к проведению испытаний (опытов) в натуральных условиях и на моделях, к обработке полученной информации и распространению ее на другие объекты, в том числе вновь созданные и недоступные для экспериментальных исследований [80-82].

Вид волокон шерсти оказывает существенное влияние на прочность пряжи [130-132].

Рассмотрим влияние параметров строения на разрывную нагрузку шерстяной пряжи аппаратного прядения, предназначенную для трикотажного производства [83-90]. Для этого используем следующую функциональную зависимость:

$$P_p = f(v, D, \alpha, T)$$

где  $P_p$  – разрывная нагрузка пряжи, Н;

$\alpha$  – коэффициент крутки;

$D$  – количество сложений;

$T$  – линейная плотность пряжи, текс;

$v$  – скорость растяжения, м/с [91-95, 120-123].

Вышеуказанную зависимость можно представить в виде комплекса показателей:

$$P_p = \eta = f(D \cdot \alpha; v^2 \cdot T)$$

где  $\eta$  - показатель, характеризующий изменение прочности в зависимости от параметров строения;

$D \cdot \alpha$  - показатель, характеризующий крутку;

$v^2 \cdot T$  - показатель, характеризующий параметры испытаний и параметры строения пряжи.

Так как на прочность пряжи имеют влияние два комплекса, то формула для расчета показателя, характеризующего изменение площади тканей после стирки

$$\eta = \eta_1 \eta_2$$

где  $\eta_1$  - показатель, характеризующий действие крутки;

$\eta_2$  - показатель, характеризующий структурные характеристики пряжи и параметры испытаний.

В таблице 4.1 представлены результаты расчета разрывной нагрузки пряжи.

Таблица 4.1 - Результаты расчета разрывной нагрузки пряжи

D	T	$\alpha$	Pp	v	$v^2 \cdot T$	$D \cdot \alpha$	$\eta_1$	$\eta_2$	Pp расч	Отклонение, %
1	84	42	2,14	100	840	42	0,0030	725,93	2,12	0,99
1	130	54	3,32	100	1300	54	0,0040	837,98	3,23	2,58
1	150	65	3,98	100	1500	65	0,0047	846,19	3,99	0,26
2	64	18	1,57	100	640	36	0,0023	671,79	1,54	2,05
3	84	20	3,29	100	840	60	0,0044	752,23	3,15	4,45
2	90	22	2,30	100	900	44	0,0031	731,65	2,30	0,35
2	140	28	3,57	100	1400	56	0,0041	870,43	3,42	4,31

Для исследуемых тканей зависимость для  $\eta_1$  при усредненных значениях

$v^2 \cdot T$  можно представить в виде экспоненциальной функции (рисунок 4.1):

$$\eta_1 = f(D \cdot \alpha) = 0,004 \ln(D \cdot \alpha) - 0,012$$

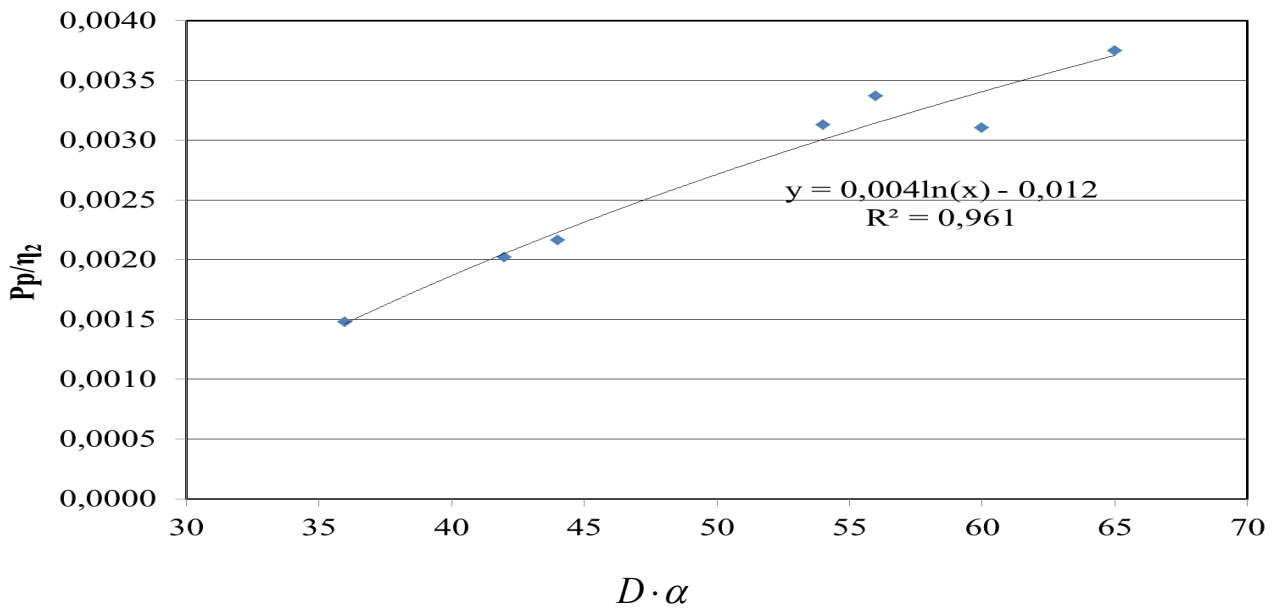


Рисунок 4.1- Зависимость  $\eta_1 = f(D \cdot \alpha)$

Зависимость для  $\eta_2$  при усредненных значениях D имеет вид (рисунок 4.2)

$$\eta_2 = f(v^2 \cdot T) = 228,07 \ln(v^2 \cdot T) - 802,25$$

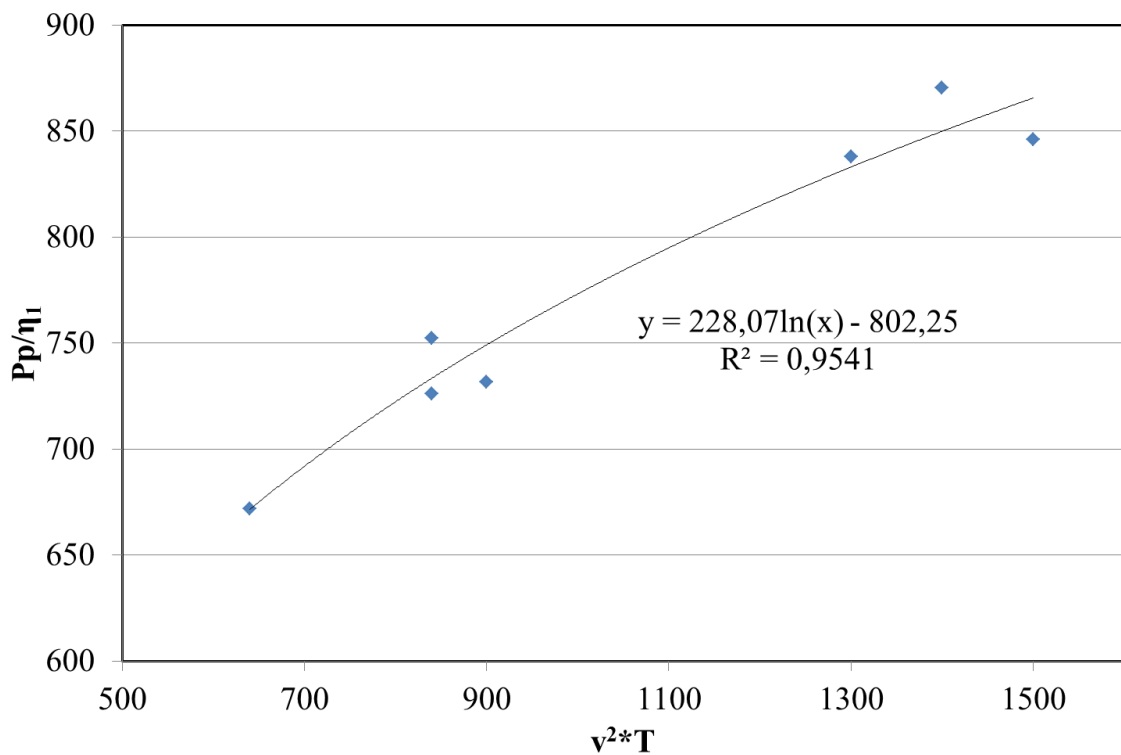


Рисунок 4.2 – Зависимость  $\eta_2 = f(v^2 \cdot T)$

Итоговая формула для расчета разрывной нагрузки пряжи имеет следующий вид:

$$P_p = 0,98 \cdot (0,004 \ln(D \cdot \alpha) - 0,012) \cdot (228,07 \ln(v^2 \cdot T) - 802,25)$$

Формула справедлива для  $36 \leq D \cdot \alpha \leq 65$  и  $0,0015 \leq v^2 \cdot T \leq 0,0038$ . Отклонение фактических значений от расчетных не превышает 4,45%.

#### 4.2. Применение методов планирования эксперимента для прогнозирования линейной плотности пряжи

Для расчетов использованы данные, представленные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Данные прогнозирования линейной плотности пряжи

Линейная плотность пряжи Y, текс	Количество сложений X1	Коэффициент крутки X2	Линейная плотность волокна X3, текс	Линейная плотность одной нити в пряже X4, текс
84	1	42	0,448	84
130	1	54	0,598	130
150	1	65	0,818	150
64	2	18	0,429	32
84	3	20	0,457	28
90	2	22	0,548	45
140	2	28	0,684	70

Определим вектор оценок коэффициентов регрессии. Согласно методу наименьших квадратов, вектор  $s$  получается из выражения:  $s = (X^T X)^{-1} X^T Y$  [96-103]

К матрице с переменными  $X_j$  добавляем единичный столбец:

1,00	1,00	42,00	0,45	84,00
1,00	1,00	54,00	0,60	130,00
1,00	1,00	65,00	0,82	150,00
1,00	2,00	18,00	0,43	32,00

1,00	3,00	20,00	0,46	28,00
1,00	2,00	22,00	0,55	45,00
1,00	2,00	28,00	0,68	70,00

Матрица Y

84
130
150
64
84
90
140

Находим обратную матрицу  $(X^T X)^{-1}$

9,98	-2,02	-0,23	-6,06	0,07
-2,02	1,67	-0,07	-5,32	0,06
-0,23	-0,07	0,03	0,64	-0,01
-6,06	-5,32	0,64	41,90	-0,41
0,07	0,06	-0,01	-0,41	0,01

Вектор оценок коэффициентов регрессии равен

$$Y(X) = (X^T X)^{-1} X^T Y =$$

-5,92
18,96
-2,80
87,91
1,68

Уравнение регрессии (оценка уравнения регрессии)

$$Y = -5,92 + 18,96X_1 - 2,80X_2 + 87,91X_3 + 1,68X_4$$

Константа оценивает влияние прочих факторов означает, что  $Y$  при отсутствии  $x_i$  составила бы  $-5,92$ . С увеличением  $x_1$  на 1,  $Y$  увеличивается на 18,96. С увеличением  $x_2$  на 1,  $Y$  снижается на 2,80. С увеличением  $x_3$  на 1,  $Y$  увеличивается на 87,90. С увеличением  $x_4$  на 1,  $Y$  увеличивается на 1,68.

Матрица, независимых переменных  $X$  имеет размерность (7 x 6).

Матрица  $A$ , составленная из  $Y$  и  $X$

1,00	84,00	1,00	42,00	0,45	84,00
1,00	130,00	1,00	54,00	0,60	130,00
1,00	150,00	1,00	65,00	0,82	150,00
1,00	64,00	2,00	18,00	0,43	32,00
1,00	84,00	3,00	20,00	0,46	28,00
1,00	90,00	2,00	22,00	0,55	45,00
1,00	140,00	2,00	28,00	0,68	70,00

Найдем парные коэффициенты корреляции [104-110].

$$r_{xy} = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s(x) \cdot s(y)}$$

$$r_{yx_1} = \frac{172 - 1.714 \cdot 106}{0.7 \cdot 30.836} = -0.45$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о не сильной линейной связи между  $x_1$  и  $y$ .

$$r_{yx_2} = \frac{4147.143 - 35.571 \cdot 106}{17.07 \cdot 30.836} = 0.715$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_2$  и  $y$ .

$$r_{yx_3} = \frac{64.142 - 0.569 \cdot 106}{0.133 \cdot 30.836} = 0.939$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о весьма сильной линейной связи между  $x_3$  и  $y$ .

$$r_{yx_4} = \frac{9243.714 - 77 \cdot 106}{44.217 \cdot 30.836} = 0.793$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_4$  и  $y$ .

$$r_{x_1x_2} = \frac{51 - 35.571 \cdot 1.714}{17.07 \cdot 0.7} = -0.835$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_2$  и  $x_1$ .

$$r_{x_1x_3} = \frac{0.937 - 0.569 \cdot 1.714}{0.133 \cdot 0.7} = -0.414$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о не сильной линейной связи между  $x_3$  и  $x_1$ .

$$r_{x_1x_4} = \frac{106 - 77 \cdot 1.714}{44.217 \cdot 0.7} = -0.84$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_4$  и  $x_1$ .

$$r_{x_2x_3} = \frac{21.764 - 0.569 \cdot 35.571}{0.133 \cdot 17.07} = 0.675$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о умеренной линейной связи между  $x_3$  и  $x_2$ .

$$r_{x_2x_4} = \frac{3483.429 - 77 \cdot 35.571}{44.217 \cdot 17.07} = 0.986$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о весьма сильной линейной связи между  $x_4$  и  $x_2$ .

$$r_{x_3x_4} = \frac{48.162 - 77 \cdot 0.569}{44.217 \cdot 0.133} = 0.743$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_4$  и  $x_3$ .

Признаки $x$ и $y$	$\sum x_i$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sum y_i$	$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$	$\sum x_i \cdot y_i$	$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n}$
Для $y$ и $x_1$	12,00	1,71	742,00	106,00	1204,00	172,00
Для $y$ и $x_2$	249,00	35,57	742,00	106,00	29030,00	4147,14
Для $y$ и $x_3$	3,98	0,57	742,00	106,00	449,00	64,14



Для у и х <sub>4</sub>	539,00	77,00	742,00	106,00	64706,00	9243,71
Для х <sub>1</sub> и х <sub>2</sub>	249,00	35,57	12,00	1,71	357,00	51,00
Для х <sub>1</sub> и х <sub>3</sub>	3,98	0,57	12,00	1,71	6,56	0,94
Для х <sub>1</sub> и х <sub>4</sub>	539,00	77,00	12,00	1,71	742,00	106,00
Для х <sub>2</sub> и х <sub>3</sub>	3,98	0,57	249,00	35,57	152,35	21,76
Для х <sub>2</sub> и х <sub>4</sub>	539,00	77,00	249,00	35,57	24384,00	3483,43
Для х <sub>3</sub> и х <sub>4</sub>	539,00	77,00	3,98	0,57	337,14	48,16

Дисперсии и среднеквадратические отклонения.

Признаки x и y	$D(x) = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2$	$D(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2$	$s(x) = \sqrt{D(x)}$	$s(y) = \sqrt{D(y)}$
Для у и х <sub>1</sub>	0,49	950,86	0,70	30,84
Для у и х <sub>2</sub>	291,39	950,86	17,07	30,84
Для у и х <sub>3</sub>	0,02	950,86	0,13	30,84
Для у и х <sub>4</sub>	1955,14	950,86	44,22	30,84
Для х <sub>1</sub> и х <sub>2</sub>	291,39	0,49	17,07	0,70
Для х <sub>1</sub> и х <sub>3</sub>	0,02	0,49	0,13	0,70
Для х <sub>1</sub> и х <sub>4</sub>	1955,14	0,49	44,22	0,70
Для х <sub>2</sub> и х <sub>3</sub>	0,02	291,39	0,13	17,07
Для х <sub>2</sub> и х <sub>4</sub>	1955,14	291,39	44,22	17,07
Для х <sub>3</sub> и х <sub>4</sub>	1955,14	0,02	44,22	0,13

Матрица парных коэффициентов корреляции R:

-	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
y	1,00	-0,45	0,72	0,94	0,79
x <sub>1</sub>	-0,45	1,00	-0,84	-0,41	-0,84
x <sub>2</sub>	0,72	-0,84	1,00	0,67	0,99
x <sub>3</sub>	0,94	-0,41	0,67	1,00	0,74
x <sub>4</sub>	0,79	-0,84	0,99	0,74	1,00

Значения t-статистики для  $r_{yx_1}$ :

$$t_{набл} = r_{yx_1} \cdot \frac{\sqrt{n-m-1}}{\sqrt{1-r_{yx_1}^2}}$$

где  $m = 1$  - количество факторов в уравнении регрессии.

$$t_{набл} = 0.45 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.45^2}} = 1.13$$

По таблице Стьюдента находим  $T_{табл}$

$$t_{крит}(n-m-1; \alpha/2) = (5; 0.025) = 3.163$$

Поскольку  $t_{набл} < t_{крит}$ , то принимаем гипотезу о равенстве 0 коэффициента корреляции.

Рассчитаем наблюдаемые значения t-статистики по формулам:

$$t_{набл} = 0.72 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.72^2}} = 2.29$$

$$t_{набл} = 0.94 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.94^2}} = 6.11$$

$$t_{набл} = 0.79 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.79^2}} = 2.91$$

$$r_{ij,s} = - \frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii} \cdot R_{jj}}}$$

где  $R_{ij}$  - алгебраическое дополнение элемента  $r_{ij}$  матрицы R.

$$r_{yx_1/x_2} = \frac{-0.45 - 0.715 \cdot (-0.835)}{\sqrt{(1 - 0.715^2) \cdot (1 - 0.835^2)}} = 0.384$$

$$t_{nabl} = r_{yx_1/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_1/x_2}^2}}$$

где  $k = 1$  - число фиксируемых факторов.

$$t_{nabl} = 0.38 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.38^2}} = 0.83$$

По таблице Стьюдента находим  $T_{табл}$

$$t_{крит}(n-k-2; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$$

$$r_{yx_1/x_3} = \frac{-0.45 - 0.939 \cdot (-0.414)}{\sqrt{(1 - 0.939^2) \cdot (1 - 0.414^2)}} = -0.196$$

$$t_{nabl} = r_{yx_1/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_1/x_3}^2}}$$

где  $k = 1$  - число фиксируемых факторов.

$$t_{nabl} = 0.2 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.2^2}} = 0.4$$

$$t_{крит}(n-k-2; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$$

$$r_{yx_1/x_4} = \frac{-0.45 - 0.793 \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1 - 0.793^2) \cdot (1 - 0.84^2)}} = 0.656$$

$$t_{nabl} = r_{yx_1/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_1/x_4}^2}}$$

где  $k = 1$  - число фиксируемых факторов.

$$t_{nabl} = 0.66 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.66^2}} = 1.74$$

$$t_{крит}(n-k-2; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$$

$$r_{yx_2/x_1} = \frac{0.715 - (-0.45) \cdot (-0.835)}{\sqrt{(1 - 0.45^2) \cdot (1 - 0.835^2)}} = 0.691$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.69 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.69^2}} = 1.91$$

$$r_{yx_2/x_3} = \frac{0.715 - 0.939 \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.939^2) \cdot (1-0.675^2)}} = 0.322$$

Для этого рассчитаем наблюдаемые значения t-статистики по формуле:

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.32 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.32^2}} = 0.68$$

$$r_{yx_2/x_4} = \frac{0.715 - 0.793 \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.793^2) \cdot (1-0.986^2)}} = -0.667$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.67 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.67^2}} = 1.79$$

$$r_{yx_3/x_1} = \frac{0.939 - (-0.45) \cdot (-0.414)}{\sqrt{(1-0.45^2) \cdot (1-0.414^2)}} = 0.926$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.93 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.93^2}} = 4.91$$

$$r_{yx_3/x_2} = \frac{0.939 - 0.715 \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.715^2) \cdot (1-0.675^2)}} = 0.885$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.89 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.89^2}} = 3.8$$

$$r_{yx_3/x_4} = \frac{0.939 - 0.793 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.793^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.858$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.86 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.86^2}} = 3.34$$

$$r_{yx_4/x_1} = \frac{0.793 - (-0.45) \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1-0.45^2) \cdot (1-0.84^2)}} = 0.857$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.86 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.86^2}} = 3.33$$

$$r_{yx_4/x_2} = \frac{0.793 - 0.715 \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.715^2) \cdot (1-0.986^2)}} = 0.761$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.76 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.76^2}} = 2.34$$

$$r_{yx_4/x_3} = \frac{0.793 - 0.939 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.939^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.416$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.42 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.42^2}} = 0.91$$

$$r_{x_1x_2/y} = \frac{r_{x_1x_2} - r_{x_1y} \cdot r_{x_2y}}{\sqrt{(1-r_{x_1y}^2)(1-r_{x_2y}^2)}}$$

$$r_{x_1x_2/y} = \frac{-0.835 - (-0.45) \cdot 0.715}{\sqrt{(1-0.45^2) \cdot (1-0.715^2)}} = -0.823$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.82 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.82^2}} = 2.89$$

$$r_{x_1x_2/x_3} = \frac{-0.835 - (-0.414) \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.414^2) \cdot (1-0.675^2)}} = -0.828$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.83 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.83^2}} = 2.95$$

$$r_{x_1x_2/x_4} = \frac{-0.835 - (-0.84) \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.84^2) \cdot (1-0.986^2)}} = -0.0748$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.0748 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.0748^2}} = 0.15$$

$$r_{x_1x_3/y} = \frac{r_{x_1x_3} - r_{x_1y} \cdot r_{x_3y}}{\sqrt{(1-r_{x_1y}^2)(1-r_{x_3y}^2)}}$$

$$r_{x_1x_3/y} = \frac{-0.414 - (-0.45) \cdot 0.939}{\sqrt{(1-0.45^2) \cdot (1-0.939^2)}} = 0.028$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.028 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.028^2}} = 0.0559$$

$$r_{x_1x_3/x_2} = \frac{-0.414 - (-0.835) \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.675^2)}} = 0.369$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.37 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.37^2}} = 0.79$$

$$r_{x_1x_3/x_4} = \frac{-0.414 - (-0.84) \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.84^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.579$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.58 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.58^2}} = 1.42$$

$$r_{x_1x_4/y} = \frac{r_{x_1x_4} - r_{x_1y} \cdot r_{x_4y}}{\sqrt{(1-r_{x_1y}^2)(1-r_{x_4y}^2)}}$$

$$r_{x_1x_4/y} = \frac{-0.84 - (-0.45) \cdot 0.793}{\sqrt{(1-0.45^2) \cdot (1-0.793^2)}} = -0.889$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.89 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.89^2}} = 3.88$$

$$r_{x_1x_4/x_2} = \frac{-0.84 - (-0.835) \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.986^2)}} = -0.18$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.18 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.18^2}} = 0.37$$

$$r_{x_1x_4/x_3} = \frac{-0.84 - (-0.414) \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.414^2) \cdot (1-0.743^2)}} = -0.874$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.87 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.87^2}} = 3.6$$

$$r_{x_2x_3/y} = \frac{r_{x_2x_3} - r_{x_2y} \cdot r_{x_3y}}{\sqrt{(1-r_{x_2y}^2)(1-r_{x_3y}^2)}}$$

$$r_{x_2x_3/y} = \frac{0.675 - 0.715 \cdot 0.939}{\sqrt{(1-0.715^2) \cdot (1-0.939^2)}} = 0.0125$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.0125 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.0125^2}} = 0.0251$$

$$r_{x_2x_3/x_1} = \frac{0.675 - (-0.835) \cdot (-0.414)}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.414^2)}} = 0.657$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.66 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.66^2}} = 1.74$$

$$r_{x_2x_3/x_4} = \frac{0.675 - 0.986 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.986^2) \cdot (1-0.743^2)}} = -0.524$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.52 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.52^2}} = 1.23$$

$$r_{x_2x_4/y} = \frac{r_{x_2x_4} - r_{x_2y} \cdot r_{x_4y}}{\sqrt{(1-r_{x_2y}^2)(1-r_{x_4y}^2)}}$$

$$r_{x_2x_4/y} = \frac{0.986 - 0.715 \cdot 0.793}{\sqrt{(1-0.715^2) \cdot (1-0.793^2)}} = 0.984$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.98 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.98^2}} = 11.18$$

$$r_{x_2x_4/x_1} = \frac{0.986 - (-0.835) \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.84^2)}} = 0.954$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_1}^2}}$$



$$t_{nabl} = 0.95 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.95^2}} = 6.37$$

$$r_{x_2x_4/x_3} = \frac{0.986 - 0.675 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.675^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.982$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.98 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.98^2}} = 10.3$$

$$r_{x_3x_4/y} = \frac{r_{x_3x_4} - r_{x_3y} \cdot r_{x_4y}}{\sqrt{(1-r_{x_3y}^2)(1-r_{x_4y}^2)}}$$

$$r_{x_3x_4/y} = \frac{0.743 - 0.939 \cdot 0.793}{\sqrt{(1-0.939^2) \cdot (1-0.793^2)}} = -0.00984$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.00984 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.00984^2}} = 0.0197$$

$$r_{x_3x_4/x_1} = \frac{0.743 - (-0.414) \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1-0.414^2) \cdot (1-0.84^2)}} = 0.8$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.8^2}} = 2.67$$

$$r_{x_3x_4/x_2} = \frac{0.743 - 0.675 \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.675^2) \cdot (1-0.986^2)}} = 0.635$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.64 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.64^2}} = 1.65$$

В результате расчетов выявили значимые факторы.

Если в матрице есть межфакторный коэффициент корреляции  $r_{x_j x_i} > 0.7$ , то в данной модели множественной регрессии существует мультиколлинеарность. В нашем случае  $r(x_1 x_2)$ ,  $r(x_1 x_4)$ ,  $r(x_2 x_4)$ ,  $r(x_3 x_4)$  имеют  $|r| > 0.7$ , что говорит о мультиколлинеарности факторов и о необходимости исключения одного из них из дальнейшего анализа.

В нашем случае  $r(x_1 x_2)$ ,  $r(x_1 x_4)$ ,  $r(x_2 x_4)$ ,  $r(x_3 x_4)$  имеют  $|r| > 0.7$ , что говорит о мультиколлинеарности факторов и о необходимости исключения одного из них из дальнейшего анализа.

Наиболее детальным показателем наличия проблем, связанных с мультиколлинеарностью, является коэффициент увеличения дисперсии, определяемый для каждой переменной как:

$$VIF(b_j) = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

где  $R_j^2$  коэффициент множественной детерминации в регрессии  $X_j$  на прочие  $X$ .

О мультиколлинеарности будет свидетельствовать VIF от 4 и выше хотя бы для одного  $j$  [111-118].

Модель регрессии в стандартном масштабе предполагает, что все значения исследуемых признаков переводятся в стандарты (стандартизованные значения) по формулам:

$$t_j = \frac{x_{ji} - \bar{x}_j}{S(x_j)}$$

где  $x_{ji}$  - значение переменной  $x_{ji}$  в  $i$ -ом наблюдении.

$$t_y = \frac{y_i - \bar{y}}{S(y)}$$

Начало отсчета каждой стандартизованной переменной совмещается с ее средним значением, а в качестве единицы изменения принимается ее среднее квадратическое отклонение  $S$ .

Для наших данных (берем из матрицы парных коэффициентов корреляции):

$$-0,45 = \beta_1 - 0,835\beta_2 - 0,414\beta_3 - 0,84\beta_4$$

$$0,715 = -0,835\beta_1 + \beta_2 + 0,675\beta_3 + 0,986\beta_4$$

$$0,939 = -0,414\beta_1 + 0,675\beta_2 + \beta_3 + 0,743\beta_4$$

$$0,793 = -0,84\beta_1 + 0,986\beta_2 + 0,743\beta_3 + \beta_4$$

Данную систему линейных уравнений решаем методом Гаусса:  $\beta_1 = 0,43$ ;  $\beta_2 = -1,55$ ;  $\beta_3 = 0,378$ ;  $\beta_4 = 2,402$ ;

Стандартизированная форма уравнения регрессии имеет вид:

$$t_y = 0,43x_1 - 1,55x_2 + 0,378x_3 + 2,402x_4$$

Найденные из данной системы  $\beta$  – коэффициенты позволяют определить значения коэффициентов в регрессии в естественном масштабе

Для несмещенной оценки дисперсии сделаем следующие вычисления:

Несмещенная ошибка  $\varepsilon = Y - Y(x) = Y - X*s$  (абсолютная ошибка аппроксимации)

Y	Y(x)	$\varepsilon = Y - Y(x)$	$\varepsilon^2$	$(Y - Y_{cp})^2$	$ \varepsilon : Y $
84,00	75,56	8,44	71,22	484,00	0,10
130,00	132,22	-2,22	4,92	576,00	0,02
150,00	154,27	-4,27	18,22	1936,00	0,03
64,00	72,93	-8,93	79,68	1764,00	0,14
84,00	82,05	1,95	3,81	484,00	0,02
90,00	93,97	-3,97	15,75	256,00	0,04
140,00	131,01	8,99	80,82	1156,00	0,06
			274,41	6656,00	0,42

Средняя ошибка аппроксимации

$$A = \frac{\sum |\varepsilon : Y|}{n} \cdot 100\% = \frac{0,417}{7} \cdot 100\% = 5,96\%$$

Оценка дисперсии равна:

$$s_{\varepsilon}^2 = (Y - Y(X))^T (Y - Y(X)) = 274,409$$

Несмещенная оценка дисперсии равна:

$$s^2 = \frac{1}{n - m - 1} \cdot s_{\varepsilon}^2 = \frac{1}{7 - 4 - 1} \cdot 274,409 = 137,2047$$

Оценка среднеквадратичного отклонения (*стандартная ошибка для оценки Y*):

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{137.2047} = 11.713$$

Найдем оценку ковариационной матрицы вектора  $k = S^2 \cdot (X^T X)^{-1}$

1369,62	-277,69	-31,97	-831,68	9,56
-277,69	229,59	-9,75	-730,21	8,40
-31,97	-9,75	3,82	87,64	-1,78
-831,68	-730,21	87,64	5748,95	-55,90
9,56	8,40	-1,78	-55,90	0,92

Дисперсии параметров модели определяются соотношением  $S^2_{b_i} = K_{ii}$ , т.е. это элементы, лежащие на главной диагонали

$$S_{b_0} = \sqrt{1369.621} = 37.008$$

$$S_{b_1} = \sqrt{229.589} = 15.152$$

$$S_{b_2} = \sqrt{3.817} = 1.954$$

$$S_{b_3} = \sqrt{5748.949} = 75.822$$

$$S_{b_4} = \sqrt{0.924} = 0.961$$

Рассчитаем частные коэффициенты эластичности, которые определяются по формуле:

$$E_i = b_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}$$

Частный коэффициент эластичности показывает, насколько процентов в среднем изменяется признак-результат  $y$  с увеличением признака-фактора  $x_j$  на 1% от своего среднего уровня при фиксированном положении других факторов модели.

$$E_1 = 18.961 \cdot \frac{1.714}{106} = 0.307$$

$$E_2 = -2.8 \cdot \frac{35.571}{106} = -0.94$$

$$E_3 = 87.906 \cdot \frac{0.569}{106} = 0.472$$

$$E_4 = 1.675 \cdot \frac{77}{106} = 1.217$$

Влияние факторов на Y значительно.

Тесноту совместного влияния факторов на результат оценивает индекс множественной корреляции:

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_{\hat{y}}^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{274.409}{6656}} = 0.9792$$

Коэффициент множественной корреляции можно определить через матрицу парных коэффициентов корреляции:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta_r}{\Delta_{r11}}}$$

где  $\Delta_r$  - определитель матрицы парных коэффициентов корреляции;  $\Delta_{r11}$  - определитель матрицы межфакторной корреляции.

$$\Delta_r = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & -0,45 & 0,715 & 0,939 & 0,793 \\ \hline -0,45 & 1 & -0,835 & -0,414 & -0,84 \\ \hline 0,715 & -0,835 & 1 & 0,675 & 0,986 \\ \hline 0,939 & -0,414 & 0,675 & 1 & 0,743 \\ \hline 0,793 & -0,84 & 0,986 & 0,743 & 1 \\ \hline \end{array} = 6.4E-5$$

$$\Delta_{r11} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & -0,835 & -0,414 & -0,84 \\ \hline -0,835 & 1 & 0,675 & 0,986 \\ \hline -0,414 & 0,675 & 1 & 0,743 \\ \hline -0,84 & 0,986 & 0,743 & 1 \\ \hline \end{array} = 0.00154$$

Коэффициент множественной корреляции

$$R = \sqrt{1 - \frac{6.4E-5}{0.00154}} = 0.9792$$

Связь между признаком  $Y$  и факторами  $X_i$  весьма сильная.

Расчёт коэффициента корреляции выполним, используя известные значения линейных коэффициентов парной корреляции и  $\beta$ -коэффициентов.

$$R = \sqrt{(-0.45) \cdot 0.43 + 0.715 \cdot (-1.55) + 0.939 \cdot 0.378 + 0.793 \cdot 2.402} = \sqrt{0.959} = 0.979$$

Коэффициент детерминации

$$R^2 = 0,959$$

Коэффициент детерминации.

$$R^2 = 0,9792^2 = 0.9588$$

Более объективной оценкой является скорректированный коэффициент детерминации:

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-m-1}$$

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - 0.9588) \cdot \frac{7-1}{7-4-1} = 0.876$$

Стандартная ошибка коэффициента корреляции рассчитывается по формуле:

$$S_{eY} = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

$$S_{eY} = \frac{1}{\sqrt{7}} = 0.378$$

Если коэффициент автокорреляции первого порядка  $r_1$  находится в интервале:

$$-6.205 \cdot 0.378 < r_1 < 6.205 \cdot 0.378$$

то можно считать, что данные не показывают наличие автокорреляции первого порядка.

Используя расчетную таблицу, получаем:

$$r_1 \approx \frac{\sum \epsilon_i \cdot \epsilon_{i-1}}{\sum \epsilon_i^2} = \frac{-32.004}{274.409} = -0.117$$

Так как  $-2.345 < r_1 = -0.117 < 2.345$ , то свойство независимости остатков выполняется. Автокорреляции отсутствует.

### 4.3. Оптимизация линейной плотности пряжи после идентификации волокон методом секвенирования для выбора параметров настройки технологического оборудования

Решим прямую задачу линейного программирования симплексным методом, с использованием симплексной таблицы [123-129].

Определим минимальное значение целевой функции  $F(X) = 18,96x_1 - 2,8x_2 + 87,91x_3 + 1,68x_4 - 5,92$  при следующих условиях-ограничений.

При вычислениях значение  $F_c = -5,92$  временно не учитываем.

$$x_1 \geq 1$$

$$x_1 \leq 3$$

$$x_2 \geq 18$$

$$x_2 \leq 65$$

$$x_3 \geq 0,429$$

$$x_3 \leq 0,818$$

$$x_4 \geq 28$$

$$x_4 \leq 150$$

Для построения первого опорного плана систему неравенств приведем к системе уравнений путем введения дополнительных переменных (переход к канонической форме).

Вводим базисные переменные:

$$x_1 - x_5 = 1 \quad x_1 + x_6 = 3$$

$$x_2 - x_7 = 18$$

$$x_2 + x_8 = 65$$

$$x_3 - x_9 = 0,429$$

$$x_3 + x_{10} = 0,818$$

$$x_4 - x_{11} = 28$$

$$x_4 + x_{12} = 150$$

Расширенная матрица системы ограничений-равенств данной задачи:

1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,818
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	150

Приведем систему к единичной матрице методом жордановских преобразований.

1. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_5$ . Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,818



0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	150

2. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_6$ .

3. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_7$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0.429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.818
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	150

4. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_8$ .

5. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_9$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-18

0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,818
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	150

6. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_{10}$ .

7. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_{11}$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-18
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,818
0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	150

8. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_{12}$ .

Поскольку в системе имеется единичная матрица, то в качестве базисных переменных принимаем  $X = (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)$ . Выразим базисные переменные через остальные:

$$x_5 = x_1 - 1$$

$$x_6 = -x_1 + 3$$

$$x_7 = x_2 - 18$$

$$x_8 = -x_2 + 65$$

$$x_9 = x_3 - 0,429$$

$$x_{10} = -x_3 + 0,818$$

$$x_{11} = x_4 - 28 \quad x_{12} = -x_4 + 150$$

Подставим их в целевую функцию:  $F(X) = 18,96x_1 - 2,80x_2 + 87,91x_3 + 1,68x_4$

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_{11}$  следует ввести переменную  $x_4$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_5$	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_7$	-18	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_8$	65	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$x_9$	-0,429	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{10}$	0,818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0

$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$F(X_0)$	-47,04	18,96	-2,8	87,91	0	0	0	0	0	0	0	1,68	0

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_7$  следует ввести переменную  $x_2$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_5$	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_9$	-0.429	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{10}$	0.818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$F(X_1)$	3.36	18.96	0	87.91	0	0	0	-2.8	0	0	0	1.68	0

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
-1-(-18 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1
3-(-18 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1
-18 / -1	0 / -1	-1 / - 1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	1 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1
65-(- 18 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	1-(-1 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(1 * 1)/-1	1-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1
-0.429	0-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1
0.818	0-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1
28-(- 18 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1
122-(- 18 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_5$  следует ввести переменную  $x_1$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_1$	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_9$	-0,429	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{10}$	0,818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F( $x_2$ )	-15,6	0	0	87,91	0	18,96	0	-2,8	0	0	0	1,68	0

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
-1 / -1	-1 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	1 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1	0 / -1
3-(-1 * 1)/-1	1-(-1 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(1 * 1)/-1	1-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1

18-(-1 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	
47-(-1 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	
-0.429	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	
0.818	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	
28-(-1 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1	
122-(- 1 * 0)/- 1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_9$  следует ввести переменную  $x_3$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_1$	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0,429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
x <sub>10</sub>	0,389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X <sub>3</sub> )	-53,31	0	0	0	0	18,96	0	-2,8	0	87,91	0	1,68	0

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	
1	1-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(- 1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	-1- (0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1
2	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(- 1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1
18	0-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	0-(- 1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	-1- (0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1



47	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(- 1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	0-(1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1
- 0.429	0 / - 1	0 / - 1	-1 / -1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1
0.818	0-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	1-(- 1 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	0-(1 * 1)/- 1	1-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1	0-(0 * 1)/- 1
28	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(- 1 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	-1- (0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1
122	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(- 1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	0-(1 * 0)/- 1	0-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1	1-(0 * 0)/- 1

Выразим базисные переменные через остальные:

$$x_1 = x_5 + 1$$

$$x_6 = -x_5 + 2$$

$$x_2 = x_7 + 18$$

$$x_8 = -x_7 + 47$$

$$x_3 = x_9 + 0,429$$

$$x_{10} = -x_9 + 0,389$$

$$x_4 = x_{11} + 28$$

$$x_{12} = -x_{11} + 122$$

Подставим их в целевую функцию:

$$F(X) = 18,96(x_5+1)-2,8(x_7+18)+87,91(x_9+0,429)+1,68(x_{11}+28)-5,92x_5$$

или

$$F(X) = 18,96x_5-2,8x_7+87,91x_9+1,68x_{11}+53,313$$

$$x_1-x_5=1$$

$$x_5+x_6=2$$

$$x_2-x_7=18$$

$$x_7+x_8=47$$

$$x_3-x_9=0,429$$

$$x_9+x_{10}=0,389$$

$$x_4-x_{11}=28$$

$$x_{11}+x_{12}=122$$

При вычислениях значение  $F_c = 53.313$  временно не учитываем. Матрица коэффициентов  $A = a(ij)$  этой системы уравнений имеет вид:

1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Решим систему уравнений относительно базисных переменных:  $x_1, x_6, x_2, x_8, x_3, x_{10}, x_4, x_{12}$

Полагая, что свободные переменные равны 0, получим первый опорный план:

$$X_0 = (1, 18, 0,429, 28, 0, 2, 0, 47, 0, 0,389, 0, 122)$$

Базис	B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
x <sub>6</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0,429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
x <sub>10</sub>	0,389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X <sub>0</sub> )	0	0	0	0	0	-18,96	0	2,8	0	-87,91	0	-1,68	0

Текущий опорный план неоптимален, так как в индексной строке находятся положительные коэффициенты.

В качестве ведущего выберем столбец, соответствующий переменной x<sub>7</sub>, так как это наибольший коэффициент.

Вычислим значения D<sub>i</sub> по строкам как частное от деления: b<sub>i</sub> / a<sub>i7</sub>

и из них выберем наименьшее:

$$\min (-, -, -, -, 47 : 1, -, -, -, -) = 47$$

Следовательно, 4-ая строка является ведущей. Разрешающий элемент равен (1) и находится на пересечении ведущего столбца и ведущей строки.

Базис	В	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	min
x <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-
x <sub>6</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	47
x <sub>3</sub>	0,429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-
x <sub>10</sub>	0,389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	-
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-
F(X1)	0	0	0	0	0	-	0	2,8	0	-	0	-	0	0
						18,96				87,91		1,68		

Формируем следующую часть симплексной таблицы. Вместо переменной x<sub>8</sub> в план 1 войдет переменная x<sub>7</sub>.

Все остальные элементы нового плана 1, включая элементы индексной строки, определяются по правилу прямоугольника. Для этого выбираем из старого плана четыре числа, которые расположены в вершинах прямоугольника и всегда включают разрешающий элемент РЭ.

$$НЭ = СЭ - (А*В)/РЭ$$

СТЭ - элемент старого плана, РЭ - разрешающий элемент (1), А и В - элементы старого плана, образующие прямоугольник с элементами СТЭ и РЭ.

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

В	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
1-(47 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	-1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1
2-(47 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1
18- (47 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	1-(0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0-(0 * -1)/1	0-(0 * - 1)/1	-1- (1 * -1)/1	0-(1 * - 1)/1	0-(0 * -1)/1	0-(0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1
47 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1	1 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
0.429	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	-1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1
0.389	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1
28- (47 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	-1-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1
122- (47 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1
0	0	0	0	0	- 18.96	0	2.8	0	- 87.91	0	- 1.68	0

Получаем новую симплекс-таблицу:

Базис	В	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
x <sub>6</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	65	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
x <sub>7</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0,429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
x <sub>10</sub>	0,389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X1)	-131,6	0	0	0	0	-18,96	0	0	-2,8	-87,91	0	-1,68	0

Окончательный вариант симплекс-таблицы:

Базис	В	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
x <sub>6</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	65	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
x <sub>7</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0.429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0

x <sub>10</sub>	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X <sub>2</sub> )	-131.6	0	0	0	0	-18.96	0	0	-2.8	-87.91	0	-1.68	0

Оптимальный план можно записать так:

$$x_1 = 1, x_2 = 65, x_3 = 0.429, x_4 = 28$$

$$F(X) = 18.96*1 - 2.8*65 + 87.91*0.429 + 1.68*28 - 5.92 = -84.207$$

#### 4.4. Применение методов планирования эксперимента для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи

Для расчетов использованы данные, представленные в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Данные для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи

Разрывная нагрузка пряжи Y, Н	Количество сложений X <sub>1</sub>	Коэффициент крутки X <sub>2</sub>	Линейная плотность волокна X <sub>3</sub> , текс	Линейная плотность одной нити в пряже X <sub>4</sub> , текс
2,14	1	42	0,448	84
3,32	1	54	0,598	130
3,98	1	65	0,818	150
1,57	2	18	0,429	32
3,29	3	20	0,457	28
2,30	2	22	0,548	45
3,57	2	28	0,684	70

Определим вектор оценок коэффициентов регрессии. Согласно методу наименьших квадратов, вектор  $s$  получается из выражения:  $s = (X^T X)^{-1} X^T Y$

К матрице с переменными  $X_j$  добавляем единичный столбец:

1	1	42	0,448	84
1	1	54	0,598	130
1	1	65	0,818	150
1	2	18	0,429	32
1	3	20	0,457	28
1	2	22	0,548	45
1	2	28	0,684	70

Матрица Y

2,14
3,32
3,98
1,57
3,29
2,3
3,57

Умножаем матрицы,  $(X^T Y)$

20,17
-------



34,19
772,48
12,07
1704,12

Находим обратную матрицу  $(X^T X)^{-1}$

9,98	-2,02	-0,23	-6,06	0,07
-2,02	1,67	-0,07	-5,32	0,06
-0,23	-0,07	0,03	0,64	-0,01
-6,06	-5,32	0,64	41,90	-0,41
0,07	0,06	-0,01	-0,41	0,01

Вектор оценок коэффициентов регрессии равен

$$Y(X) = (X^T X)^{-1} X^T Y =$$

-2,29
1,46
-0,013
1,02
0,03

Уравнение регрессии (оценка уравнения регрессии)

$$Y = -2,29 + 1,46X_1 - 0,013X_2 + 1,02X_3 + 0,033X_4$$

Константа оценивает агрегированное влияние факторов на результат  $Y$  и означает, что  $Y$  при отсутствии  $x_i$  составила бы -2,29. Коэффициент  $b_1$  указывает, что с увеличением  $x_1$  на 1,  $Y$  увеличивается на 1,46. Коэффициент  $b_2$  указывает,

что с увеличением  $x_2$  на 1,  $Y$  снижается на 0,013. Коэффициент  $b_3$  указывает, что с увеличением  $x_3$  на 1,  $Y$  увеличивается на 1,02. Коэффициент  $b_4$  указывает, что с увеличением  $x_4$  на 1,  $Y$  увеличивается на 0,033.

Матрица, независимых переменных  $X$  имеет размерность (7 x 6).

Матрица  $A$ , составленная из  $Y$  и  $X$

1	2,14	1	42	0,448	84
1	3,32	1	54	0,598	130
1	3,98	1	65	0,818	150
1	1,57	2	18	0,429	32
1	3,29	3	20	0,457	28
1	2,3	2	22	0,548	45
1	3,57	2	28	0,684	70

Найдем парные коэффициенты корреляции.

$$r_{xy} = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s(x) \cdot s(y)}$$

$$r_{yx_1} = \frac{4.884 - 1.714 \cdot 2.881}{0.7 \cdot 0.815} = -0.097$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о низкой линейной связи между  $x_1$  и  $y$ .

$$r_{yx_2} = \frac{110.354 - 35.571 \cdot 2.881}{17.07 \cdot 0.815} = 0.565$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о умеренной линейной связи между  $x_2$  и  $y$ .

$$r_{yx_3} = \frac{1.726 - 0.569 \cdot 2.881}{0.133 \cdot 0.815} = 0.799$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной

линейной связи между  $x_3$  и  $y$ .

$$r_{yx_4} = \frac{243.446 - 77 \cdot 2.881}{44.217 \cdot 0.815} = 0.599$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о умеренной линейной связи между  $x_4$  и  $y$ .

$$r_{x_1x_2} = \frac{51 - 35.571 \cdot 1.714}{17.07 \cdot 0.7} = -0.835$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_2$  и  $x_1$ .

$$r_{x_1x_3} = \frac{0.937 - 0.569 \cdot 1.714}{0.133 \cdot 0.7} = -0.414$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о не сильной линейной связи между  $x_3$  и  $x_1$ .

$$r_{x_1x_4} = \frac{106 - 77 \cdot 1.714}{44.217 \cdot 0.7} = -0.84$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_4$  и  $x_1$ .

$$r_{x_2x_3} = \frac{21.764 - 0.569 \cdot 35.571}{0.133 \cdot 17.07} = 0.675$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о умеренной линейной связи между  $x_3$  и  $x_2$ .

$$r_{x_2x_4} = \frac{3483.429 - 77 \cdot 35.571}{44.217 \cdot 17.07} = 0.986$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о весьма сильной линейной связи между  $x_4$  и  $x_2$ .

$$r_{x_3x_4} = \frac{48.162 - 77 \cdot 0.569}{44.217 \cdot 0.133} = 0.743$$

Значения парного коэффициента корреляции свидетельствует о сильной линейной связи между  $x_4$  и  $x_3$ .

Признаки $x$ и $y$	$\sum x_i$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sum y_i$	$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$	$\sum x_i \cdot y_i$	$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n}$
--------------------	------------	--------------------------------	------------	--------------------------------	----------------------	--

Для u и x <sub>1</sub>	12,00	1,71	20,17	2,88	34,19	4,88
Для u и x <sub>2</sub>	249,00	35,57	20,17	2,88	772,48	110,35
Для u и x <sub>3</sub>	3,98	0,57	20,17	2,88	12,08	1,73
Для u и x <sub>4</sub>	539,00	77,00	20,17	2,88	1704,12	243,45
Для x <sub>1</sub> и x <sub>2</sub>	249,00	35,57	12,00	1,71	357,00	51,00
Для x <sub>1</sub> и x <sub>3</sub>	3,98	0,57	12,00	1,71	6,56	0,94
Для x <sub>1</sub> и x <sub>4</sub>	539,00	77,00	12,00	1,71	742,00	106,00
Для x <sub>2</sub> и x <sub>3</sub>	3,98	0,57	249,00	35,57	152,35	21,76
Для x <sub>2</sub> и x <sub>4</sub>	539,00	77,00	249,00	35,57	24384,00	3483,43
Для x <sub>3</sub> и x <sub>4</sub>	539,00	77,00	3,98	0,57	337,14	48,16

Дисперсии и среднеквадратические отклонения.

Признаки x и y	$D(x) = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2$	$D(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2$	$s(x) = \sqrt{D(x)}$	$s(y) = \sqrt{D(y)}$
Для u и x <sub>1</sub>	0,49	0,66	0,70	0,82
Для u и x <sub>2</sub>	291,39	0,66	17,07	0,82
Для u и x <sub>3</sub>	0,02	0,66	0,13	0,82
Для u и x <sub>4</sub>	1955,14	0,66	44,22	0,82
Для x <sub>1</sub> и x <sub>2</sub>	291,39	0,49	17,07	0,70

Для $x_1$ и $x_3$	0,02	0,49	0,13	0,70
Для $x_1$ и $x_4$	1955,14	0,49	44,22	0,70
Для $x_2$ и $x_3$	0,02	291,39	0,13	17,07
Для $x_2$ и $x_4$	1955,14	291,39	44,22	17,07
Для $x_3$ и $x_4$	1955,14	0,02	44,22	0,13

Матрица парных коэффициентов корреляции R:

-	у	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
у	1,00	-0,10	0,56	0,80	0,60
$x_1$	-0,10	1,00	-0,84	-0,41	-0,84
$x_2$	0,56	-0,84	1,00	0,67	0,99
$x_3$	0,80	-0,41	0,67	1,00	0,74
$x_4$	0,60	-0,84	0,99	0,74	1,00

Рассчитаем наблюдаемые значения t-статистики для  $r_{yx_1}$  по формуле:

$$t_{nabl} = r_{yx_1} \cdot \frac{\sqrt{n-m-1}}{\sqrt{1-r_{yx_1}^2}}$$

где  $m = 1$  - количество факторов в уравнении регрессии.

$$t_{nabl} = 0.097 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.097^2}} = 0.22$$

По таблице Стьюдента находим  $T_{табл}$

$$t_{крит}(n-m-1; \alpha/2) = (5; 0.025) = 3.163$$

Рассчитаем наблюдаемые значения t-статистики по формулам:

$$t_{nabl} = 0.56 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.56^2}} = 1.53$$

$$t_{nabl} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.8^2}} = 2.98$$

$$t_{nabl} = 0.6 \cdot \frac{\sqrt{7-1-1}}{\sqrt{1-0.6^2}} = 1.67$$

$$r_{ij,s} = -\frac{R_{ij}}{\sqrt{R_{ii} \cdot R_{jj}}}$$

где  $R_{ij}$  - алгебраическое дополнение элемента  $r_{ij}$  матрицы  $R$ .

$$r_{yx_1/x_2} = \frac{-0.097 - 0.565 \cdot (-0.835)}{\sqrt{(1-0.565^2) \cdot (1-0.835^2)}} = 0.827$$

$$t_{nabl} = r_{yx_1/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_1/x_2}^2}}$$

где  $k = 1$  - число фиксируемых факторов.

$$t_{nabl} = 0.83 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.83^2}} = 2.94$$

$$t_{крит}(n-k-2; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$$

$$r_{yx_1/x_3} = \frac{-0.097 - 0.799 \cdot (-0.414)}{\sqrt{(1-0.799^2) \cdot (1-0.414^2)}} = 0.428$$

$$t_{nabl} = r_{yx_1/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_1/x_3}^2}}$$

где  $k = 1$  - число фиксируемых факторов.

$$t_{nabl} = 0.43 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.43^2}} = 0.95$$

$$t_{крит}(n-k-2; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$$

$$r_{yx_1/x_4} = \frac{-0.097 - 0.599 \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1-0.599^2) \cdot (1-0.84^2)}} = 0.935$$

$$t_{nabl} = r_{yx_1/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_1/x_4}^2}}$$

где  $k = 1$  - число фиксируемых факторов.

$$t_{nabl} = 0.94 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.94^2}} = 5.28$$

$$t_{\text{крит}}(n-k-2; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$$

$$r_{yx_2/x_1} = \frac{0.565 - (-0.097) \cdot (-0.835)}{\sqrt{(1-0.097^2) \cdot (1-0.835^2)}} = 0.884$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.88 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.88^2}} = 3.79$$

$$r_{yx_2/x_3} = \frac{0.565 - 0.799 \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.799^2) \cdot (1-0.675^2)}} = 0.0572$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.0572 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.0572^2}} = 0.11$$

$$r_{yx_2/x_4} = \frac{0.565 - 0.599 \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.599^2) \cdot (1-0.986^2)}} = -0.194$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.19 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.19^2}} = 0.4$$

$$r_{yx_3/x_1} = \frac{0.799 - (-0.097) \cdot (-0.414)}{\sqrt{(1-0.097^2) \cdot (1-0.414^2)}} = 0.838$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.84 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.84^2}} = 3.07$$

$$r_{yx_3/x_2} = \frac{0.799 - 0.565 \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.565^2) \cdot (1-0.675^2)}} = 0.687$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.69 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.69^2}} = 1.89$$

$$r_{yx_3/x_4} = \frac{0.799 - 0.599 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.599^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.661$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.66 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.66^2}} = 1.76$$

$$r_{yx_4/x_1} = \frac{0.599 - (-0.097) \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1-0.097^2) \cdot (1-0.84^2)}} = 0.958$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.96 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.96^2}} = 6.72$$

$$r_{yx_4/x_2} = \frac{0.599 - 0.565 \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.565^2) \cdot (1-0.986^2)}} = 0.306$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.31 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.31^2}} = 0.64$$

$$r_{yx_4/x_3} = \frac{0.599 - 0.799 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.799^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.0119$$



$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.0119 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.0119^2}} = 0.0238$$

$$r_{x_1x_2/y} = \frac{r_{x_1x_2} - r_{x_1y} \cdot r_{x_2y}}{\sqrt{(1-r_{x_1y}^2)(1-r_{x_2y}^2)}}$$

$$r_{x_1x_2/y} = \frac{-0.835 - (-0.097) \cdot 0.565}{\sqrt{(1-0.097^2) \cdot (1-0.565^2)}} = -0.95$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.95 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.95^2}} = 6.11$$

$$r_{x_1x_2/x_3} = \frac{-0.835 - (-0.414) \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.414^2) \cdot (1-0.675^2)}} = -0.828$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.83 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.83^2}} = 2.95$$

$$r_{x_1x_2/x_4} = \frac{-0.835 - (-0.84) \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.84^2) \cdot (1-0.986^2)}} = -0.0748$$

$$t_{nabl} = r_{yx_2/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_2/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.0748 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.0748^2}} = 0.15$$

$$r_{x_1x_3/y} = \frac{r_{x_1x_3} - r_{x_1y} \cdot r_{x_3y}}{\sqrt{(1-r_{x_1y}^2)(1-r_{x_3y}^2)}}$$

$$r_{x_1x_3/y} = \frac{-0.414 - (-0.097) \cdot 0.799}{\sqrt{(1-0.097^2) \cdot (1-0.799^2)}} = -0.563$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.56 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.56^2}} = 1.36$$

$$r_{x_1x_3/x_2} = \frac{-0.414 - (-0.835) \cdot 0.675}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.675^2)}} = 0.369$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.37 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.37^2}} = 0.79$$

$$r_{x_1x_3/x_4} = \frac{-0.414 - (-0.84) \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.84^2) \cdot (1-0.743^2)}} = 0.579$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.58 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.58^2}} = 1.42$$

$$r_{x_1x_4/y} = \frac{r_{x_1x_4} - r_{x_1y} \cdot r_{x_4y}}{\sqrt{(1-r_{x_1y}^2)(1-r_{x_4y}^2)}}$$

$$r_{x_1x_4/y} = \frac{-0.84 - (-0.097) \cdot 0.599}{\sqrt{(1-0.097^2) \cdot (1-0.599^2)}} = -0.981$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.98 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.98^2}} = 10.17$$

$$r_{x_1x_4/x_2} = \frac{-0.84 - (-0.835) \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.986^2)}} = -0.18$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.18 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.18^2}} = 0.37$$

$$r_{x_1x_4/x_3} = \frac{-0.84 - (-0.414) \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.414^2) \cdot (1-0.743^2)}} = -0.874$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.87 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.87^2}} = 3.6$$

$$r_{x_2x_3/y} = \frac{r_{x_2x_3} - r_{x_2y} \cdot r_{x_3y}}{\sqrt{(1-r_{x_2y}^2)(1-r_{x_3y}^2)}}$$

$$r_{x_2x_3/y} = \frac{0.675 - 0.565 \cdot 0.799}{\sqrt{(1-0.565^2) \cdot (1-0.799^2)}} = 0.45$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.45 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.45^2}} = 1.01$$

$$r_{x_2x_3/x_1} = \frac{0.675 - (-0.835) \cdot (-0.414)}{\sqrt{(1-0.835^2) \cdot (1-0.414^2)}} = 0.657$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.66 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.66^2}} = 1.74$$

$$r_{x_2x_3/x_4} = \frac{0.675 - 0.986 \cdot 0.743}{\sqrt{(1-0.986^2) \cdot (1-0.743^2)}} = -0.524$$

$$t_{nabl} = r_{yx_3/x_4} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_3/x_4}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.52 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.52^2}} = 1.23$$

$$r_{x_2x_4/y} = \frac{r_{x_2x_4} - r_{x_2y} \cdot r_{x_4y}}{\sqrt{(1-r_{x_2y}^2)(1-r_{x_4y}^2)}}$$

$$r_{x_2x_4/y} = \frac{0.986 - 0.565 \cdot 0.599}{\sqrt{(1 - 0.565^2) \cdot (1 - 0.599^2)}} = 0.981$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.98 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.98^2}} = 9.99$$

$$r_{x_2x_4/x_1} = \frac{0.986 - (-0.835) \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1 - 0.835^2) \cdot (1 - 0.84^2)}} = 0.954$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.95 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.95^2}} = 6.37$$

$$r_{x_2x_4/x_3} = \frac{0.986 - 0.675 \cdot 0.743}{\sqrt{(1 - 0.675^2) \cdot (1 - 0.743^2)}} = 0.982$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_3} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_3}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.98 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.98^2}} = 10.3$$

$$r_{x_3x_4/y} = \frac{r_{x_3x_4} - r_{x_3y} \cdot r_{x_4y}}{\sqrt{(1-r_{x_3y}^2)(1-r_{x_4y}^2)}}$$

$$r_{x_3x_4/y} = \frac{0.743 - 0.799 \cdot 0.599}{\sqrt{(1 - 0.799^2) \cdot (1 - 0.599^2)}} = 0.549$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/y} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/y}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.55 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.55^2}} = 1.31$$

$$r_{x_3x_4/x_1} = \frac{0.743 - (-0.414) \cdot (-0.84)}{\sqrt{(1 - 0.414^2) \cdot (1 - 0.84^2)}} = 0.8$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_1} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_1}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.8^2}} = 2.67$$

$$r_{x_3x_4/x_2} = \frac{0.743 - 0.675 \cdot 0.986}{\sqrt{(1-0.675^2) \cdot (1-0.986^2)}} = 0.635$$

$$t_{nabl} = r_{yx_4/x_2} \cdot \frac{\sqrt{n-k-2}}{\sqrt{1-r_{yx_4/x_2}^2}}$$

$$t_{nabl} = 0.64 \cdot \frac{\sqrt{7-1-2}}{\sqrt{1-0.64^2}} = 1.65$$

В результате расчетов выявлены значимые факторы.

При сравнении коэффициентов парной и частной корреляции видно, что из-за влияния межфакторной зависимости между  $x_i$  происходит завышение оценки тесноты связи между переменными.

В нашем случае  $r(x_1x_2)$ ,  $r(x_1x_4)$ ,  $r(x_2x_4)$ ,  $r(x_3x_4)$  имеют  $|r| > 0.7$ , что говорит о мультиколлинеарности факторов и о необходимости исключения одного из них из дальнейшего анализа.

Наиболее детальным показателем наличия проблем, связанных с мультиколлинеарностью, является коэффициент увеличения дисперсии, определяемый для каждой переменной как:

$$VIF(b_j) = \frac{1}{1-R_j^2}$$

где  $R_j^2$  коэффициент множественной детерминации в регрессии  $X_j$  на прочие  $X$ .

Модель регрессии в стандартном масштабе предполагает, что все значения исследуемых признаков переводятся в стандарты (стандартизованные значения) по формулам:

$$t_j = \frac{x_{ji} - \bar{x}_j}{S(x_j)}$$

где  $x_{ji}$  - значение переменной  $x_{ji}$  в  $i$ -ом наблюдении.

$$t_y = \frac{y_i - \bar{y}}{S(y)}$$

Если связь между переменными в естественном масштабе линейная, то изменение начала отсчета и единицы измерения этого свойства не нарушат, так

что и стандартизованные переменные будут связаны линейным соотношением:

$$t_y = \sum \beta_j t_{x_j}$$

Для оценки  $\beta$ -коэффициентов применим МНК. При этом система нормальных уравнений будет иметь вид [123-130]:

$$r_{x_1y} = \beta_1 + r_{x_1x_2} \cdot \beta_2 + \dots + r_{x_1x_m} \cdot \beta_m$$

$$r_{x_2y} = r_{x_2x_1} \cdot \beta_1 + \beta_2 + \dots + r_{x_2x_m} \cdot \beta_m$$

...

$$r_{x_my} = r_{x_mx_1} \cdot \beta_1 + r_{x_mx_2} \cdot \beta_2 + \dots + \beta_m$$

Для наших данных (берем из матрицы парных коэффициентов корреляции):

$$-0,097 = \beta_1 - 0,835\beta_2 - 0,414\beta_3 - 0,84\beta_4$$

$$0,565 = -0,835\beta_1 + \beta_2 + 0,675\beta_3 + 0,986\beta_4$$

$$0,799 = -0,414\beta_1 + 0,675\beta_2 + \beta_3 + 0,743\beta_4$$

$$0,599 = -0,84\beta_1 + 0,986\beta_2 + 0,743\beta_3 + \beta_4$$

Данную систему линейных уравнений решаем методом Гаусса:  $\beta_1 = 1,256$ ;  $\beta_2 = -0,281$ ;  $\beta_3 = 0,166$ ;  $\beta_4 = 1,808$ ;

Стандартизованная форма уравнения регрессии имеет вид:

$$t_y = 1,256x_1 - 0,281x_2 + 0,166x_3 + 1,808x_4$$

Найденные из данной системы  $\beta$ -коэффициенты позволяют определить значения коэффициентов в регрессии в естественном масштабе по формулам:

$$b_j = \beta \cdot \frac{S(y)}{S(x_j)}$$

$$a = \bar{y} - \sum b_j \cdot \bar{x}_j$$

Для несмещенной оценки дисперсии проделаем следующие вычисления:

Несмещенная ошибка  $\varepsilon = Y - Y(x) = Y - X \cdot s$  (абсолютная ошибка аппроксимации)

Y	Y(x)	$\varepsilon = Y - Y(x)$	$\varepsilon^2$	$(Y - Y_{cp})^2$	$ \varepsilon : Y $
2,14	1,86	0,28	0,08	0,55	0,13
3,32	3,39	-0,07	0,00	0,19	0,02
3,98	4,13	-0,15	0,02	1,21	0,04

1,57	1,89	-0,32	0,10	1,72	0,21
3,29	3,22	0,07	0,00	0,17	0,02
2,30	2,39	-0,09	0,01	0,34	0,04
3,57	3,29	0,29	0,08	0,47	0,08
			0,30	4,65	0,53

Средняя ошибка аппроксимации

$$A = \frac{\sum |\epsilon \cdot Y|}{n} \cdot 100\% = \frac{0,534}{7} \cdot 100\% = 7,63\%$$

Оценка дисперсии равна:

$$s_e^2 = (Y - Y(X))^T (Y - Y(X)) = 0,303$$

Несмещенная оценка дисперсии равна:

$$s^2 = \frac{1}{n - m - 1} \cdot s_e^2 = \frac{1}{7 - 4 - 1} \cdot 0,303 = 0,1515$$

Оценка среднеквадратичного отклонения (*стандартная ошибка для оценки Y*):

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,1515} = 0,389$$

Найдем оценку ковариационной матрицы вектора  $k = S^2 \cdot (X^T X)^{-1}$

1,51	-0,31	-0,04	-0,92	0,01
-0,31	0,25	-0,01	-0,81	0,01
-0,04	-0,01	0,004	0,10	0,002
-0,92	-0,81	0,10	6,35	-0,06
0,01	0,01	0,00	-0,06	0,00

Дисперсии параметров модели определяются соотношением  $S^2_i = K_{ii}$ , т.е. это элементы, лежащие на главной диагонали

$$S_{b0} = \sqrt{1,513} = 1,23$$

$$S_{b1} = \sqrt{0,254} = 0,504$$

$$S_{b2} = \sqrt{0,00422} = 0,0649$$

$$S_{b3} = \sqrt{6,35} = 2,52$$

$$S_{b4} = \sqrt{0.00102} = 0.0319$$

С целью расширения возможностей содержательного анализа модели регрессии используются частные коэффициенты эластичности, которые определяются по формуле:

$$E_i = b_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}$$

Частный коэффициент эластичности показывает, насколько процентов в среднем изменяется признак-результат  $y$  с увеличением признака-фактора  $x_j$  на 1% от своего среднего уровня при фиксированном положении других факторов модели.

$$E_1 = 1.462 \cdot \frac{1.714}{2.88} = 0.87$$

$$E_2 = -0.0134 \cdot \frac{35.571}{2.88} = -0.165$$

$$E_3 = 1.02 \cdot \frac{0.569}{2.88} = 0.201$$

$$E_4 = 0.0333 \cdot \frac{77}{2.88} = 0.89$$

Так для нашего примера непосредственное влияние фактора  $x_1$  на результат  $Y$  в уравнении регрессии измеряется  $\beta_j$  и составляет 1.256; косвенное (опосредованное) влияние данного фактора на результат определяется как:

$$r_{x_1x_2}\beta_2 = -0.835 * (-0.281) = 0.2346$$

Долю каждого фактора в общей вариации результативного признака определяют коэффициенты отдельной детерминации (отдельного определения):  $d^2_i = r_{yx_i}\beta_i$ .

$$d^2_1 = -0.097 * 1.256 = -0.122$$

$$d^2_2 = 0.56 * (-0.281) = -0.159$$

$$d^2_3 = 0.8 * 0.166 = 0.133$$

$$d^2_4 = 0.6 * 1.808 = 1.082$$

При этом должно выполняться равенство:

$$\sum d_i^2 = R^2 = 0.935$$

Множественный коэффициент корреляции (Индекс множественной корреляции).



$$R = \sqrt{1 - \frac{s_{\xi}^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{0.303}{4.65}} = 0.9668$$

Коэффициент множественной корреляции можно определить через матрицу парных коэффициентов корреляции:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta_r}{\Delta_{r11}}}$$

где  $\Delta_r$  - определитель матрицы парных коэффициентов корреляции;  $\Delta_{r11}$  - определитель матрицы межфакторной корреляции.

$$\Delta_r = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & -0,097 & 0,565 & 0,799 & 0,599 \\ \hline -0,097 & 1 & -0,835 & -0,414 & -0,84 \\ \hline 0,565 & -0,835 & 1 & 0,675 & 0,986 \\ \hline 0,799 & -0,414 & 0,675 & 1 & 0,743 \\ \hline 0,599 & -0,84 & 0,986 & 0,743 & 1 \\ \hline \end{array} = 0.000101$$

$$\Delta_{r11} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & -0,835 & -0,414 & -0,84 \\ \hline -0,835 & 1 & 0,675 & 0,986 \\ \hline -0,414 & 0,675 & 1 & 0,743 \\ \hline -0,84 & 0,986 & 0,743 & 1 \\ \hline \end{array} = 0.00154$$

Коэффициент множественной корреляции

$$R = \sqrt{1 - \frac{0.000101}{0.00154}} = 0.9668$$

Связь между признаком Y и факторами X<sub>i</sub> весьма сильная.

**4.5. Оптимизация разрывной нагрузки пряжи  
после идентификации волокон методом секвенирования  
для выбора параметров настройки технологического оборудования**

Решим прямую задачу линейного программирования симплексным методом, с использованием симплексной таблицы [123-129].

Определим максимальное значение целевой функции  $F(X) = 1,46x_1 - 0,013x_2 + 1,02x_3 + 0,033x_4 - 2,3$  при следующих условиях-ограничений.

При вычислениях значение  $F_c = -2,3$  временно не учитываем.

$$x_1 \geq 1$$

$$x_1 \leq 3$$

$$x_2 \geq 18$$

$$x_2 \leq 65$$

$$x_3 \geq 0,429$$

$$x_3 \leq 0,818$$

$$x_4 \geq 28$$

$$x_4 \leq 150$$

Для построения первого опорного плана систему неравенств приведем к системе уравнений путем введения дополнительных переменных (переход к канонической форме).

Базисные переменные

$$x_1 - x_5 = 1$$

$$x_1 + x_6 = 3$$

$$x_2 - x_7 = 18$$

$$x_2 + x_8 = 65$$

$$x_3 - x_9 = 0.429$$

$$x_3 + x_{10} = 0.818$$

$$x_4 - x_{11} = 28$$

$$x_4 + x_{12} = 150$$

Расширенная матрица системы ограничений-равенств данной задачи:

1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,818
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	150

Приведем систему к единичной матрице методом жордановских преобразований.

1. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_5$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,818

0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	150

2. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_6$ .

3. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_7$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	65
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0,429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.818
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	150

4. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_8$ .

5. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_9$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	65

0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-0.429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.818
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	150

6. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_{10}$ .

7. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_{11}$ .

Получаем новую матрицу:

-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-18
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	65
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-0.429
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.818
0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-28
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	150

8. В качестве базовой переменной можно выбрать  $x_{12}$ .

Поскольку в системе имеется единичная матрица, то в качестве базисных переменных принимаем  $X = (5,6,7,8,9,10,11,12)$ .

Выразим базисные переменные через остальные:

$$x_5 = x_1 - 1$$

$$x_6 = -x_1 + 3$$

$$x_7 = x_2 - 18$$

$$x_8 = -x_2 + 65$$

$$x_9 = x_3 - 0.429$$

$$x_{10} = -x_3 + 0.818$$

$$x_{11} = x_4 - 28$$

$$x_{12} = -x_4 + 150$$

Подставим их в целевую функцию:

$$F(X) = 1.46x_1 - 0.013x_2 + 1.02x_3 + 0.033x_4$$

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_{11}$  следует ввести переменную  $x_4$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_5$	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_7$	-18	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_8$	65	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$x_9$	-0,429	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{10}$	0,818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X0)	-0.924	1.46	-0.013	1.02	0	0	0	0	0	0	0	0.033	0

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_7$  следует ввести переменную  $x_2$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_5$	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_9$	-0.429	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{10}$	0.818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F( $x_1$ )	-0.69	1.46	0	1.02	0	0	0	-0.013	0	0	0	0.033	0

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$-1 - (-18 * 0) / -1$	$-1 - (0 * 0) / -1$	$0 - (-1 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$1 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (1 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$
$3 - (-18 * 0) / -1$	$1 - (0 * 0) / -1$	$0 - (-1 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$1 - (0 * 0) / -1$	$0 - (1 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$	$0 - (0 * 0) / -1$

-18 / -1	0 / - 1	-1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1
65-(- 18 * 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	1-(-1 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(1 *) 1)/-1	1-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1
-0.429	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
0.818	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
28-(- 18 * 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
122-(- 18 * 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_5$  следует ввести переменную  $x_1$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_1$	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_9$	-0.429	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$x_{10}$	0.818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0



$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$F(X_2)$	-2.15	0	0	1.02	0	1.46	0	-0.013	0	0	0	0.033	0

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

$B$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
-1 / -1	-1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1
3-(-1 * 1)/-1	1-(-1 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(1 *) 1)/-1	1-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1	0-(0 *) 1)/-1
18-(-1 * 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
47-(-1 * 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
-0.429	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
0.818	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
28-(-1 * 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
122-(- 1 * 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1

Среди свободных членов  $b_i$  имеются отрицательные значения, следовательно, полученный базисный план не является опорным.

Вместо переменной  $x_9$  следует ввести переменную  $x_3$ .

Выполняем преобразования симплексной таблицы методом Жордано-Гаусса.

Базис	B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
x <sub>6</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0.429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
x <sub>10</sub>	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X3)	-2.59	0	0	0	0	1.46	0	-0.013	0	1.02	0	0.033	0

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
2	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
18	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	-1-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
47	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(-1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	1-(0 *) 0)/-1	0-(1 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1	0-(0 *) 0)/-1
- 0.429	0 / - 1	0 / - 1	-1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	1 / - 1	0 / - 1	0 / - 1	0 / - 1

0.818	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	1-(-1 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(1 * 1)/-1	1-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1	0-(0 * 1)/-1
28	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	-1-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1
122	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(-1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	0-(1 * 0)/-1	0-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1	1-(0 * 0)/-1

Выразим базисные переменные через остальные:

$$x_1 = x_5 + 1$$

$$x_6 = -x_5 + 2$$

$$x_2 = x_7 + 18$$

$$x_8 = -x_7 + 47$$

$$x_3 = x_9 + 0.429$$

$$x_{10} = -x_9 + 0.389$$

$$x_4 = x_{11} + 28$$

$$x_{12} = -x_{11} + 122$$

Подставим их в целевую функцию:

$$F(X) = 1.46(x_5 + 1) - 0.013(x_7 + 18) + 1.02(x_9 + 0.429) + 0.033(x_{11} + 28) - 2.3x_5$$

или

$$F(X) = 1.46x_5 - 0.013x_7 + 1.02x_9 + 0.033x_{11} + 2.588$$

$$x_1 - x_5 = 1$$

$$x_5 + x_6 = 2$$

$$x_2 - x_7 = 18$$

$$x_7 + x_8 = 47$$

$$x_3 - x_9 = 0.429$$

$$x_9 + x_{10} = 0.389$$

$$x_4 - x_{11} = 28$$

$$x_{11} + x_{12} = 122$$

При вычислениях значение  $F_c = 2.588$  временно не учитываем.

Матрица коэффициентов  $A = a(ij)$  этой системы уравнений имеет вид:

1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Базисные переменные — это переменные, которые входят только в одно уравнение системы ограничений и притом с единичным коэффициентом.

Решим систему уравнений относительно базисных переменных:  $x_1, x_6, x_2, x_8, x_3, x_{10}, x_4, x_{12}$

Полагая, что свободные переменные равны 0, получим первый опорный план:

$$X_0 = (1, 18, 0.429, 28, 0, 2, 0, 47, 0, 0.389, 0, 122)$$

Базисное решение называется допустимым, если оно неотрицательно.

Базис	B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_1$	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
$x_6$	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

x <sub>3</sub>	0.429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
x <sub>10</sub>	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X <sub>0</sub> )	0	0	0	0	0	-1.46	0	0.013	0	-1.02	0	-0.033	0

Текущий опорный план неоптимален, так как в индексной строке находятся отрицательные коэффициенты.

В качестве ведущего выберем столбец, соответствующий переменной x<sub>5</sub>, так как это наибольший коэффициент по модулю.

Вычислим значения D<sub>i</sub> по строкам как частное от деления: b<sub>i</sub> / a<sub>i5</sub>

и из них выберем наименьшее:

$$\min(-, 2 : 1, -, -, -, -, -, -) = 2$$

Следовательно, 2-ая строка является ведущей.

Разрешающий элемент равен (1) и находится на пересечении ведущего столбца и ведущей строки.

Базис	B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	min
x <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-
x <sub>6</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	-
x <sub>3</sub>	0.429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-
x <sub>10</sub>	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	-
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-
F(X <sub>1</sub> )	0	0	0	0	0	-1,46	0	0,013	0	-1,02	0	-0,033	0	0

Формируем следующую часть симплексной таблицы. Вместо переменной  $x_6$  в план 1 войдет переменная  $x_5$ .

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

В	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
1-(2 * - 1)/1	1- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	-1- (1 * - 1)/1	0- (1 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1
2 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1	1 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1
18-(2 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	-1-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1
47-(2 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1
0.429	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	-1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1
0.389	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1

28-(2 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	-1-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1
122- (2 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1
0	0	0	0	0	- 1.46	0	0.013	0	- 1.02	0	- 0.033	0

Получаем новую симплекс-таблицу:

Базис	B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>5</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0.429	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
x <sub>10</sub>	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X1)	2.92	0	0	0	0	0	1.46	0.013	0	-1.02	0	-0.033	0

Текущий опорный план неоптимален, так как в индексной строке находятся отрицательные коэффициенты.

В качестве ведущего выберем столбец, соответствующий переменной  $x_9$ , так как это наибольший коэффициент по модулю.

Вычислим значения  $D_i$  по строкам как частное от деления:  $b_i / a_{i9}$

и из них выберем наименьшее:

$$\min(-, -, -, -, -, 0.389 : 1, -, -) = 0.389$$

Следовательно, 6-ая строка является ведущей.

Разрешающий элемент равен (1) и находится на пересечении ведущего столбца и ведущей строки.

Базис	В	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	min
$x_1$	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-
$x_5$	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	-
$x_3$	0.42 9	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-
$x_{10}$	0.38 9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.38 9
$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	-
$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-



F(X2 )	2.92	0	0	0	0	0	1.4	0.01	0	-	0	-	0	0
							6	3		1,0		0,03		
										2		3		

Формируем следующую часть симплексной таблицы. Вместо переменной  $x_{10}$  в план 2 войдет переменная  $x_9$ .

В новом плане 2 заполнены строка  $x_9$  и столбец  $x_9$ . Все остальные элементы нового плана 2, включая элементы индексной строки, определяются по правилу прямоугольника.

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

В	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
3	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1-(0 *) 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1
2	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	1-(0 *) 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1
18	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	-1-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1
47	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	1-(0 *) 0)/1	1- (0 * 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1

0.429	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	1- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	-1- (1 * - 1)/1	0- (1 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1
0.389	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1	1 / 1	0 / 1	0 / 1
28	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	-1-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1
122	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1
2.92	0	0	0	0	0	1.46	0.013	0	- 1.02	0	- 0.033	0

Получаем новую симплекс-таблицу:

Базис	B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>5</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0.818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

x <sub>9</sub>	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
x <sub>4</sub>	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
x <sub>12</sub>	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F(X <sub>2</sub> )	3.32	0	0	0	0	0	1.46	0.013	0	0	1.02	-0.033	0	0

Текущий опорный план неоптимален, так как в индексной строке находятся отрицательные коэффициенты.

В качестве ведущего выберем столбец, соответствующий переменной x<sub>11</sub>, так как это наибольший коэффициент по модулю.

Вычислим значения D<sub>i</sub> по строкам как частное от деления: b<sub>i</sub> / a<sub>i11</sub>

и из них выберем наименьшее:

$$\min(-, -, -, -, -, -, -, 122 : 1) = 122$$

Следовательно, 8-ая строка является ведущей.

Разрешающий элемент равен (1) и находится на пересечении ведущего столбца и ведущей строки.

Базис	B	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	min
x <sub>1</sub>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-
x <sub>5</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	-
x <sub>3</sub>	0,818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-
x <sub>9</sub>	0,389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-

$x_4$	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	-
$x_{12}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	122
F(X3)	3,32	0	0	0	0	0	1,46	0,013	0	0	1.02	-0,033	0	0

Формируем следующую часть симплексной таблицы. Вместо переменной  $x_{12}$  в план 3 войдет переменная  $x_{11}$ .

Представим расчет каждого элемента в виде таблицы:

B	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
3- (122 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1-(0 *) 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1
2- (122 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	1-(0 *) 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1
18- (122 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	-1-(0 *) 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1
47- (122 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	1-(0 *) 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 *) 0)/1	0-(1 *) 0)/1	0- (1 * 0)/1

0.818	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1
0.389	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0-(0 * 0)/1	0- (0 * 0)/1	1- (0 * 0)/1	1-(0 * 0)/1	0-(1 * 0)/1	0- (1 * 0)/1
28- (122 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	1- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0- (0 * - 1)/1	0-(0 * - 1)/1	-1-(1 * - 1)/1	0- (1 * - 1)/1
122 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	0 / 1	1 / 1	1 / 1
3.317	0	0	0	0	0	1.46	0.013	0	0	1.02	- 0.033	0

Получаем новую симплекс-таблицу:

Базис	В	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
x <sub>1</sub>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>5</sub>	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
x <sub>2</sub>	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
x <sub>8</sub>	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	0.818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

$x_9$	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
$x_4$	150	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$x_{11}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$F(X_3)$	7.34	0	0	0	0	0	1.46	0.013	0	0	1.02	0	0.033	

Среди значений индексной строки нет отрицательных. Поэтому эта таблица определяет оптимальный план задачи.

Окончательный вариант симплекс-таблицы:

Базис	В	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$
$x_1$	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$x_5$	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$x_2$	18	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
$x_8$	47	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
$x_3$	0,818	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$x_9$	0,389	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
$x_4$	150	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
$x_{11}$	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
$F(X_4)$	7,34	0	0	0	0	0	1,46	0,013	0	0	1,02	0	0,033

Оптимальный план можно записать так:

$$x_1 = 3, x_2 = 18, x_3 = 0,818, x_4 = 150$$

$$F(X) = 1,46 \cdot 3 - 0,013 \cdot 18 + 1,02 \cdot 0,818 + 0,033 \cdot 150 - 2,3 = 7,63$$

#### Выводы по главе 4

1. Итоговая формула для расчета разрывной нагрузки пряжи по методу теории подобия и анализа размерности имеет следующий вид:

$$P_p = 0,98 \cdot (0,004 \ln(D \cdot \alpha) - 0,012) \cdot (228,07 \ln(v^2 \cdot T) - 802,25)$$

Формула справедлива для  $36 \leq D \cdot \alpha \leq 65$  и  $0,0015 \leq v^2 \cdot T \leq 0,0038$ . Отклонение фактических значений от расчетных не превышает 4,45%.

2. Формула для прогнозирования линейной плотности по методу планирования эксперимента имеет вид

$$F(X) = 18,96X_1 - 2,8X_2 + 87,91X_3 + 1,68X_4 - 5,92$$

при следующих условиях ограничениях

$$1 \leq X_1 \leq 3; 18 \leq X_2 \leq 65; 0,429 \leq X_3 \leq 0,818; 28 \leq X_4 \leq 150.$$

3. Формула для прогнозирования разрывной нагрузки по методу планирования эксперимента имеет вид

$$F(X) = 1.46X_1 - 0.013X_2 + 1.02X_3 + 0.033X_4 - 2.30.$$

4. Полученные параметры оптимизации линейной плотности и разрывной нагрузки после идентификации волокон методом секвенирования позволяют более точно выбрать параметры настройки технологического оборудования.

5. Минимальную линейную плотность пряжи 28 текс при заданных ограничениях можно получить при выработке пряжи в одно сложение с коэффициентом крутки 65, линейной плотности волокна 0,429, что соответствует шерсти яка.

6. Максимальную прочность пряжи 150 Н при заданных ограничениях можно получить при выработке пряжи в три сложения с коэффициентом крутки 18, линейной плотности волокна 0,818, что соответствует козьему пуху.

## Общие выводы

1. Условия рынка становятся более требовательными к производителям, тем самым обеспечивая население более новыми и качественными товарами. Более активно стали использоваться шерсть и пух, получаемые от редких видов животных (лама, альпака и диких представителей семейства верблюдовых – гуанако и викунья), независимо от высокого ценового порога. Для классификации волокон шерсти используются различные признаки, такие как вид животного, геометрические размеры волокна, параметры его строения. Также существует торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация и классификация по различным кодам (ТН ВЭД, ОК ВЭД 2). Однако в классификациях по различным кодами практически не выделены группы по видам животных.

2. Установлено, что во всех видах классификации учитываются геометрические размеры самого волокна, но не предусмотрены такие классификационные признаки, как, например, размеры чешуек и другие параметры внутреннего строения, что осложняет работу при входном контроле на предприятии, так как априори предполагается, что известен вид животного, но всегда указана порода.

3. Выявлено, что работы по применению методов секвенирования для идентификации волокон шерсти проводились за рубежом. В отечественной науке и практике применение методов секвенирования для идентификации волокон шерсти различных животных практически не применяется.

4. Установлено, что волокна шерсти различных животных имеют различные геометрические характеристики, а также механические свойства, соответственно, это будет оказывать влияние на качество пряжи и, как следствие, на качество готового изделия. Для шерсти, не прошедшей процедуру идентификации, может быть неправильно подобрана система прядения, что приведет к изготовлению некачественной пряжи. Также процедура детальной идентификации позволяет исключить фальсификацию при изготовлении



изделий. Точно зная вид и породу животных, с которых получена шерсть, можно более рационально выбрать параметры оборудования и заправок.

5. Традиционные методы определения волокнистого состава текстильных материалов, основанные на микроскопии и химических методах, не позволяют точно определить, вид и породу животного, шерсть которого использовалась.

6. Разработанный метод решения задачи идентификации шерстяного волокна, полученного из продукции, подверженной всем этапам технологического процесса производства показал уникальность разработанного метода, который заключается в выборе определенных праймеров для секвенирования, что значительно ускоряет процесс идентификации с сохранением точности определения видовой принадлежности животного.

7. Доказано, что метод идентификации, основанный на секвенировании биоматериалов, индифферентен к технологическому виду продукции (волокно, топс, пряжа, ткани и т.д.), виду обработки (водо-, масло-, грязеотталкивающая, антисминаемая, огнезащитная и т.д.), воздействию красителя и т.д.

8. Разработанный метод идентификации с помощью спектрального анализа позволяет определить волокнистый состав и видовую принадлежность неокрашенных и окрашенных волокон.

9. Априорная информация о виде и породе животного позволяет выбрать тип и концентрацию красителя, а также режим крашения

10. Полученные математические модели позволяют прогнозировать свойства пряжи.

11. Полученные параметры оптимизации линейной плотности и разрывной нагрузки после идентификации волокон методом секвенирования позволяют более точно выбрать параметры настройки технологического оборудования.

12. Показано, что минимальную линейную плотность пряжи 28 текс при заданных ограничениях можно получить при выработке пряжи в одно сложение с коэффициентом крутки 65, линейной плотности волокна 0,429, что соответствует шерсти яка, а максимальную прочность пряжи 150 Н при заданных

ограничениях можно получить при выработке пряжи в три сложения с коэффициентом крутки 18, линейной плотности волокна 0,818, что соответствует козьему пуху.

## Литература

1. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение. Исходные текстильные материалы: учебник для вузов второе издание, переработанное и дополненное. Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание». 1985. 216с.
2. Кукин Г.Н., Соловьев Л.Н., Кобляков Л.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити): учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Легпромбытиздат, 1989. 352 с.
3. Макарова Т.А., Потапова Л.В. Текстильное материаловедение. М: МТИ, 1986. 173 с.
4. Николаев А.И. Основы шерstoffведения. Москва: Заготиздат, 1949. 190 с.
5. ГОСТ 30702-2000. Шерсть. Торговая сельскохозяйственно-промышленная классификация. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 19 с.
6. Садыкова Ф.Х. Текстильное материаловедение и основы текстильного производства. М.: Легкая индустрия, 1967. 364 с.
7. Севостьянов А.Г. и др. Механическая технология текстильных материалов. М.: Легпромбытиздат, 1989. 512 с.
8. Виды шерсти и ее предназначение [Режим доступа] // <http://podarkieko.ru/vidy-shersti-i-ee-prednaznachenie-3/>
9. 26 видов шерсти и их характеристика – сфера применения изделий из шерстяного волокна [Режим доступа] // <https://izvolokna.com/materialy/sherst/26-vidov.html>  
<https://izvolokna.com/materialy/sherst/26-vidov.html>
10. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности (ТНВЭД) [Режим доступа] // [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_133442](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133442)
11. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД) [Режим доступа] // <https://www.okvad.ru>
12. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение: учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений. М.: КолосС, 2011. 360 с.

13. Разумеев, К.Э. Особенности шерсти редких видов животных. // Текстильная промышленность. 2000. №3. С.47 - 49
14. Доржийн Энхтуяа Вопросы теории и практики первичной обработки и прядения козьего пуха: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.19.02. утв. 26.12.2008. М., 2008 г. 335 с.
15. Карро Е.В. Разработка метода проектирования пряжи с вложением козьего пуха на основе инструментального определения свойств сырья. Дисс. ... канд. техн. наук, 05.19.02. утв. 05.06.2007. М., 2007 г. 152 с.
16. ГОСТ 28491-90. Шерсть овечья немытая с отделением частей руна. Технические условия. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. 21 с.
17. ГОСТ 6614-84. Шерсть полутонкая и полугрубая однородная мытая сортированная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1993. 16 с.
18. ГОСТ 7737-89. Шерсть овечья заводская. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1993. 8 с.
19. ГОСТ 10376-77. Шерсть, восстановленная из отходов производства и потребления шерстяных и полушерстяных материалов. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1993. 11 с.
20. ГОСТ 26383-84. Шерсть тонкая сортированная мытая. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1987. 15 с.
21. ГОСТ 26588-85. Шерсть полугрубая и грубая неоднородная мытая сортированная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. 13 с.
22. ГОСТ 28411-89. Шерсть козья мытая сортированная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. 6 с.
23. ГОСТ 2259-2006. Шерсть козья немытая классированная. Технические условия. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2006. 8 с.
24. ГОСТ 5108-77. Шерсть верблюжья немытая классированная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1993. 6 с.

25. ГОСТ 13612-77. Шерсть-линька крупного рогатого скота и лошадей. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1993. 4 с.
26. Как построены заготовительные стандарты овечьей шерсти [Режим доступа] // <http://furlib.ru/books/item/f00/s00/z0000001/st054.shtml>
27. Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Белкина С.Б. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности. М.: Форум, 2014. 384 с.
28. Кричевский Г.Е. Качественный и количественный анализ волоконного состава текстильных материалов: справочник-пособие. М.: Рос. заоч. ин-т текстил и лег. пром-сти, 2002. 273 с.
29. ГОСТ ИСО 1833-2001. Материалы текстильные. Методы количественного химического анализа двухкомпонентных смесей волокон. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2006. 19 с.
30. ГОСТ ИСО 5088-2001. Материалы текстильные. Методы количественного анализа трехкомпонентных смесей волокон. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2008. 13 с.
31. ГОСТ Р ИСО 1833-2008. Материалы текстильные. Количественный химический анализ (серия стандартов). М.: ФГУП «Стандартинформ», 2009.
32. ГОСТ 4659-79. Ткани и пряжа, чистошерстяная и полушерстяные. Методы химических испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 9 с.
33. ГОСТ 30387-95. Плотна и изделия трикотажные. Методы определения вида и массовой доли сырья. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 7 с.
- 
34. Claudia Vineis, Cinzia Tonetti, Sara Paolella, PierDavide Pozzo, and Stefano Sforza A UPLC/ESI-MS method for identifying wool, cashmere and yak fibres // Textile Research Journal, June 2014; vol. 84, 9: pp. 953-958., first published on December 12, 2013
35. F.-J. Wortmann and G. Wortmann Quantitative Fiber Mixture Analysis by Scanning Electron Microscopy: Part IV: Assessment of Light Microscopy as an

Alternative Tool for Analyzing Wool/Specialty Fiber Blends // Textile Research Journal, July 1992; vol. 62, 7: pp. 423-431.

36. Gurbax Singh Mahal, Alexander Johnston, and Robert H. Burns Types and Dimensions of Fiber Scales from the Wool Types of Domestic Sheep and Wild Life // Textile Research Journal, February 1951; vol. 21, 2: pp. 83-93.

37. F.-J. Wortmann and K.-H. Phan Cuticle Scale Heights of Wool and Specialty Fibers and Their Changes Due to Textile Processing // Textile Research Journal, February 1999; vol. 69, 2: pp. 139-144

38. Yueqi Zhong, Kai Lu, Jun Tian, and Hong Zhu Wool/cashmere identification based on projection curves // Textile Research Journal, 0040517516658516, first published on August 2, 2016

39 F.-J. Wortmann, Gabriele Wortmann, and W. Arns Quantitative Fiber Mixture Analysis by Scanning Electron Microscopy: Part II: Blends of Wool with Angora Rabbit Hair // Textile Research Journal, February 1989; vol. 59, 2: pp. 73-80.

40. F.-J. Wortmann Quantitative Fiber Mixture Analysis by Scanning Electron Microscopy: Part III: Round Trial Results on Mohair / Wool Blends // Textile Research Journal, July 1991; vol. 61, 7: pp. 371-374.

41. Cinzia Tonetti, Claudia Vineis, Annalisa Aluigi, and Claudio Tonin Immunological method for the identification of animal hair fibres // Textile Research Journal, December 2012; vol. 82, 8: pp. 766-772

42. Краснов Я.М., Гусева Н.П., Шарапова Н.А., Черкасов А.В. Современные методы секвенирования ДНК (ОБЗО // Микробиология Проблемы особоопасных инфекций 2014, вып. 2, с. 73-79

43. Kirsten Kerkhoff, Gabriel Cescutti, Lothar Kruse, and Jörg Müssig Development of a DNA-analytical Method for the Identification of Animal Hair Fibers in Textiles // Textile Research Journal, January 2009; vol. 79, 1: pp. 69-75.

44. Minfeng Tang, Weiping Zhang, Hui Zhou, Jing Fei, Juan Yang, Weimin Lu, Shuya Zhang, Shanghua Ye, and Xiaoping Wang A real-time PCR method for quantifying mixed cashmere and wool based on hair mitochondrial DNA // Textile Research Journal, September 2014; vol. 84, 15: pp. 1612-1621

45. ГОСТ 17514-93. Шерсть натуральная. Методы определения тонины. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. 13 с.
46. ГОСТ 20269-93. Шерсть. Методы определения разрывной нагрузки. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. 11 с.
47. ГОСТ 21244-75. Шерсть натуральная сортированная. Метод определения длины. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 4 с.
48. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. и др. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016. 341 с.
49. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Денисова Е.В., Лусинян И.В. Вопрос об эффективном распознавании сырья натурального происхождения // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (23-27 мая 2016, XIX Международный научно-практический форум (SMARTEX – 2016), Иваново). 2016. Ч. 1. С. 191-193
50. Luise Ørsted Brandt, Lena Diana Tranekjer, Ulla Mannering, Maj Ringgaard, Karin Margarita Frei, Eske Willerslev, Margarita Gleba, M. Thomas P. Gilbert Characterising the potential of sheep wool for ancient DNA analyses // *Archaeol Anthropol Sci* 2011. № 3. P. 209–221.
51. I.C.C. von Holstein, K.E.H. Penkman, E.E. Peacock, M.J. Collins Wet degradation of keratin proteins: linking amino acid, elemental and isotopic composition // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2014. № 28. P. 2121–2133.
52. Lakshya Veer Singh, S Jayakumar, Navneet Kaur, Namita Kumari, Anurodh Sharma, Meenu Chopra, Vikas Gupta, Kuldeep Kumar, Shubhra Shukla, Sanjeev Kumar Shukla, Sandeep Kumar, S C Gupta, N Gupta Sequence analysis of keratin associated protein (kap7) gene in indigenous breed of yak // *An Online International Journal* (<http://www.cibtech.org/cjb.htm>). 2012. Vol. 1. № 2-3. P.38-41.
53. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Малюченко О.П., Лусинян И.В. Актуальность применения метода секвенирования ДНК для идентификации шерстяной продукции // *Кожевенно-обувная промышленность*. 2015. №3-4. С. 11-12.

54. Weimin Lu, Jing Fei, Juan Yang, Minfeng Tang, Zhenglian Dong, Zhiping Zhou, Jiang Ye, and Haizhen Wu A novel method to identify yak fiber in textile // Textile Research Journal, May 2013; vol. 83, 8. pp. 773-779
55. Кузнецов Т.И. Шерстование. М.: Международная книга, 1950. 403 с.
56. Разумеев К.Э. Шерсть редких видов животных (лама, альпака, кашмир, могер и др.) // Овцы, козы, шерстяное дело», 2000, №2, с. 28-32.
57. IWTO-8-89 Method of Determining Fibre Diameter and Percentage of Medulated Fibres in Wool and Other Animal Fibres by the Projection Microscope.
58. IWTO-28-93 Determination by the Airflow Method of the Mean Fibre Diameter of Core Samples of Raw Wool.
59. IWTO-47-95 Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter of Wool using an Optical Fibre Diameter Analyser.
60. IWTO-12-95 Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter using the Sirolan-Laserscan Fibre Diameter Analyser.
61. Разумеев К.Э. Измерение длины, прочности и положения точки разрыва штапеля невытравленной шерсти. // Овцы, козы, шерстяное дело, №4, 1998. С. 30-32.
62. Рогачев Н.В. Некоторые вопросы первичной обработки шерсти. М.: Легкая индустрия, 1980. 183 с.
63. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. М.: Химия, 1985. с. 208.
64. Сидорцов В.И., Белик Н.И., Сердюков И.Г. Шерстование с основами менеджмента качества и маркетинга шерстяного сырья: учебник. М.: Колос; Ставрополь: АГРУС, 2010. - 288 с.
65. Рашкован И.Г. Методы оценки распределения волокон по поперечным сечениям пряжи. М.: Легкая индустрия, 1970. 200 с.
66. Разумеев К.Э. Прогнозирование свойств гребенной ленты и шерстяной пряжи. // Текстильная промышленность, № 4, 1998. С. 28-30



67. Чикалев А.И., Юлдашбаев Ю.А. Производство и переработка продукции животноводства: учебник. М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019. - 188 с.
68. Трухачев В.И., Мороз В.А. Шерстование: учебник. Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь: АГРУС, 2012. 496 с.
69. Глоба И.И., Ламоткин С.А. Хроматографические и спектральные методы анализа: учеб. пособие для студентов специальности «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» и химико-технологических специальностей. Минск: БГТУ, 2008. 352 с.
70. Айвазов Б. А. Введение в хроматографию: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1983. 240 с.
71. Кузяков, Ю.Я., Семенов К.А., Зоров Н.Б. Методы спектрального анализа: учеб. пособие. М.: МГУ, 1990. 213 с.
72. Ляликов, Ю. С. Физико-химические методы анализа: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1978. 536 с
73. Крук Б.И., Журавлева О.Б. Основы спектрального анализа: учебное пособие для вузов. М.: Гор. линия-Телеком, 2013. 148 с.
74. Пашкова Е.В., Волосова Е.В., Шипуля А.Н. Спектральные методы анализа: учебное пособие. М.: СтГАУ - "Агрус", 2017. 56 с.
75. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. 2-е издание. М.: Изд-во Высшая школа, 1973. 296 с.
76. Варданян Г.С. Прикладная механика. Применение методов теории подобия и анализа размерностей к моделированию задач механики деформируемого твердого тела: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016. 174 с.
77. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов. М.: Легкая индустрия, 1980. 392 с.
78. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 344 с.
79. Бесшапошникова, В. И. Планирование и организация эксперимента в легкой промышленности: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2019. 224 с.

80. Handbook of the Fibre Chemistry. 3<sup>rd</sup> Edition. Edited by Menachem Lewin 2007. Pp. 1-1058
81. Morton W.E., Hearle J.W.S. Physical properties of the textile fibres. 4<sup>th</sup> Edition. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England, 2008
82. Robert R Frank Silk, mohair, cashmere and other luxury fibres. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England, 2001
83. Разумеев К.Э., Зиновьева А.Д., Сичевой Д.В. Современная информация и динамика производства шерсти редких видов // Швейная промышленность. 2015. №5-6. С.15-17
84. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Денисова Е.В. Использование современных методов исследования материалов животного происхождения // Швейная промышленность. 2016. №1-2. С.24-28.
85. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. - М.: Мир, 1969. 395 с.
86. Разумеев К.Э. Методика прогнозирования тонких мест в шерстяной пряже // Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности, №2 (248), 1999. С. 38-41.
87. Разумеев К.Э. О прогнозировании обрывности в шерстопрядении. // Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности, №2 (248), 1999. С. 125-128.
88. Разумеев К.Э. Оценка обрывности в шерстопрядении средствами теории выбросов случайных функций // Текстильная промышленность, №7-8, 1999. С. 25-29.
89. Разумеев К.Э. Использование теории выбросов случайных функций при оценке обрывности в шерстопрядении. // Изв. ВУЗов, Технология текстильной промышленности, №3 (249), 1999. С. 128-131.
90. William I. Hannan The Textile Fibres of Commerce. London, Charles Griffin and Co. Ltd., 1902. pp. 1-236.
91. Katharine P. Hess Textile Fibres and their Use. 2<sup>nd</sup> Edition (Revised). Chicago - Philadelphia, USA, J.B. Lippincott Co., 1936. pp. 1-374.

92. Hearle J.W.S., Peters P.M. Fibre structure. Manchester, The Textile Institute, 1963. pp. 1-667.
93. Мередит Р., Хирл Дж.В.С. Физические методы исследования текстильных материалов. М.: Гизлегпром, 1963. 388 с.
94. The Use of the Scanning Electron Microscope. By Hearle J.W.S., Sparrow J.T. and Cross P.M. - Oxford, New York, Pergamon Press, 1972, pp. 1-278.
95. Morton W.E., Hearle J.W.S. Physical Properties of Textile Fibres. Manchester, The Textile Institute, 1993. pp. 1-725.
96. Warner S.B. Fibre Science. Englewood Chiffs, Prentice Hall, 1995. pp. 1-316.
97. Касвелл Р. Текстильные волокна, пряжа и ткани. М.: Ростехиздат, 1960. 205 с.
98. Тимонова Е.Т., Коган А.Г., Ковчур С.Г. Проектирование свойств пряжи, содержащей технологические отходы и восстановленные волокна // Вестник Витебского государственного технологического университета. 1999. Вып. 2. С. 40-42
99. Карицкий К.И. Основы проектирования свойств пряжи. М.: Гизлегпром, 1963. 246с.
100. Рыклин Д.Б. Технологические и теоретические основы производства многокомпонентной пряжи и комбинированных нитей: дисс....докт. техн. наук: 05.19.02. утв. 22.05.2007. М., 2007. 536 с.
101. Kogan A.G. Research in to the Features of Producing Comblned Yam By the Air - Jet Technique // Fibres and Text. East. Europe. 1999, 7, №3(26). S. 16-18.
102. Rykliw D.B., Rynejsky K.N., Kogan A.G. Imitation modeling of drawing with computer // Wlo kiennict wo: Zeszyty nauk Politechniki Lodzkiej. №845. Lodz: PolitechnikaLodzka-2000. S.137-142.
103. Рыклин Д.Б., Коган А.Г. Производство многокомпонентной пряжи и комбинированных нитей. Витебск: УО «ВГТУ», 2002. 215 с.
104. Рыклин Д.Б. Моделирование технологических процессов

переработки неоднородных волокнистых материалов. Витебск: УО «ВГТУ», 2006. -170 с.

105. Кузнецов А.А. Разработка экспресс-методов оценки и программирования физико-механических свойств текстильных нитей: дисс. ...докт. техн. наук: 05.19.01. утв. 25.10.2007. М., 2007. 358 с.

106. Богачева С.Ю. Проектирование прочности гребенной шерстяной пряжи: дисс ... канд. техн. наук: 05.19.02. утв. 28.12.2004. М., 2004. 163 с.

107. Капитанов А.Ф. Фрикционные процессы в прядении. Часть 1. Прядение и трибология. М.: МГТУ им. А.И. Косыгина, 2005. 294 с.

108. Капитанов А.Ф. Теоретическое обоснование и разработка способа модификации фрикционных свойств волокон в процессах прядения: дисс. ... докт. техн. наук: 05.19.02. утв. 26.11.1996. М., 1996. 450 с.

109. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001. 301 с.

110. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Аналитические методы проектирования нити и пряжи. М.: МГТУ им. А.И. Косыгина, 2007. 73 с.

111. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1979. 744 с.

112. Гусев В.Е., Слываков В.Е. Проектирование шерстопрядильного производства. М.: Легкая индустрия, 1975. 387 с.

113. Гусев В.Е., Музылев Л.Т., Эммануэль М.В., Слываков В.Е. Прядение шерсти и химических волокон. М.: Легкая индустрия, 1974. 462 с.

114. Разумеев К.Э. Сырье для предприятий шерстяной отрасли промышленности. Учебное пособие. - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003. 205 с.

115. Гусев В.Е. Сырье для шерстяных тканей, нетканых изделий и первичная обработка шерсти. М.: Легкая индустрия, 1977. 408 с.

116. Разумеев К.Э. Классификация, стандартизация и сертификация

шерсти - в России и за рубежом// Стандарты и качество. 1998. №12. С. 30-32.

117. Борзунов И.Г. Теория и практика кардочесания хлопка. М.: Легкая индустрия, 1969. 328 с.

118. Скуланова Н.С. Влияние изменения свойств шерсти в технологических процессах на уровень обрывности в аппаратном прядении: дисс....канд. техн. наук: 05.19.02. утв. 1978. М., 1978. 217 с.

119. Белик Н.И. Тонина шерсти и ее связь с другими хозяйственно полезными и морфологическими признаками овец: дисс....канд. техн. наук: 06.02.10. утв. 17.12.2013. Ставропольский государственный аграрный университет, 2013. 305 с.

120. Шапкин А.С., Мазаева Н.П. Математические методы и модели исследования операций: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дашков и К, 2005. 400 с.

121. Федосеев В.В. Экономико-математические модели и прогнозирование рынка труда: Учеб. пособие. – М.: Вузовский учебник, 2005. 144 с.

122. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ, 2005. 400 с.

123. Колемаев В.А. Математическая экономика: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 399 с.

124. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математика для экономистов. М.: Питер, 2004. 464 с.

125. Солодовников А.С., Бабайцев В.А., Браилов А.В. Математика в экономике: учебник: в 2-х частях. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2003. 560 с.

126. Черник Д.Г. Введение в экономико-математические модели налогообложения: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2002. 256 с.

127. Заславский Ю.Л. Сборник задач по линейному программированию. М. Наука, 1969. 256 с.

128. Данко П.Е., Попов А.Г. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. 3. М., «Высшая школа», 1971. 288 с.

129. Абчук В.А. Экономико-математические методы. Санкт-Петербург «Союз». 1999. 318 с.

130. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э. Идентификация шерсти стандартными методами // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности – 2021. - №4 (54). – С.15-17.

131. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Федорова Н.Е., Голайдо С.А. Применение теории подобия и анализа размерности для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи // Известия ВУЗов Технология текстильной промышленности – 2022. - №1 (397). – С. 139-142. – журнал входит в МБЦ

132. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Лаврентьева Е.П. Разработка метода идентификации волокон шерсти путем секвенирования ДНК // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности – 2022

Приложение 1

«УТВЕРЖДАЮ»  
Врио директора ФГБНУ ВНИИСБ

Алексеев Я.И.

ЦКП «БИОТЕХНОЛОГИЯ»

ФГБНУ ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Москва, 127550, ул. Тимирязевская, д.42. тел. (499) 977-74-55 E-mail: seq@syntol.ru

Результаты анализа нуклеотидной последовательности образцов

Дата исследования: 20.05.2016

№ образца	Последовательность 1	Последовательность 2	видовая принадлежность
1	GTGCCAGCCACCGCGGTСАТАСГАТТААСССГАУТААТАГА ААСССГГГТАААГCGGTGTTAACGAGAGACТАГТАААТАГАГ ТТААГСССТGGCCААГАТGTАААААГСТАТGGCCAGCGТААА ААТААСТАСГААААГGACCCСТААТGСААТССАСТАСАСGАСА GСТАAGACCCАААСТGGATТАGАТАССТАG	TACGTTAGGTCAAGGTGТААССААТGGGATGGRAAGAAAAT GGGTACATTTTCTTATCCCAAGaAAATCTCAAAAACCCCTTA CGAAAGCCCTATGAAACTAARGRCCAAAGGAGGATTTAG CAGТАААТТААГААТАGAGTGTCTTAAТTGAАСТАAGGCCAT GAAGCACGCACACACCCGCCGTCA	Lama pacos
2	GTGCCAGCCACCGCGGTСАТАСГАТТААСССГААТТААТАГА ААСССГГГТАААГCGGTGTTAACGAGAGACТАГТАААТАГАГТ ТААГСССТGGCCААГАТGTАААААГСТАТGGCCAGCGТАААА АТАААСТАСГААААГTACCCСТААТGСААТССАСТАСАСGАСА GСТАAGACCCАААСТGGATТАGАТАССТАА	TGACGGCGGTGTGTCGTCTCАТGCCСТАGTTCAATTA AGCACTCTATCTTAAТTТАCTGCTaAATCCCTCTTGGYCY YTAGTTTCATAGGGCTTTCGТААAGGGTTTTGAGATTTCTT GGgATAAGAAAATGTAGCCCAТTCTTYCCATCCCAТTGGT TACACCTTGACCTAAGCTA	Lama pacos
3	TGTGCCAGCCACCGCGGTСАТАСГАТТААСССГААТТААТАГА ААСССГГГТАААГCGGTGTTAACGAGAGACТАГТАААТАГАГ ТТААГСССТGGCCААГАТGTАААААГСТАТGGCCAGCGТААА ААТААСТАСГААААГTACCCСТААТGСААТССАСТАСАСGАС AGСТАAGACCCАААСТGGATТАGАТАССТА	TACGTTAGGTCAAGGTGТААССААТGGGATGGRAAGAAAAT GGGTACATTTTCTTATCCCAAGAAAATCTCAAAAACCCCTTA CGAAAGCCCTATGAAACTAAGGGCCAAAGGAGGATTTAG CTAGТАААТТААГААТАGAGTGTCTTAAТTGAАСТАAGGCCAT GAAGCACGCACACACCCGCCGTCA	Lama pacos Vicugna pacos

4	TGTGCCAGCCACCGCGGTaTACGATTAGCCCGAATTAATGGA AATCCGGCGTAAaGCGTGTaTAGAGTGACTATCAAAATAGAGT TAAAGTCTGGCCAAAGATGTAAAATCTATGACCAACGCAAAA ATAAATACGAAAGTGAACCCATAACGATCTACTACACGACA GCTAAGGTCCAAACTGGGATTAGATACCA	TACGTTAGGTCAAGGTGTAAACCGATGGCTGGGAAGAAAAT GGGTACATTTCTGTCTTAAGAAAACCTTCAAAAATCCTTA CGAAAAGCCCTATGAAACTGAGGGCCCAAGGAGGATTAG TAGTAAATCAAGAATAGAGTGTCTTGATTGAACTAGGCCAT GAAGCACGCACACCCGCCGTCA	Camelus bactrianus
5	TGTGCCAGCYWSCGGGTcATACCGATTAAACCCAAAGSTAACAG GAATACGGCGTAAAACGTTaAAGCACTACATCAAAATAGAGT TAAATCTAAATTAAACTGTAAAAGCCATAAATTACAACA ATAAGATGACGAAAGTAAACCCCTACTGCAGTGATACACTATAG CTAAGACCCAAACTGGGATTAGATACCA	TCGCTGAGGTCAAGGTGTAAACCCATGGAATGGGAAGAAAAT GGGTACATTTCTACCTTAAGAAAATTAATACGAAAGCCA TTATGAAAATTAATGACCAAGGAGGATTTAGTAGTAAACT AAGAAATAGAGTGTCTAGTTGAATTAGGCCATGAAGCACGC ACACACCGCCCATAGC	Capra hircus
6	GTGCCAGCCACCGCGGTcATACGATTAAACCCAAAGSTAACAGG AATACGGCGTAAAACGTTaAaGCACTACATCAAAATAGAGTt AAATCTAAATAACTGTAAAAGCCATAAATTACAACA GATGACGAAAGTAAACCCCTACTGCAGTGATACACTATAGCTA AGACCCAAACTGGGATTAGATACCA	TACGTTAGGTCAAGGTGTAAACCCATGGAATGGGAAGAAAAT GGGTACATTTCTACCTTAAaAAATTAATACGAAAGCCA TTATGAAAATTAATGACCAAGGAGGATTTAGTAGTAAACT AAGAAATAGAGTGTCTAGTTGAATTAGGCCATGAAGCACGC ACACACCGCCCGTCA	Capra hircus
7	TGTGCCAGCCACCGCGGTcATACGATTGACCCAAAGSTAACAG GAGTACGGCGTAAaGCGTGTaAAGCATCATATAAATAGAGT TAAATTTAATTAAACTGTAAAAGCCATAAATTACA TAAATGACGAAAGTAAACCCCTACTGCAGTGATACACTATAGC TAAACCCAAACTGGGATTAGATACCA	CTGGACGGCGGTGTGTGCGTTCATGGCTGATTC AAC TAAGCACTATCTTCTAGTTTACTGTAAAATCCTCCTTTGGC TATTAATTTCAATAATGGCTTTCGTATTAATTTCTTTGGGTA GAAAATGTAAGCCCATTYCaTCTYCACTCCATAGGTTACACCT TGACCTAACGTA	Ovis aries
8	TGGTSCAGCCACCGCGGTcATACGWTGWCCCAAGATAACA GGAGTACGGYKWAAGCGTGTaAaGCATCWTAUTATATAGA GTTAAATTTAATTAAACTGTAAAAGCCATAAATTACA AATAAATGACGAAAGTAAACCCCTACTGCAGTGATACMCCATA GCTAAGACCCAMMCTGGGATTAGATACCCACA	TACGTTAGGTCAAGGTGTAAACCTATGGAGTGGGAAGAAAAT GGGTACATTTCTACCCAAAGAAAATTAATACGAAAAGCC ATTATGAAAATTAATAGCCAAAAGGAGGATTAGCAGTAAACT AAGAAATAGAGTGTCTAGTTGAATCAGGCCATGAAGCACGC ACACACCGCCCGWCA	Ovis aries
9	Последовательность двойная	Последовательность двойная	
10	TGGTATCTAATCCAGTTTGGGTCTTAGCTATAGTGCATCGGC TGTGTAGGGTCACTTTCGTCAATTAATTTAATTTAATCATGG CTTTTACAGCTTAATAAAATTAACCCCTAATTAATGTGGTGC TTTAGCACGTTTACGCCGTATCCTGTAGCTTGGGTTAATCG TATGACCGCGGTGGCTGGCAC	TGACGGCGGTGTGTGCGTCTTCATGGCTTAATTC AACTA AGCACTACTCTTAGTTACTGTCTAAATCCTCCTTTGGTTA CTAATTTCAATAAATACTTTCGTGCATTTGTTCTCTTAGTGA GAGAAATGAGCCCATTTCTTTCCATTCATAGGTTACACCT TGACCTAACGTA	Bos mutus (grunniens)

Ответственный исполнитель

Малюченко О.П.



Ovis -----GTTAATGTAGCTTAAACTTAAAGCAAGGCAAGGCACTGAAAATGCCT 42  
yak CCCCCCCCC-----GTTGATGTAGCTTAAAT-TCAAAGCAAGGCACTGAAAATGCCT 933  
goat TCTTTTACATGGTAAGTGGTTGATGTAGCTTAAACTTAAAGCAAGGCACTGAAAATGCCT 1254  
Lama -----GTTAATGTAGCTTAACTTCAAAGCAAGGCGCTGAAAATGCCT 41  
Camelus -----GTTGATGTAGCTTAACTTCAAAGCAAGGCGCTGAAAATGCCT 42  
bactrianus -----GTTAATGTAGCTTAACTTCAAAGCAAGGCGCTGAAAATGCCT 42  
\*\*\*.\*\*\*\*\* \* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*

Ovis AGATGAGTCTACTGACTCCATGAACATATAGGTTTGGTCCCAGCCTTCCTGTTAACTTTC 102  
yak AGATGAGTCTCCCGACTCCATAAACACATAGGTTTGGTCCCAGCCTTCCTGTTGACTCTT 993  
goat AGATGAGTGTACCAACTCCATAAACACATAGGTTTGGTCCCAGCCTTCCTGTTAACTCTC 1314  
Lama AGATGGG-CTCACGGCCCCATAAACACACAGGTTTGGTCCCAGCCTTCTATTAGTTTCT 100  
Camelus GGATGGG-CACCTAGCCCCATAAACACACAGGTTTGGTCCCAGCCTTCTATTGGTTTTT 101  
bactrianus GGATGGG-CACCTGGCCCCATGAACACACAGGTTTGGTCCCAGCCTTCTATTAGTTTTT 101  
.\*\*\*.\* :.. ..\* \*\*\*\*.\*\*\*\* \* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\*.\*.. \*

Ovis AATAGACTTATACATGCAAGCATCCACGCCCGGTGAGTAACGCCCTTCGAATCACACAG 162  
yak AATAAATTTACACATGCAAGCATCTACACCCAGTGAGAAT-GCCCTCTAGGTTGTT-AA 1051  
goat AACAGACTTACACATGCAAGCATCCACGCCCGGTGAGTAACGCCCTTCAAATCAAT-AA 1373  
Lama GATAAATTTACACATGCAAGTATCCGCATCCAGTGAGAAT-GCCCCCTAAGTCTAGTT 159  
Camelus AATAAATTTACACATGCAAGTATCCGCATCCAGTGAGAGT-GCCCCCTAGTTCCAAGTG 160  
bactrianus AATAAATTTATACATGCAAGTATCCGCATCCAGTGAGAGT-GCCCCCTAGTTCCAAGTA 160  
.\* \*.\* \*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*.\* \*\*\*\*.\*\*\*\*\*.: \*\*\*\* ..\* : :

Ovis GACTAAAAGGAGCAGGTATCAAGCACACACTCTGTAGCTCACAAAGCCTTGCTTAACCA 222  
yak AATCAAGAGGAGCTGGCATCAAGCACACA-CCCCGTAGCTCACGACGCTTGCTTAACCA 1110  
goat GACTAAGAGGAGCAGGTATCAAGCACACA-TCTCGTAGCTTACAACGCCTCGCTTAACCA 1432  
Lama GAACAGAAGGAGCGGGCATCAAGCACACAACCCCGTAGCTAACGACGCTTGCTTGGCCA 219  
Camelus GAATAAGAGGAGTAGGCATCAAGCACACAACCTGTAGCTAATGACGCTTGCTTAGCCA 220  
bactrianus GAACAAAAGGAGCAGGCATCAAGCACACAACCTGTAGCTAAGACGCTTGCTTAGCCA 220  
.\* \*..\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \* \*\*\*\*\* \* .\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*

Ovis CACCCCCACGGGAGACAGCAGTAACAAAAATTAAGCCATAAACGAAAGTTTGACTAAGCC 282  
yak CACCCCCACGGAAACAGCAGTGACAAAAATTAAGCCATAAACGAAAGTTTGACTAAGTT 1170  
goat CACCCCACGGGAGACAGCAGTGACAAAAATTAAGCCATAAACGAAAGTTTGACTAAGCC 1492  
Lama CACCCCCACGGGATACAGCAGTGACAAAAATTAAGTTATAAACGAAAGTTTGACTAAGTT 279  
Camelus CACCCCCACGGGACACAGCAGTGACAAAAATTAAGTTATAAACGAAAGTTTGACTAAGTT 280  
bactrianus CACCCCCACGGGACACAGCAGTAACAAAAATTAAGTTATAAACGAAAGTTTGACTAAGTT 280  
\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*\*.\* \*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*\*

Ovis ATATTG-ACCAGGGTTGGTAAATCTCGTGCCAGCCACCGCGGTCATACGATTGACCCAAG 341  
yak ATATTA-ATCAGGGTTGGTAAATCTCGTGCCAGCCACCGCGGTCATACGATTAAACCCAAG 1229  
goat ATGTTG-ACCAGGGTTGGTAAATCTCGTGCCAGCCACCGCGGTCATACGATTAAACCCAAG 1551  
Lama ATATTACTTAAGGGTTGGTAAATCTCGTGCCAGCCACCGCGGTCATACGATTAAACCCAAG 339  
Camelus ATATTA-TTCAGGGCCGGTAAATTTCTGTGCCAGCCACCGCGGTCATACGATTAGCCCGAA 339  
bactrianus ATATTA-TTCAGGGCCGGTAAATTTCTGTGCCAGCCACCGCGGTCATACGATTAGCCCGAA 339  
\*\*.\*. : .\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*.\*.

Ovis CTAACAGGA[TACGGCGTAAAGCGTGTTAAAGCATCAT-ACTAAATAGAGTTAAATTTTA 400  
yak CTAACAGGAATACGGCGTAAACCGTG[TAAAGCACCAC-ATTAATAGGGTTAAATTTTA 1288  
goat CTAACAGGAATACGGCGTAAACCGTGTTAAAGCACTAC-ATCAAATAGAGTTAAATTTTA 1610  
Lama TTAATAGAAACCCGGCGTAAAGCGTGTTAA[GAGACTAGTAAATAGAGTTAAGCCCTG 399  
Camelus TTAATGGAAATCCGGCGTAAAGCGTGTTAATGAGTAACTAATAATAGAGTTAAGTCTTG 399  
bactrianus TTAATGGAAATCCGGCGTAAAGCGTGTTAATGAGTCACTATCAAATAGAGTTAAGTCTTG 399  
\*\*\*.\*.\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\* \*.. \* \* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*. \*

Ovis ATTAACCTGTA AAAAGCCATAATTATAACAAAAATAAATGACGAAAGTAACCTACAATA 460  
yak ATTAAGCTGTA AAAAGCCATGATTA AAAATAAAAATAAATGACGAAAGTGACCTACAACA 1348  
goat ATTAACCTGTA AAAAGCCATAATTACAACAAAAATAGATGACGAAAGTAACCTACTGCA 1670  
Lama GCCAAGATGTA AAAAGCTATGGCCAGCGTAAAAATAAACTACGAAAGTGACCTAATGCA 459  
Camelus GCCAGAGTGT AAAAATCTATGACCAACGTAAAAATAAACTACGAAAGTGACCTAATGCA 459  
bactrianus GCCAAGATGTA AAAAATCTATGACCAACGCAAAAAATAAACTACGAAAGTGACCTAATGCA 459  
.\*..\*\*\*\*\* \* \*\*.. \* ..\*\*\*\*\*.\* \*\*\*\*\*.\*.....:..

Ovis G-CTGATACACCATAGCTAAGACCCAAACTGGGATTAGATACCCCACTATGCTTAGCCCT 519  
yak G-CCGATGCACTATAGCTAAGACCCAAACTGGGATTAGATACCCCACTATGCTTAGCCCT 1407  
goat G-CTGATACACTATAGCTAAGACCCAAACTGGGATTAGATACCCCACTATGCTTAGCCCT 1729  
Lama ATCCACTACACGACAGCTAAGACCCAAACTGGGATTAGATACCCCACTATGCTTAGCCCT 519  
Camelus ATCTGCTACACGACAGCTAAGACCCAAACTGGGATTAGATACCCCACTATGCTTAGCCCT 519  
bactrianus ATCTACTACACGACAGCTAAGGTC[CAAACTGGGATTAGATACCCCACTATGCTTAGCCCT 519  
.\* \*..\*.\* \*\* \* \*\*\*\*\*.\* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*

Ovis AAACACAAATAATTATAAAAACAAAATTATTCGCCAGAGTACTACGGCAACAGCCCGAA 579  
yak AAACACAGATAATTACATAAAACAAAATTATTCGCCAGAGTACTACCAGCAACAGCTTAAA 1467  
goat AAACACAAATAATTACAGAAACAAAATTATTCGCCAGAGTACTACGGCAACAGCCCGAA 1789  
Lama AAATTTAAGTGATTACAATAACAAAATCGCTCGCCAGAGTACTACTAGCAACAGCTTAAA 579  
Camelus AAACCTAAGTGATTATAACAACAAAATCACTCGCCAGAGTACTACTAGCAACAGCTTAAA 579  
bactrianus AAACCTAGGTGATTACAACAACAAAATCACTCGCCAGAGTACTACTAGCAACAGCTTAAA 579  
\*\*\* \*..\*.\*.\*\*\* \* \*\*\*\*\* . \* \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\* \*\*

Ovis ACTCAAAGGACTTGGCGGTGCTTTATACCCCTCTAGAGGAGCCTGTTCTATAATCGATAA 639  
yak ACTCAAAGGACTTGGCGGTGCTTTATATCCCTCTAGAGGAGCCTGTTCTGTAATCGATAA 1527  
goat ACTCAAAGGACTTGGCGGTGCTTTATACCCCTCTAGAGGAGCCTGTTCTATAATCGATAA 1849  
Lama ACTCAAAGGACTTGGCGGTGCTTCATACCCC-CTAGAGGAGCCTGTTCTATAATCGATAC 638  
Camelus ACTCAAAGGACTTGGCGGTGCTTCATACCCC-CTAGAGGAGCCTGTTCTATAATCGATAA 638  
bactrianus ACTCAAAGGACTTGGCGGTGCTTCATACCCC-CTAGAGGAGCCTGTTCTATAATCGATAA 638  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*

Ovis ACCCCGATAAACCTCACCAATCCTTGCTAATACAGTCTATATACCGCCATCTTCAGCAA 699  
yak ACCCCGATAAACCTCACCAATCCTTGCTAATACAGTCTATATACCGCCATCTTCAGCAA 1587  
goat ACCCCGATAAACCTCACCAATCCTTGCTAATACAGTCTATATACCGCCATCTTCAGCAA 1909  
Lama ACCCCGATCAACCTCACCAACCTTGCTAATACAGTCTATATACCGCCATCTTCAGCAA 698  
Camelus ACCCCGATCAACCTCACCAACCTTGCTAATACAGTCTATATACCGCCATCTTCAGCAA 698  
bactrianus ACCCCGATCAACCTCACCAACCTTGCTAATACAGTCTATATACCGCCATCTTCAGCAA 698  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*:\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*

Ovis CCCTAAAAAGGGACAAAAGTAAGCTCAA-TAATAACACATAAAGACGTTAGGTCAAGGT 758  
yak CCCT-AAAAAGGAAAAAAGTAAGCACA-TCATGATACATAAAGACGTTAGGTCAAGGT 1645  
goat CCCT-AAAAAGGAACAAAAGTAAGCTCAA-TCACAACACATAAAGACGTTAGGTCAAGGT 1967  
Lama CCCC-TATAGGGAACAAAAGTAAGCTCAACTATTTAAACATAAAAACGTTAGGTCAAGGT 757  
Camelus CCCC-TATAGGATCAATAGTAAGCTTAACCTATTCAAACATAAAGACGTTAGGTCAAGGT 757  
bactrianus CCCC-TATAGGATCAATAGTAAGCTTAACCTATTCAAACATAAAAACGTTAGGTCAAGGT 757  
\*\*\* :\*.\*.\*.:\*\*.\*.\*\*\*: \*\* \*.: \* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*

Ovis GTAACCTATGGAGTGGGAAGAAATGGGCTACATTTTCTACCCAAGAAAAT--TTAA---- 812  
yak GTAACCTATGAAATGGAAAGAAATGGGCTACATTTTCTACACTAAGAGAACCAATG---- 1701  
goat GTAACCCATGGAATGGGAAGAAATGGGCTACATTTTCTACCTTAAGAAAA--TTAA---- 2021  
Lama GTAACCAATGGGATGGGAAGAAATGGGCTACATTTTCTTATCCCAAGAAAATCTCAAAAC 817  
Camelus GTAACCCATGGGATGGGAAGAAATGGGCTACATTTTCTTGTCTAAGAAAATCTCAAAAT 817  
bactrianus GTAACCCATGGGATGGGAAGAAATGGGCTACATTTTCTTGTCTTAAGAAAATCTCAAAAT 817  
\*\*\*\*\* \*\*..\*\*.\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*: ..\*.: :

Ovis ---TACGAAAGCCATTATGAAATTAATAGCCAAAGGAGGATTTAGCAGTAAACTAAGAAT 869  
yak ---CACGAAAGTTATTATGAAATTAATAGCCAAAGGAGGATTTAGCAGTAAACTAAGAGT 1758  
goat ---TACGAAAGCCATTATGAAATTAATAGCCAAAGGAGGATTTAGTAGTAAACTAAGAAT 2078  
Lama CCTTACGAAAGCCCTATGAAACTAAGGGCCAAAGGAGGATTTAGCAGTAAACTAAGAAT 877  
Camelus ACTTACGAAAGCCCCATGAAACTGAGGGCCAAAGGAGGATTTAGTAGTAAACTAAGAAT 877  
bactrianus CCTTACGAAAGCCCTATGAAACTGAGGGCCAAAGGAGGATTTAGTAGTAAACTAAGAAT 877  
\*\*\*\*\* . \*\*\*\*\* \*..\*.\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*

Ovis AGAGTGCTTAGTTGAATCAGGCCATGAAGCAGCACACACCGCCCGTCACCCTCTCAAG 929  
yak AGAGTGCTTAGTTGAATCAGGCCATGAAGCAGCACACACCGCCCGTCACCCTCTCAAA 1818  
goat AGAGTGCTTAGTTGAATCAGGCCATGAAGCAGCACACACCGCCCGTCACCCTCTCAAG 2138  
Lama AGAGTGCTTAATTGAACTAGGCCATGAAGCAGCACACACCGCCCGTCACCCTCTCAAG 937  
Camelus AGAGTGCTTGGTTGAACTAGGCCATGGAGCAGCACACACCGCCCGTCACCCTCTCAAG 937  
bactrianus AGAGTGCTTAGTTGAATCAGGCCATGAAGCAGCACACACCGCCCGTCACCCTCTCAAA 937  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*

Ovis TAAATATGATATACTTAAACCTATTTACATATATCAACCACAGAGAGGAGACAAGTCGT 989  
yak TAGATTCAATGCATCTAACCTTATTTAAACGCACTAGCTATATGAGAGGAGACAAGTCGT 1878  
goat TAAATACAATGCACTCAAGCCTATTAACACGCATCAACTACATGAGAGGAGATAAGTCGT 2198  
Lama TATAACAGGCCCGTAAGCAA-CATAATAAGTGTCAAATATATGAGAAGAGACAAGTCGT 996  
Camelus TTCAACGAGCCTGCAAAAAAC-ATAAATAAGTGCAAAACGTATGAGAAGAGACAAGTCGT 996  
bactrianus TCCAATGAGCCCGCAAGAAAATATAAATAAGTGCAAAACGTATGAGAAGAGACAAGTCGT 997  
\* \*: .. . . . :::\* \* . . \* . . \* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*

Ovis AACAAAGGTAAGCATACTGGAAGTGTGCTTGGATAAACCAAGATATAGCTTAAATTAAGC 1049  
yak AACAAAGGTAAGCATACTGGAAGTGTGCTTGGATAAATCAAGATATAGCTTAAACAAAGC 1938  
goat AACAAAGGTAAGCATACTGGAAGTGTGCTTGGATAAATCAAGATATAGCTTAAACAAAGC 2258  
Lama AACAAAGGTAAGCATACTGGAAGTGTGCTTGGATAA-CAAAACGTAGCTTAAAGAAAGC 1055  
Camelus AACAAAGGTAAGCATACTGGAAGTGTGCTTGGATGAG-CAAAACGTAGCTTAAAGAAAGT 1055  
bactrianus AACAAAGGTAAGCATACTGGAAGTGTGCTTGGATGAG-CAAAACGTAGCTTAAAGAAAGT 1056  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*.\*\*\*.\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*



Ovis GTAAGATCTAAAAATACCATAGTAGGCCCTAAAAGCAGCCATCAATTAAGAAAGCGTTAAA 1642  
yak GTAAAATCTAACACTACCATAGTAGGCCCTAAAAGCAGCCACCAATTGAGAAAGCGTTAAA 2531  
goat GTAAGACTTTACAACACCATAGTAGGCCCTAAAAGCAGCCATCAATTAAGAAAGCGTTAAA 2847  
Lama GTAAAAACAACCAACACCATAGTTGGCTTAAAAGCAGCCATCAATTAAGAAAGCGTTCAA 1641  
Camelus GTAAAAACAATCAATACCATAGTAGGCCCTAAAAGCAGCCATCAATTAAGAAAGCGTTCAA 1640  
bactrianus GTAAAAACAACCAATACCATAGTAGGCCCTAAAAGCAGCCATCAATTAAGAAAGCGTTCAA 1641  
\*\*\*\*.\* :. \*. \*\*\*\*\*:\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*

Ovis GCTCAACAACAATAGTATTATTAATCCCAGCAATAACATTAGCCAACCTCTAGATTTAAT 1702  
yak GCTCAACAACAAAACTAAACAGATCCCAATAACA--AGTAATTAACCTCTAGCCCCAAT 2589  
goat GCTCAACAATAAAAAATAAATTAATCCCACAATAG-TACAACCTAACCTCTAGACCTAAT 2906  
Lama GCTCAACATTAAACAAAGTTTAAATTCCAATAGTC--AACAAGGAACCTCTAACC--AAT 1698  
Camelus GCTCAACATTAGACAAA-CCTTAATCCCATAGTT--AATAAGGAACCTCTAATCC--AAT 1696  
bactrianus GCTCAACATCAAACTAAACCTTAATCCCATAGTT--AACAAGGAACCTCTAATCC--GAT 1698  
\*\*\*\*\*: \*.:. : :. \*\* \*. \* : \* \*\*\*\*\* . \*\*

Ovis ACTGGACTATTCTATTACTAAATAGAAGCAATAATGTTAATATGAGTAACAAGAAATATT 1762  
yak ACTGGACTAATCTATTATTGAATAGAAGTAATAATGTTAATATGAGTAACAAGAAAACT 2649  
goat ACTGGACCCTCTATTATTAATAGAAGCAATAATGTTAATATGAGTAACAAGAAATATT 2966  
Lama ACTGGACTAATCTATTAATTAATAGAAGCAATAATGTTAATATGAGTAACAAGAAATA-T 1757  
Camelus ACTGGACTAATCTATTAATTTATAGAAGCAATAATGTTAATATGAGTAACAAGAAATATT 1756  
bactrianus ACTGGACTAATCTATTAATTTATAGAAGCAATAATGTTAATATGAGTAACAAGAAATA-T 1757  
\*\*\*\*\* \* \*\*\*\*\* \* :\*\*\*\*\*.\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*: \* \*

Ovis TTCTCCTCGCACAAAGTTTAAAGTCAGTAACCTGATAATACCTGACCGTTAACAGTAAATAA 1822  
yak TTCTCCTTGCATAAGTCTAAGTCAGTACCTGATAATACTCTGACCATTAAACAGCTAATAA 2709  
goat TTCTCCTTGCATAAGTCTAAGTCAGTATCTGATAATATCTGACTGTTAACAGTAAATAA 3026  
Lama TTCTCCTTGCATAAGCTTATGTCAGCAACGGATATTCTACTGACAGTTAACACTTAATAA 1817  
Camelus TTCTCCTTGCATGAGCTTATGTCAGCAACGAATACTCTACTGACAGTTAACACTTAATAA 1816  
bactrianus TTCTCCTTGCATAAGCTTATGTCAGCAACGAATACTCTACTGACAGTTAACACTTAATAA 1817  
\*\*\*\*\* \*\* .\*\* \*\*.\*\*\*\*\* \* \* .\*\* \* . \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\* :\*\*\*\*\*

Ovis AAATAACCCAAACAATAAATGATTTTACTTATACTGTTAACCCAACACAGGAGTGCA-C 1881  
yak AAATAACCCAAACAATAAATTTATTAACCTATACTGTTAATCCAACACAGGAGTGCA-C 2769  
goat AAACAACCTAACGATAAATAAATTTATTAATTTACTGTTAACCCAACACAGGAGTGCA-C 3085  
Lama ATTTAACCCACCAATGAACAATTTATTAATTTACTGTTAACCCAACACAGGAGTGCA-T 1876  
Camelus ACTTAACCCACCAATAAATGATTTTATTAATCTACTGTTAACCCAACACAGGAGTGCA-T 1875  
bactrianus ACTTAACCCACCGATAAACAATTTATTAATCCACTGTTAATCCGACACAGGAGTGCA-T 1876  
\* : \*\*\*\* \*.\*.\*\*\*.\*\*\* .\*\*\*\*\*. \* \*\*\*\*\* \*\* .\*\*\*\*\* .\*\*\*\*

Ovis CCAGGAAAGATTCAAAGAAGTAAAAGGAACCTCGGCAAACACTAAACCCCGCTGTTTACC 1941  
yak TAAGGAAAGATTAAAAGAAGTAAAAGGAACCTCGGCAAACAC-AAACCCCGCTGTTTACC 2828  
goat CCAGGAAAGATTAAAAGAAGTAAAAGGAACCTCGGCAAACAC-AAACCCCGCTGTTTACC 3144  
Lama TAAGGAAAGATTAAAAGAAGCAAAGGAACCTCGGCAAACAC-GAGCCCCGCTGTTTACC 1935  
Camelus TAAGGAAAGATTAAAAGAAGCAAAGGAACCTCGGCAAACAC-GAGCCCCGCTGTTTACC 1934  
bactrianus TAAGGAAAGATTAAAAGAAGCAAAGGAACCTCGGCAAACAC-GAGCCCCGCTGTTTACC 1935  
.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* .\*.\*\*\*\*\*

Ovis AAAAAATCACCTCCAGCATCCCTAGTATTGGAGGCACTGCCTGCCAGTGACTAAACGT 2001  
yak AAAAAATCACCTCCAGCATCCCTAGTATTGGAGGCACTGCCTGCCAGTGACTAAACGT 2887  
goat AAAAAATCACCTCCAGCATTTCCAGTATTGGAGGCACTGCCTGCCAGTGACTAAACGT 3204  
Lama AAAAAATCACCTCTAGCATTACTAGTATTAGAGGCACTGCCTGCCAGTGACTAAACGT 1994  
Camelus AAAAAATCACCTCTAGCATTACTAGTATTAGAGGCACTGCCTGCCAGTGACTAAACGT 1993  
bactrianus AAAAAATCACCTCTAGCATTACTAGTATTAGAGGCACTGCCTGCCAGTGACTAAACGT 1994  
\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \* \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*: : \*\*

Ovis TAAACGGCCGCGGTATTCTGACCGTGCAAAGGTAGCATAATCATTGTTCTCTAAATAAG 2061  
yak TTAACGGCCGCGGTATCCTGACCGTGCAAAGGTAGCATAATCATTGTTCTCTAAATAAG 2947  
goat TAAACGGCCGCGGTATTCTGACCGTGCAAAGGTAGCATAATCATTGTTCTCTAAATAAG 3264  
Lama TAAACGGCCGCGGTATCCTGACCGTGCAAAGGTAGCATAATCATTGTTCTCTAAATAAG 2054  
Camelus TAAACGGCCGCGGTATCCTGACCGTGCAAAGGTAGCATAATCATTGTTCTCTAAATAGG 2053  
bactrianus TAAACGGCCGCGGTATCCTGACCGTGCAAAGGTAGCATAATCATTGTTCTCTAAATAGG 2054  
\*:\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*

Ovis GACTTGTATGAATGGCCACACGAGGGTTTTACTGTCTCTTACTTCCAATCAGTGAAATTG 2121  
yak GACTTGTATGAATGGCCACACGAGGGTTTTACTGTCTCTTACTTCCAATCAGTGAAATTG 3007  
goat GACTTGTATGAACGGCCACACGAGGGTTTTACTGTCTCTTACTTCCAATCAGTGAAATTG 3324  
Lama GACTTGCATGAACGGCCACACGAGGGTTCTACTGTCTCTTGCCTCCAATCAGTGAAATTG 2114  
Camelus GACTTGTATGAATGGCCACACGAGGGTTCTACTGTCTCTTGCCTCCAATCAGTGAAATTG 2113  
bactrianus GACTTGTATGAACGGCCACACGAGGGTTCTACTGTCTCTTGCCTCCAATCAGTGAAATTG 2114  
\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\* .\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

```

Ovis          ACCTCCCCGTGAAGAGGCGGGGATAAATCAACAAGACGAGAAGACCCTATGGAGCTTTAA 2181
yak           ACCTTCCCGTGAAGAGGCGGGAATGCATAAAATAAGACGAGAAGACCCTATGGAGCTTTAA 3067
goat         ACCTCCCCGTGAAGAGGCGGGAATGAATTAACAAGACGAGAAGACCCTATGGAGCTTTAA 3384
Lama         ACCTCCCCGTGCAGAGGCGGGGATGAACAAATAAGACGAGAAGACCCTATGGAGCTTCAA 2174
Camelus      ACCTCCCCGTGCAGAGGCGGGGATACACAAATAAGACGAGAAGACCCTATGGAGCTTTAA 2173
bactrianus   ACCTCCCCGTGCAGAGGCGGGGATACACAAATAAGACGAGAAGACCCTATGGAGCTTTAA 2174
             ****  *****.*****.***. *  *****

Ovis          CTAAGTAACTCAAGGAAAATAAATTCAACCACCAAGGGATAACAACACTCCTTATGAGTT 2241
yak           CTAACCAACCCAAAGAAAATAAATTTAACCATTGAGGAACAACAACATCTCCATGAGTT 3127
goat         CTAAGTAACTCAAGGAAAATAAATTCAACCACCAAGGGATAACAACACTCCTTATGAGTT 3444
Lama         TTAAGTAACTCAAGGAAAATAAATTAACCACCAAGGGATAACAACACTCTACCTGGGCT 2234
Camelus      TTAAGTAACTCAAGGAAAATAAATAAACCAGGGATAATAATCTTCTACCTGAGTT 2233
bactrianus   TTAAGTAACTCAAGGAAAATAAATAAACCAGGGATAATAATCTTCTACCTGAGTT 2234
             ***  *.  ***.***** *:: ***** .***. *  *  .  *  .**.. *

Ovis          AACAGTTTCGGTTGGGGTGACCTCGGAGAACAGAAAATCCTCCGAGCGATTTTAAAGACT 2301
yak           GGTAGTTTCGGTTGGGGTGACCTCGGAGAATAAAAAATCCTCCGAACGATTTTAAAGACT 3187
goat         AGCAGTTTCGGTTGGGGTGACCTCGGAGAACAAGAGATCCTCCGAGCGATTTTAAAGACT 3504
Lama         AACAAATTCGGTTGGGGTGACCTCGGAGAACAGAAAACCTCCGAGTGACTAAAA--TTT 2292
Camelus      AGCAATTCGGTTGGGGTGACCTCGGAGAACAGAAAACCTCCGAGTGACTAAAA--TCT 2291
bactrianus   AGCAATTCGGTTGGGGTGACCTCGGAGAACAGAAAACCTCCGAGTGACTAAAA--TCT 2292
             .. *.*** ***** ***** *.**.*:*****. *  *::**  : *

Ovis          AGACTAACAAGTCAAACCAAACCATCGCTTATTGATCC-AA-AAACTTGATCAACGGAAC 2359
yak           AGACCCACAAGTCAAATCACTCTATCGCTCATTGATCC-AA-AAATTTGATCAACGGAAC 3245
goat         AGACTTACAAGTCAAATCAAATTAATCGCTTATTGATCCAAA-AAACTTGATCAACGGAAC 3563
Lama         AGATCTGCCGATCAAATGTTAGTGTCACTTATTGATCCAAAAGTTATTTGATCAACGGAAC 2352
Camelus      AGATTTACCAATCAAATGTTAGTGTCACTTATTGATCCAAA-ATATTTGATCAACGGAAC 2350
bactrianus   AGACTTACCAAGTCAAATGTTAGTGTCACTTATTGATCCAAA-ATATTTGATCAACGGAAC 2351
             ***  *...***** . : .**.* ***** *  *::* *****

Ovis          AAGTTACCCTAGGGATAACAGCGCAATCCTATTCAAGAGTCCATATCGACAATAGGGTTT 2419
yak           AAGTTACCCTAGGGATAACAGCGCAATCCTATTCAAGAGTCCATATCGACAATAGGGTTT 3305
goat         AAGTTACCCTAGGGATAACAGCGCAATCCTATTCAAGAGTCCATATCGACAATAGGGTTT 3623
Lama         AAGTTACCCTAGGGATAACAGCGCAATCCTATTCAAGAGTCCATATCGACAATAGGGTTT 2412
Camelus      AAGTTACCCTAGGGATAACAGCGCAATCCTATTCAAGAGTCCATATCGACAATAGGGTTT 2410
bactrianus   AAGTTACCCTAGGGATAACAGCGCAATCCTATTCAAGAGTCCATATCGACAATAGGGTTT 2411
             *****

Ovis          ACGACCTCGATGTTGGATCAGGACACCCCGATGGTGCACCCGCTATCAAAGGTTTCGTTTG 2479
yak           ACGACCTCGATGTTGGATCAGGACATCCTGATGGTGCACCCGCTATCAAAGGTTTCGTTTG 3365
goat         ACGACCTCGATGTTGGATCAGGACATCCTGATGGTGCACCCGCTATCAAAGGTTTCGTTTG 3683
Lama         ACGACCTCGATGTTGGATCAGGACATCCCAATGGTGCAGCCGCTATTAAGGTTTCGTTTG 2472
Camelus      ACGACCTCGATGTTGGATCAGGACACCCCAATGGTGCAGCCGCTATTAAGGTTTCGTTTG 2470
bactrianus   ACGACCTCGATGTTGGATCAGGACACCCCAATGGTGCAGCCGCTATTAAGGTTTCGTTTG 2471
             *****

Ovis          TTCAACGATTAAAGTCCACGTGATCTGAGTTCAGACCGGAGTAATCCAGGTCGGTTTCT 2539
yak           TTCAACGATTAAAGTCCACGTGATCTGAGTTCAGACCGGAGCAATCCAGGTCGGTTTCT 3425
goat         TTCAACGATTAAAGTCCACGTGATCTGAGTTCAGACCGGAGCAATCCAGGTCGGTTTCT 3743
Lama         TTCAACGATTAAAGTCCACGTGATCTGAGTTCAGACCGGAGCAATCCAGGTCGGTTTCT 2532
Camelus      TTCAACGATTAAAGTCCACGTGATCTGAGTTCAGACCGGAGTAATCCAGGTCGGTTTCT 2530
bactrianus   TTCAACGATTAAAGTCCACGTGATCTGAGTTCAGACCGGAGTAATCCAGGTCGGTTTCT 2531
             *****

Ovis          ATCTGTTATG-TATTTCTCCAGTACGAAAGGACAAGAGAAATAAGGCCAACTTAAC-A 2597
yak           ATCTATTACG-TATTTCTCCAGTACGAAAGGACAAGAGAAATAAGGCCAACTTAAAT 3484
goat         ATCTGTTATG-TATTTCTCCAGTACGAAAGGACAAGAGAAATAAGGCCAACTTAAC-A 3801
Lama         ATCTATTGTCAAATTTCTCCAGTACGAAAGGACAAGAGAAATAAGGCCTACCTTACA-G 2591
Camelus      ATCTATTATT-GATTTCTCCAGTACGAAAGGACAAGAGAAATGAGGCCTACTCTAAA-G 2588
bactrianus   ATCTATTATT-AATTTCTCCAGTACGAAAGGACAAGAGAAATAAGGCCTACTCTAAA-G 2589
             ****.*:: *****.***** *****

Ovis          AAGCGCCTTAAACC-AATTAATGACTTTATCTTAATTA--TTTACAC-AACAAA--CCTG 2652
yak           AAGCGCCTTAAACC-AACTAATGACAGCGTCTCAATTA--CAACAC---AAAC--CCTG 3537
goat         AAGCGCCTTAAACC-AATTAATGACCTATCTCAATTA--TTTACAAAACAAA--CCTG 3857
Lama         GGGCGCCTTAGACCTAATTAATGATATAATCTTAACCTAACTAGTTCAAAAAAC-ACAG 2650
Camelus      GAGCGCCTTAGAACTAACTAATGATATAATCTTAACCTAACTAGTTCAAAAAAC-ACAG 2647
bactrianus   GAGCGCCTTAGAACTAACTAATGATATAATCTTAACCTAACTAGTTCAAAAAACATACAG 2649
             ..*****.*. *  ***** .*** *  *:: *  : *  .**..*:*

```

Ovis CCCTAGAAAAGGGCCAGTTAAGGTGGCAGAGCCCGGTAATTGCGTAAAACCTTAAACCTT 2712  
yak CCCTAGAACAGGGCTTAGTTAAGGTGGCAGAGCCCGGTAATTGCGTAAAACCTTAAACCTT 3597  
goat CCCTAGAAAAGGGCCTAGTTAAGGTGGCAGAGCCCGGTAATTGCGTAAAACCTTAAACCTT 3917  
Lama CCCTAGATCAGGGT-TTGTTAGGGTGGCAGAGACCGGTAATTGCATAAAAACCTTAAAGATTT 2709  
Camelus CCCTAGACCAGGGC-TTATTAGGGTGGCAGAGACCGGTAATTGCATAAAAACCTTAAAGATTT 2706  
bactrianus CCCTAGACAAGGGC-TTATTAGGGTGGCAGAGACCGGTAATTGCATAAAAACCTTAAAGATTT 2708  
\*\*\*\*\* .\*\*\*\* :.\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*

Ovis TATACTCAGAGATTCAAATCCTCTCCTTAACAAA-ATGTTTATAATCAACGTCTTAACAC 2771  
yak TATACCCAGAGATTCAAATCCTCTCCTTAACAAA-ATGTTTATAATTAACATCTTAATAC 3656  
goat TATACTCAGAGATTCAAATCCTCTCCTTAACAAT-ATGTTTATAATTAATATCTTAACAT 3976  
Lama TACACCCAGAGGTTCAAATCCCTCCCTAACATACATGTTTATAATTAATATCCTTACAC 2769  
Camelus TAGACCCAGAGGTTCAAATCCTCTCCTTAATATGCATGTTTATAATTAATATCCTTACAC 2766  
bactrianus TAGACCCAGAGGTTCAAACCCCTCTCCCTAATATGTATGTTTATAATTAATATCCTTACAC 2768  
\*\* \*\* \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \* : \*\*\*\*\* \*\* . \* \*\* . \* \* \*

Ovis TCATCATTCCTATTCTCCTAGCTGTAGCTTTTCTTACACTAGTTGAACGAAAAGTTCTAG 2831  
yak TTATCATTCCTATCTTATTAGCCGTAGCATTCTCACATTAGTAGAACGAAAAGTTCTAG 3716  
goat TCATTATTCCTATTCTTCTAGCCGTAGCTTTCTTACACTAGTTGAACGAAAAGTTCTAG 4036  
Lama TTATTGTCCCTATCCTCTTAGCAGTAGCATTCTCACCCCTAGTAGAACGAAAAGTTCTAG 2829  
Camelus TCACCATCCCAATCCTCTTAGCAGTAGCATTCTCACCCCTGTGAACGAAAAGTTCTAG 2826  
bactrianus TTATCGTCCCATCCTCCTTAGCAATAGCATTCTCACCCCTGTGAACGAAAAGTTCTAG 2828  
\* \* . \* \*\* \* \* \* \*\*\*\* .\*\*\*\*\*: \* \*\* \* \* . \* : \* \* \*\*\*\*\* . \* \*\*\*\*

Ovis GTTATATACAATTTGAAAAGGGCCAAACGTTGAGGGCCATATGGCTTACTTCAACCCA 2891  
yak GCTACATACACTCCGAAAAGGTCCAAATGTGCTAGGCCCATATGGCCTACTCCAACCCA 3776  
goat GCTACATACAGCTCCGAAAAGGGCCAAACGTCGTAGGACCATACGGCTTACTTCAACCAA 4096  
Lama GCTATATACAATTTGAAAAGGGCCAAACGTCGTAGGACCCTACGGCTTACTTCAACCAA 2889  
Camelus GCTACATGCAACTCCGAAAAGGGCCAAACGTCGTAGGACCCTACGGCTTACTTCAACCAA 2886  
bactrianus GCTACATGCAACTCCGAAAAGGGCCAAACGTCGTAGGACCCTACGGCTTACTTCAACCAA 2888  
\* \*\* \* \* . \* \* . \* \*\*\*\*\* . \* \* : \* \* \* \* \* \* \* \* . \* \* \* \* \* \* \* \* . \* \* \* \* \* \* \* \*

Ovis TCGCCGACGCAATTAACCTCTTCATCAAAGAACCCTACGACCCGCCACATCCTCAATCT 2951  
yak TCGCCGATGCAATCAAACCTTTTCATCAAAGAACCATTACGACCTGCCACGCTTCAACCT 3836  
goat TCGTGATGCAATTAACCTTTTCATCAAAGAACCCTACGACCTGCCACCTCCTCAATCT 4156  
Lama TTGCGGACGCTATCAAACCTTTTACTAAAGAACCCTACGCCCCGCCACCTCTTCTATCA 2949  
Camelus TCGCAGATGCTATTAACCTATTTACCAAAGAGCCACTACGGCCTGCCACCTCCTCTGTCA 2946  
bactrianus TTGCAGATGCTATCAAATTTATCACAAAGAGCCGCTACGACCTGCCACCTCCTCTGTTA 2948  
\* \*\* \* \* \* . \*

Ovis CAATATTCATCTAGCCCCATCTAGCCTAACCTAGCCTTAACTATATGAATCCCC 3011  
yak CAATATTCATCTAGCGCCATTTTAGCTCTAGCCTAGCCTTAACTATATGAATCCCC 3896  
goat CAATATTTATCTAGCCCCATTTTAGCTCTGACCCTAGCCTTAACTATATGAATCCCC 4216  
Lama CCATATTTATCTCGCCCCATCTAGCTCTAACCTAGCTTAACTATATGAATCCCC 3009  
Camelus CTATATTCATCATCGCCCCGCTCTAGCCTTAACTATATGAATCCCC 3006  
bactrianus CTATGTTTATCTAGCCCCGTTCTAGCCTTAACTATATGAATCCCC 3008  
\* \*\* . \* \* \* \* . \* . \*

Ovis TACCATAACCCTATCCCCATCAACATAAACTTAGGAGTCTCTTCATATTAGCCATAT 3071  
yak TACCAATACCCCATCCCCATTAAACATAAACTTAGGAGTCTCTTATACTAGCAATAT 3956  
goat TACCATAACCCTACCCCTCATTAACATAAACTTAGGAGTCTCTTCATATTAGCTATAT 4276  
Lama TCCCAATGCCACAGCCCCCTTTGTTGACATAAACTTAGGTGTACTATTTATACTAGCTATGT 3069  
Camelus TCCCAATGCCACACCCCTTATCAATATAAACTGGGCGTACTATTTTTACTAGCAATAT 3066  
bactrianus TCCCAATACCACACCCCTCATCAATATAAACTTAGGCGTGTATTTTTACTAGCAATAT 3068  
\* . \* \* . \* \* . \*

Ovis CAAGCCTAGCCGTATACTCAATCCTCTGATCAGGTTGAGCCTCCAACCTCAAAATATGCTC 3131  
yak CAAGCCTAGCCGTGACTCCATCCTCTGATCAGGCTGAGCCTCCAACCTCAAAATACGCAC 4016  
goat CAAGCTTAGCCGTATACTCAATCTCTGATCAGGCTGAGCCTCCAACCTCAAAATATGCTC 4336  
Lama CCAGCTTAGCTGTCTACTCTATCCTATGATCTGGCTGAGCCTCCAATTCAAAATATGCAC 3129  
Camelus CTAGCCTAGCCGTGACTCCATCCTATGGTCCGGCTGGGCTCCAACCTCAAAATACGCAT 3126  
bactrianus CTAGCCTAGCCGTTACTCTATCCTATGATCCGGCTGAGCCTCCAACCTCAAAATACGCAT 3128  
\* \*

Ovis TCATTGGAGCCCTACGGGCAGTAGCACAAACAATCTCTTATGAAGTAACACTAGCAATTA 3191  
yak TAATCGGAGCCCTACGAGCAGTAGCACAAACAATCTCATATGAAGTAACACTAGCAATTA 4076  
goat TCATTGGAGCCCTACGAGCAGTAGCACAAACAATTTTCATATGAAGTAACACTAGCAATTA 4396  
Lama TAATTGGTGTCTCCGAGCTGTGCTCAAACATCTCATATGAAGTTACACTAGCCATTA 3189  
Camelus TAATCGGAGCCCTCCGAGCCGTCGCCAAACCATCTCATACGAAGTCACACTAGCTATCA 3186  
bactrianus TAATCGGCGCCCTTCGGGCCGTCGCCAGACCATCTCATATGAAGTCACATTGGCTATCA 3188  
\* . \*

Ovis TTTTACTATCAGTCTACTAATAAATGGGTCCTTTACCCTTTCTACACTAATCATTACAC 3251  
yak TCCTACTATCAGTACTCCTAATAAGTGGATCCTTTACCCTCTCCACATTAATTATTACAC 4136  
goat TCCTACTGTCAATCTTACTAATAAACGGATCCTTTGCCCTCTCTACACTAATTATTACAC 4456  
Lama TCCTACTCTCCGTGCTTCTAATAAATGGATCCTTTACTCTTTCAACACTCATCACAACAC 3249  
Camelus TTTTACTCTCCGTACTTCTAATAAGTGGATCCTTTACCCTATCAACACTCATCACAACAC 3246  
bactrianus TCTTACTCTCCGTGCTTCTAATAAATGGATCCTTTACCCTATCAACACTTATCACAACAC 3248  
\* \*\*\*\* \* . . \* \* \*\*\*\* \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \*

Ovis AAGAACAAGTATGATTAATCTTCCAGCATGACCCCTAGCAATAATATGATTTATCTCAA 3311  
yak AAGAACAAACATGGCTAATCCTCCAGCATGACCTCTAGCAATAATATGATTTATCTCAA 4196  
goat AGGAACAAGTATGACTAATCTTCCAGCATGACCTCTAGCAATAATGTGATTCATCTCAA 4516  
Lama AAGAGCATATATGAATAATTATCCAGCCTGACCTCTAGCCATAATATGATTTATCTCCA 3309  
Camelus AAGAGCACATATGAATAATTGTACCGCCTGACCTTTGGCCATAATATGATTTATCTCCA 3306  
bactrianus AAGAACACATATGAATAATCGTACCTGCTTGACCTCTGGCTATAATATGATTTATCTCCA 3308  
\* . \*

Ovis CACTAGCAGAAACAAACCGAGCACCATTTGACCTCACCGAAGGAGAATCTGAACTAGTAT 3371  
yak CATTAGCAGAAACAAACCGAGCTCCCTTTGACCTAACTGAAGGAGAATCAGAGCTAGTCT 4256  
goat CACTAGCAGAAACAAACCGAGCACCATTTGACCTGACC GAAGGAGAATCCGAACTAGTAT 4576  
Lama CACTAGCCGAAACCAACCGGCCCATTCGACCTTACC GAAGGAGAGTCAGAATTAGTAT 3369  
Camelus CACTAGCCGAAACCAACCGAGCCCCCTTTGACCTCACC GAAGGGGAATCTGAACTAGTAT 3366  
bactrianus CGCTAGCTGAAACCAACCGAGCCCCCTTTGACCTCACC GAAGGGGAATCTGAATTAGTAT 3368  
\* . \*

Ovis CAGGCTTTAACGTAGAATATGCTGCCGACCATTGCCCTATTTCTTATAGCAGAATATG 3431  
yak CAGGCTTCAACGTAGAATATGCAGCAGGACCATTGCCCTCTTCTTCATAGCAGAGTACG 4316  
goat CAGGCTTCAACGTAGAATATGCCGAGGGCCATTGCCCTATTTTTCATAGCAGAATATG 4636  
Lama CGGGCTTTAACGTAGAATATGCAGCTGGCCCTTTGCCCATATTTTTCATAGCAGAATACG 3429  
Camelus CAGGCTTTAACGTGGAATACGCAGCAGGCCCTTCGCCATATTTTTCATAGCAGAATACG 3426  
bactrianus CAGGCTTTAACGTAGAATATGCAGCAGGCCCTTCGCTATATTTTTCATAGCAGAGTACG 3428  
\* . \*

Ovis CGAATATTATCATAATAAACATCTTACACAACACCCTCTTCTTAGGAGCATTTCACAACC 3491  
yak CAAATATCATCATAATAAACATATTTACAGCAATTTCTATTTCTAGGGACATCCCAACC 4376  
goat CAAATATTATATAATAAATCTTACACAACACTCTTCTTAGGAGCATTTCACAGCC 4696  
Lama CTAACATTATATAATAAATGCTTTTACAACTATTTTATTCTTCGGAGCCTTTCATAATC 3489  
Camelus CTAACATCATCATGATAAATGCCTTACAGCACCATCCTCTTCTTTGGAGCCTTCCACAATC 3486  
bactrianus CCAATATCATCATGATAAATGCCTTACAACTATCCTCTTCTTCGGAGCCTTTCACAATC 3488  
\* \* \* \* \* \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \*

Ovis CATAACATACCAGAACTTTACACAATCAACTTACCATCAAATCGCTACTACTCACAATTA 3551  
yak CACACATACCAGAACTCTACACAATCAACTTTATCATCAAATCCCTGCTACTCACAATTA 4436  
goat CCTATATACCAGAACTCTACACAATTAACCTTATTATCAAATCACTCCTACTTACAATTA 4756  
Lama CCTATATACCAGAACTATACACAGCCAACTTTGTCCTTAAAACGCTACTATTAAACCGTAA 3549  
Camelus CCTACATGCCAGAACTATATACAGTCAATTTGTCGAGCCAAAACACTGCTACTAACCAGCAA 3546  
bactrianus CCTACATGCCGGAGCTATATACAGTCAATTTGTCGAGCCAAAACACTGCTACTAACCAGCAA 3548  
\* . \* \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \*

Ovis CCTTCTATGAATCCGAGCATCCTACCCCGATTCCGTTACGACCAACTAATACACTTAC 3611  
yak TATTCTATGAATCCGAGCATCCTATCCTCGATTCCGCTATGACCAACTGATACACTTAC 4496  
goat CTTTCTATGAATCCGAGCATCCTACCCCGATTCCGTTACGACCAACTAATACACTTAT 4816  
Lama CCTTTCTATGAATCCGAGCATCCTACCCCGATTTCGATACGATCAACTAATACACTTAC 3609  
Camelus CCTTCTTATGAATTCGAGCATCCTATCCCGATTTCGATATGATCAACTAATGCACCTCC 3606  
bactrianus CTTTCTATGAATTCGAGCATCCTATCCCGATTTCGATACGATCAGCTAATACACTTCC 3608  
\* \* \* \* \* \* \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \*

Ovis TATGAAAAAATTTTCTACCCCTAACACTAGCCCTATGCATATGACACGTATCGCTACCTA 3671  
yak TATGAAAAAATTTCTGCCCTAACACTAGCCCTATGCATATGACACGTATCACTGCCCA 4556  
goat TATGAAAAAATTTCTACCCCTAACACTGGCCCTATGTATATGACACGTGTCACCTACCA 4876  
Lama TATGAAAAAATTTTCTCCCCCTAACCTTAGCCCTATGCATATGACATGTCTCATTACCA 3669  
Camelus TATGAAAAAATTTCTTCCCTTACCCTAGCCCTATGCATATGACACGTCTCACTGCCTA 3666  
bactrianus TATGAAAAAATTTTCTTCCCTTACCCTAGCCCTATGCATATGACACGTCTCGTGCCTA 3668  
\* \* \* \* \* \* \* \* \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \*

Ovis TTCTCCTATCAAGCATCCCCCACAACATAAGAAATATGTCTGACAAAAGAGTTACTTT 3731  
yak TCCTTACATCAGGCATCCCACCACAACATAAGAAATATGTCTGAAAAAAGAGTTACTTT 4616  
goat TTCTCCTATCAAGCATCCCCCACAACATAAGAAATATGTCTGACAAAAGAGTTACTTT 4936  
Lama TCTCAACAGCAGGTATTCGCCCCCAACATAAGAAATATGTCTGACAAAAGAAATTACTTT 3729  
Camelus TTTCAACAGCAGGAATTCGCCCTCAAACATAAGAAATATGTCTGACAAAAGAGTTACTTT 3726  
bactrianus TTTCAACAGCAGGAATTCGCCCTCAAACATAAGAAATATGTCTGACAAAAGAGTTACTTT 3728  
\* . \* \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \* . \*

Ovis GATAGAGTAAATAATAGAGGTTTAAATCCTCTTATTTCTAGAACTATAGGAATTGAACCT 3791  
yak GATAGAGTAAATAATAGAGGTTTAAACCCCTCTTATTTCTAGAACTATAGGAATTGAACCT 4676  
goat GATAGAGTAAATAATAGAGGTTTAAATCCTCTTATTTCTAGAACTATAGGAATTGAACCT 4996  
Lama GATAGAGTAAATAATAGAGGTTTAAAGCCCTCTTATTTCTAGAACTGCAGGAGTTGAACCT 3789  
Camelus GATAGAGTAAATAATAGAGGTTTAAAGTCCCTCTGTTTCTAGAACCGTAGGAATTGAACCT 3786  
bactrianus GATAGAGTAAATAATAGAGGTTTGAGCCCTCTGTTTCTAGAACCGTAGGAATTGAACCT 3788  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*

Ovis ACTCCTAAGAACCACAAAACCTCTTCGTGCTCCCA-ATTACACCAAATTCATAAGTAGTAAGGT 3850  
yak ACTCCTAAGAATCCAAAACCTCCTCGTGCTCCCA-ATTACACCAAATTCATAAGTAGTAAGGT 4735  
goat ACTCCTAAGAACCACAAAACCTCTTCGTGCTCCCA-ATTACACCAAATTCATAAGTAGTAAGGT 5055  
Lama ACCCCTAAGAATTCAAAAATCTTCGTGCTACACACTACCCATGTTCTA-TAGTAAGGT 3848  
Camelus ACCCCTGAGAATTCAAAAATCTTCGTGCTACACACTACCCACATTCTA-TAGTAAGGT 3845  
bactrianus ACCCCTAAGAATTCAAAAATCTTCGTGCTACACCGCTACCCACATTCTA-TAGTAAGGT 3847  
\*\* \*\*.\* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Ovis CAGCTAATTAAGCTATCGGGCCCATACCCCGAAAATGTTGGTTCATATCCCTCCCGTACT 3910  
yak CAGCTAATTAAGCTATCGGGCCCATACCCCGAAAATGTTGGTTCATATCCCTCCCGTACT 4795  
goat CAGCTAATTAAGCTATCGGGCCCATACCCCGAAAATGTTGGTTCATATCCCTCCCGTACT 5115  
Lama CAGCTAATAAGCTATCGGGCCCATACCCCGAAAATGTTGGTTCATATCCCTCCCGTACT 3908  
Camelus CAGCTAATAAGCTATCGGGCCCATACCCCGAAAATGTTGGTTCATATCCCTCCCGTACT 3905  
bactrianus CAGCTAATAAGCTATCGGGCCCATACCCCGAAAATGTTGGTTCATATCCCTCCCGTACT 3907  
\*\*\*\*\*:\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*

Ovis AATAAATCCAATTATCCTCATTATTATTCTAATAAACCGTTTACTTGGAACCATTTATCGT 3970  
yak AATAAACCCCAATTATCTTTACCCTACTTTTTATTAACCATTATACTAGGAACCATTTATGT 4855  
goat AATAAATCCAATCATTATTTTATTATTCTAATAAACCGTTTACTTGGAACCAATCGT 5175  
Lama AATAAATCCCCTAATCTTTAGCATTATCTTACTCACAATTATAGCAGGAACCTTAATTGT 3968  
Camelus AATAAATCCCCTAATCTTTAGCATTATCTTACTCACAATTATAACAGGAACCTTAATTGT 3965  
bactrianus AATAAATCCCTAATTTCTCGGCATCATTCTACTCACAATTATAGCAGGAACCTTAATTGT 3967  
\*\*\*\*\* \*\* .\* \*\* \* . \* \*\* \* .\* \*\* \* \*\*\*\*\* :\*\*\*\*\* : \*\* \*\*

Ovis TATGATTAGCACCCACTGATTGCTCATCTGAATTGGATTTGAAATAAATACTTGCCTAT 4030  
yak CATAATCAGTTCCTCACTGACTACTTGTCTGAATCGGATTTGAAATAAATACTTGCCTAT 4915  
goat CATAATCAGTTCCTCACTGACTACTTGTCTGAATCGGATTTGAAATAAATACTTGCCTAT 5235  
Lama CATAAATTAGCTCTCACTGATTATTATCTGAATTGGCTTCGAAATAAACATGCTTGCAC 4028  
Camelus TATAATTAGCTCTCACTGACTATTATTGAATCGGCTTCGAAATAAACATACTTGCAC 4025  
bactrianus TATAATTAGCTCTCACTGACTGTTTATTGAATCGGCTTCGAAATAAATACTTGCAC 4027  
\*\*.\* \*\* \* :\* \*\*\*\*\* \* . \* . \* \*\*\*\*\* \*\*.\* \*\* \*\*\*\*\* \*\*.\* \*\* \*

Ovis TATTCCTATCATAATAAAAAAGCACAACCCACGAGCCACAGAAGCATCAACCAAAATATT 4090  
yak TATTCCTATCATAATAAAAAACCACAACCCACGAGCTACAGAAGCATCAACTAAATATT 4975  
goat TATTCCTATCATAATAAAAAACATAACCCACGAGCCACAGAAGCATCAACCAAAATATT 5295  
Lama CATTCCAGTCTAATAAAAAATTTAGCCCCGATCCATAGAAAGCCTCCACTAAGTATT 4088  
Camelus TATTCCTATCATAATAAAAACTTCAGCCCTCGATCTATTGAAGCTTCTACCAAAATATT 4085  
bactrianus CATTCCTATCATAATAAAAACTTCAGCCCCGATCCATTGAGGCTTCTACCAAAATATT 4087  
\*\* \*\* .\* .\*\*\*\*\* : \*.\* \*\* \*\* \* \* :\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\*.\*\*\*\*\*\*

Ovis CCTAACTCAATCAACAGCCTCAATACTACTAATAATAGCCATTATCATTAACCTAATATT 4150  
yak TTTAACTCAATCAACAGCCTCAATACTACTAATAATAGCCGTCATCATTAACCTAATATT 5035  
goat CCTAACTCAATCAACAGCCTCAATAATTACTAATAATAGCTATTATTATTAATTTAATATT 5355  
Lama CCTTACCCAAGCTACCGCATCAATACTACTCATGCTAGGGGTAATTATTAACCTACTATA 4148  
Camelus CCTCACCAGGCCACCGCATCAATACTACTCATGCTAGGAGTAATTATTAATCTTCTGTA 4145  
bactrianus CCTAACCCAAGGCCACCGCATCAATGCTACTTATGTTAGGAGTAATTATTAATCTTCTATA 4147  
\* \*\* \*\* . \* \*\*.\* \*\*.\*\*\*\*\*\* . \*\*\*\*\* \*\* . \*\*\*\*\* . \* \*\* \*\*\*\*\* \* :.\* \*\* :

Ovis CTCAGGCCAATGAACCGTAATAAACTATTTAATCCAATAGCCTCCATACTCATAACAAT 4210  
yak CTCAGGCCAATGAACCGTAATAAAATTTTAAACCAATAGCCTCTATACTTATAACAAT 5095  
goat CTCAGGCCAATGAACCTGTGACAAAATTTTCAACCAACAGCCTCCATACTCATAACAAT 5415  
Lama TTCAGGTCAATGAACCTACCACAAAATCTTCAACCAAACTCATCCATCATAATCACTAC 4208  
Camelus TTCAGGACAATGAACCTACCACAAAATTTTAAACCAAACTCATCCATTATCGTTACCAC 4205  
bactrianus CTCAGGACAATGAACCAACCAAAAATTTTCAACCAAACTCATCCATCATTACCTACCAC 4207  
\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* . \* \*\* \*\* \* \*\* .\* \*\* \* . \* \*\* \*\* \* . \* \*\* \*\* \*

Ovis AGCCCTCGCTATAAACTAGGTATAGCCCCATTCCTACTTCTGAGTCCCAGAAGTAACACA 4270  
yak AGCCCTAGCTATAAACTAGGAATAGCTCCATTTCACTTCTGAGTCCCAGAAGTAACACA 5155  
goat AGCCCTCGCTATAAACTAGGAATAGTCCATTTCACTTCTGAGTCCCAGAAGTAACACA 5475  
Lama CGCCCTAACATAAAAAGTGGGACTGGCCCATTCCTACTTCTGAGTACCAGAAGTAACACA 4268  
Camelus AGCCCTAACATAAAAAGTGGGACTAGCCCATTTCACTTCTGAGTACCAGAAGTAACACA 4265  
bactrianus AGCCCTAACATAAAAAGTGGGACTAGCCCATTTCACTTCTGAGTACCAGAAGTAACACA 4267  
.\* \*\* \*\* .\* \*\*\*\*\* .\*\* :.\* \*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*.\* \*\*



Ovis AGGCATTCCCCTATCCTCAGGCCTAATCTTACTCACATGACAAAACTAGCACCCATGTC 4330  
yak AGGCATCCCTCTATCCTCAGGTTAATCCTACTGACATGACAAAACTAGCACCTATATC 5215  
goat AGGTATCCCCCTATCCTCGGGCCTAATCCTACTCACATGACAAAACTAGCACCCATATC 5535  
Lama AGGCATTCCCTTAGCATCAGGACTGATCCTATTGACCTGACAAAACTAGCTCCCCTTTC 4328  
Camelus AGGAATCCCCCTGGTATCAGGACTAATCCTATTAACCTGACAAAACTAGCCCCTCTCTC 4325  
bactrianus AGGAATCCCCCTGATATCAGGACTAATCCTATTAACATGACAAAACTAGCCCCCTCTC 4327  
\*\*\* \*\* \* . \* . \*\* . \*\* \* . \*\*\* \*\* \* \*\* . \*\*\*\*\* \*\* \* . \* \*\*

Ovis AGTACTTTACCAAATCCTTCCATCCATCAACCTAGACCTGATCCTAACCTATCAATTCT 4390  
yak TGTACTTTACCAAATCCTTCCATCCATCAACCTAAACTTAATTCTGACCCTATCAATTCT 5275  
goat TGTACTTTACCAAATCCTTCCATCCATCAACCTAGACTTAATCTTAACCCTATCAATTTT 5595  
Lama CGTGCTCTACCAAATGCCCCATCCATTAACCAAACATACTATTAACCTATATCTGTCTC 4388  
Camelus CGTACTATATCAAATGCCCCATCAATCAACCCAAACATACTATTAACCTATATCTTTGCT 4385  
bactrianus CGTACTATACCAAATCGCCCCGTCATCAATCAATCAACATACTGTTAACCATATCCTTACT 4387  
\* . \*\* \*\* \* \*\*\*\*\* \* . \*\* . \*\* \*\* \* . \*\* \* . \* . \*\* . \*\*\*\*\* \* \*

Ovis ATCTATTACAATCGGAGGCTGAGGAGGACTGAACCAAACCAACTACGAAAAATTATAGC 4450  
yak ATCAATCCTAATTGGAGGCTGAGGAGGACTAAACCAAACCAACTCCGAAAAATCATAGC 5335  
goat ATCCATTATAATTGGAGGCTGAGGAGGACTAAACCAAACCAACTACGAAAAATCATAGC 5655  
Lama ATCAATTATAATTGGAGGCTGAGGGGGGCTTAATCAAACGCAACTACGAAAAATTATAGC 4448  
Camelus GTC AATTATAGTGGAGGCTGAGGCGGACTTAACCAAACCAACTACGAAAAATCATAGC 4445  
bactrianus GTCAATTATAGTGGAGGCTGAGGCGGACTTAATCAAACGCAACTACGAAAAATCATAGC 4447  
. \*\* \*\* . \* . \* \*\*\*\*\* \*\* . \*\* \*\* \* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* . \*\*\*\*\* \*\* . \*\*

Ovis CTATTCATCAATTGCCACATAGGCTGAATAACAGCAGTTTTACTATATAATCCCACCAT 4510  
yak CTACTCATCAATCGCTCACATGGGCTGAATAACAGCAGTACTACCATACAACCCCTACTAT 5395  
goat CTACTCATCAATTGCCACATAGGTTGAATAACAGCAATTTTACCATACAACCCCACTAT 5715  
Lama CTACTCATCAATTGGACACATAGGCTGAATGACCGCAGTAATAGTCTACAACCCCACTAT 4508  
Camelus CTACTCATCAATTGGCCACATGGGCTGAATAACTGCAATTTTAGTATACAACCCCACTAT 4505  
bactrianus CTACTCATCAATTGGTCACATGGGCTGAATAACTGCAATTTAGTGTACAACCCCACTAT 4507  
\*\*\* \*\*\*\*\* \* \*\*\*\*\* . \*\* \*\*\*\*\* . \*\* \*\*\* . : \*\* \*\* \* \* \* \* \*

Ovis AACACTACTAAACCTAATTATTTATATCATTATAACCTCTACCATATTTACACTATTTAT 4570  
yak AACATTACTAAACCTAATCATCTACATTACTATAACTTCCACTATATTTACCATATTTAT 5455  
goat AATACTATTAACCTAATTATTTATATTACCATGACCTCCACTATATTTTTACTATTTCAT 5775  
Lama AACAGTACTGTACTACTAATATATCTCACAAATAACAATCACAATATTTATACTATTTAT 4568  
Camelus AACAACTATACCTGTTAATATACTTAACAATGACACTCACAATATTTATACTACTCAT 4565  
bactrianus AGCAATGCTATACCTATTAATATATTTAACAATAACACTCACAATATTTATACTATTTCAT 4567  
\* . \* \* . \* . : \*\*\*\*\* . \* \* \* \* \* \* \* \* . \*\* \* \* \* \* \* \* \* \* : . . \*\* \* \* \*

Ovis AGCCAACCTCAACCACAACCACCTATCATTATCACACACATGAAATAAAGCACCCATCAT 4630  
yak AGCCAATTCACCACCACCACCTATCATTATCACACACATGAAATAAAGCACCCATTAT 5515  
goat AGCTAACTCAACCACAACCACCTATCACTATCACTCACATGAAATAAAGCACCCATCAT 5835  
Lama AATCAACTCCACTACTACACTCCTTTCTCTATCACAACCTGAAACAAAACACCCGTCAT 4628  
Camelus AATCAACTCCACCACAACCTCCTCTCCCTATCACACACCTGAAACAAGACCCCATCAC 4625  
bactrianus AATCAACTCCACTACAACCTTCTCTCCCTATCACACACCTGAAACAAGACTCCCATCAT 4627  
\* . \*\* \*\* . \*\* \* \* \* \* . \*\* \* \* \*\*\*\*\* . \*\* . \*\*\*\*\* \*\* . \*\* \* \* \*

Ovis AACAAATCTAGTCCTCATTACCCTCCTATCAATAGGAGGACTTCCCCACTATCAGGATT 4690  
yak AACCATCCTAATCCTCGCCACTCTCCTATCCATAGGAGGACTCCCTCCCCTATCAGGGTT 5575  
goat AACAAACCTAGTCCTCATCACCTCCTATCAATAGGAGGACTCCCCACTATCAGGATT 5895  
Lama TACAACCTAATTTCTCACTGTTATAATGTCCATAGGAGGCCCTCCCTCCCCTATCTGGATT 4688  
Camelus CACAATACTTGTCTTACCGTCATAATATCTATAGGAGGCCCTCCCCACTATCTGGGTT 4685  
bactrianus TACAATAATTGTCTCACCCTCATAATATCTATAGGAGGCCCTCCCCACTATCTGGATT 4687  
\*\* . \* . \* : \* \* \* \* . . \* . \* . \* . \*

Ovis TATACCAAATGAATAATTTATCCAAGAAATAACAAAAAATGACAGCATTATCTTACCCAC 4750  
yak CATACAAATGAATAATCATCCAAGAAATAACAAAAAACAATAGCATCATCTACCTAC 5635  
goat TGTACCAAATGAATAATTTATCAAGAAATAACAAAAAATAACAGCATTATCTTACCCAC 5955  
Lama TGCACCCAAATGAATAATCATCCAAGAATTAACAAAAAATGACAGCATTATCTTCCAAC 4748  
Camelus TATGCTAAATGAATAGTCAATCCAAGAATTAACAAAAAATGACAGCATTATCTTCCCAC 4745  
bactrianus TATACCAAATGAATAATCATCCAAGAGCTGACAAAAAATGATAACATTATCTTCCCAC 4747  
. \*\* \*\*\*\*\* . \* \* \*\*\*\*\* . \* . \*\*\*\*\* . \* \* . \*\* \* \* \* \* \* \* \* \* \*

Ovis CCTCATAGCAATTACAGCACTACTAAACCTATATTTTTATATACGACTTACATACTCCAC 4810  
yak CTTATAGCAATCACAGCTCTACTAACTTATATTTTTATATACGACTCACATATTCTAC 5695  
goat CTTATAGCAATCACAGCACTACTAAACCTATATTTCTACATACGACTCACATATTCTAC 6015  
Lama TATAATAGCCATAATAGCACTATAAACCCTATACTTTTATATGCGACTAACATACTCCAC 4808  
Camelus TCTAATAGCTATAATAGCACTACTAAACCTATACTTTTATATACGACTACGCTACTCCAC 4805  
bactrianus TCTAATAGCTATAATAGCATTACTAAACCTATATTTTTATATGCGACTAGCATACTCCAC 4807  
\* \*\*\*\*\* \*

Ovis TGC ACTCACGATATTTCCCTCCACAAACAACATAAAAAATGAAATGACAATTTCCCAACCAC 4870  
yak CGCACTAACAAATATTTCCCTCTACAAACAACATAAAAAATGAAATGACAATTTCCCTTAT 5755  
goat CACACTCACAATATTTCCCTCCACAAACAATATAAAAAATGAAATGACAATTTCCGACCAC 6075  
Lama AGCACTCACCATATTTCCCTCATCTAATAACATAAAAAATGAAATGACAGTTTGAAAATAC 4868  
Camelus AGCACTCACTATATTTCCATCATCTAATAACATAAAAAATGAAATGACAATTCGAGAGTAC 4865  
bactrianus GGC ACTCCTATATTTCCATCATCTAACAACATAAAAAATGAAATGACAATTCGAGGGCAC 4867  
.\*\*\*. \*\* \*\*\*\*\* \*\* .\*\* :\*:\*\* \*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\*\*\* . \*

Ovis AAAACGAATAACCCTCCTACCAACAATAACTGTACTATCCACCATACTACTACCCTAAC 4930  
yak AAAAAAATAACCTTTCTACCAACAATAGTCGTACTATCTACTATAACTACCCTCAC 5815  
goat AAAACGAATAACTCTCCTACCAACCTTAACCGTACTATCTACAATACTCCTACCCTCAC 6135  
Lama AAAACGAATAACCATCGCTGCCAATATAGTAGTCTATCTACTATAATACTACCCTCAC 4928  
Camelus GAAACGAATAACATCTTTACCAGTCATAATCGTTCTATCCACCATAATTTCTGCCCTAAC 4925  
bactrianus GAAACGAATGACATCCTTACCAATCATAATTTGTCTATCCACCATAATTTCTACCCTAAC 4927  
.\*\*\*.\*\*\*.\*\*\* \* .\*\*\*. :\*\*. \*\*:\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*. \*\*.\*\*\* \*\*.\*

Ovis ACCAATCCTCTCAATTCTAGAATAGGAATTTAGGTTAAA-CAGACCAAGAGCCTTCAAAG 4989  
yak ACCGATATTATCAGTATTAGAATAGGAATTTAGGTTAAA-CAGACCAAGAGCCTTCAAAG 5874  
goat ACCAATCCTCTCAATTCTAGAATAGGAATTTAGGTTAAA-TAGACCAAGAGCCTTCAAAG 6194  
Lama CCCTATAATATCAGTACTATACTAGGAATTTAGGTTAAACTAGACCAAGAGCCTTCAAAG 4988  
Camelus CCCAATACTATCAGTATTATATAGGAATTTAGGCTAGACCAGACCAAGAGCCTTCAAAG 4985  
bactrianus CCCAATACTATCAGTACTATATAGGAATTTAGGCTAAATCAGACCAAGAGCCTTCAAAG 4987  
.\*\* \*\* .\*\*\*.\*\*\*: \*\* \* \*\*\*\*\* \*\*.\* \*\*\*\*\*

Ovis CCCTAAGCAAGTATAATTTACTTAATTCCTG----ATAAGGACTGCAAGACTACATCTTA 5045  
yak CCCTAAGCAAGTACAATTTACTTAATTCCTG----ATAAGGATTGCAAGACTACACCTTA 5930  
goat CCCTAAGCAAGTATAATTTACTTAATTCCTG----ATAAGGACTGCAAGACCATATCTTA 6250  
Lama CTCTAAGCAAGTACA-AATACTTAATTCCTGCTAATAAGGACTGCAAGACTCTATCCTA 5047  
Camelus CTCTAAGCAAGTACATAATACTTAATTCCTGTTAATAAGGACTGCAAGACTCTATCCTA 5045  
bactrianus CTCTAAGTAAGTACACAATACTTAATTCCTGTTAATAAGGACTGCAAGACTCTATCCTA 5047  
\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \* :\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* . \* \* \*

Ovis CATCAATTGAATGCAAATCAACCCTTTAATTAAGCTAAATCCTCACTAGATTGGTGGGC 5105  
yak CATCAATTGAATGCAAATCAACCCTTTAATTAAGCTAAATCCTCACTAGACTGGTGGGC 5990  
goat CATCAATTGAATGCAAATCAACCCTTTAATTAAGCTAAATCCTCACTAGACTGGTGGGC 6310  
Lama CATCAATTGAATGCAAATCAACTACTTTAATTAAGCTAAGCCCTTCTAGATTGGTGGGC 5107  
Camelus CATCAATTGAATGCAAACCACTGCTTTAATTAAGCTAAGCCCTTACTAGATTGGCGGGC 5105  
bactrianus CATCAATTGAATGCAAACCACTGCTTTAATTAAGCTAAGCCCTTACTAGATTGATGGGC 5107  
\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* .\*\*\*\*\*.\*\*\* .\*\*\*\*\* \*\* .\*\*\*\*

Ovis TCCACCCACGAAACTTTAGTTAACAGCTAAACACCCTAAACAA-CTGGCTTCAATCTA 5164  
yak TCCACCCACGAAACTTTAGTTAACAGCTAAATACCCTAATTAATCAGGCTTCAATCTA 6050  
goat TCCACCCACGAAACTTTAGTTAACAGCTAAATACCCTAGATAA-CTGGCTTCAATCTA 6369  
Lama CTGTATCCACGAAATTTAGTTAACAGCTAAATACCCTAGTCAA-CTGGCTTCAATCTA 5166  
Camelus CTTTATCCACGAAATTTAGTTAACAGCTAAGTGCCCTAGTCAA-CTGGCTTCAATCTA 5164  
bactrianus CTTTATCCACGAAATTTAGTTAACAGCTAAATACCCTAGTCAA-CTGGCTTCAATCTA 5166  
: . \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\*. : \*\* \*:\*\*\*\*\*

Ovis CTTCTCCCGCCGCGAG-AAAAAAAAGCGGGGAGAAGCCCCGGCAGAGTTTGAAGCTGCTT 5223  
yak CTTCTCCCGCCGCAAG-AAAAAAAAGCGGGGAGAAGCCCCGGCAGA-ATTGAAGCTGCTT 6108  
goat CTTCTCCCGCCGCGAA-GAAAAAAGCGGGGAGAAGCCCCGGCAGAGTTTGAAGCTGCTT 6428  
Lama CTTCTCCCGCCGCTGAGAAAAAAAAGCGGGGAGAAGCCCCGGCAGAGTTTGAAGCTGCTT 5226  
Camelus CTTCTCCCGCCGCGAGAAAAAAAAGCGGGGAGAAGCCCCGGCAGAGTTTGAAGCTGCTT 5224  
bactrianus CTTCTCCCGCCGCGAGAAAAAAAAGCGGGGAGAAGCCCCGGCAGAGTTTGAAGCTGCTT 5226  
\*\*\*\*\* \*\* .\*. \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* :\*\*\*\*\*

Ovis CTTTGAATTTGCAATTCAATATGTTAATTCCTACTACAGGACCTGGTAAAAAGAGGAATTA 5283  
yak CTCTGAATTTGCAATTCAACGTGTAACCTCACCACAGAGCTTGGTAAAAAGAGGGTCAA 6168  
goat CTTTGAATTTGCAATTCAATATGTTAATTCCTACTACAGGACTTGGTAAAAAGAGGAATCAA 6488  
Lama CTTTGAATTTGCAATTCAATGTTTAA-TCACCACAGGACTTGATAAGAAGAGGGTTGTC 5285  
Camelus CTTTGAATTTGCAATTCAATATGTTAT-ACACCACAGGCTTGGTAAAGAAGAGGGCTCTC 5283  
bactrianus CTTTGAATTTGCAATTCAATATGTTTT-ACACCACAAGGCTTGGTAAAGAAGAGGGCTCTC 5285  
\*\* \*\*\*\* \*\*\*\*\* .\*\*\*:: :\*\* \* \*\*.\* \*\*.\*\*\*\*\*\*. \* :.

Ovis ACCTCTGTTCTTAGATTTACAGTCTATTGCTTTACTCAGCCATTTTACCCATGTTTCATCA 5343  
yak ACCTCTATCTTTAGATTTACAGTCTAATGCTTTACTCAGCCATTTTACCCATGTTTCATTA 6228  
goat ACCTCTGTTCTTAGATTTACAGTCTATTGCTTTGCTCAGCCATTTTACCCATGTTTCATCA 6548  
Lama ACCTCTGTTCTTTAGATTTACAGTCTAATGC-CTACTCGGCCATCTTACCTATGTTTCATTA 5344  
Camelus ACCTCTGTTCTTTAGATTTACAGTCTAATGC-CTACTCGGCCATCTTACCTATGTTTCATTA 5342  
bactrianus ACCTCTGTTCTTTAGATTTACAGTCTAATGC-CTACTCGGCCATCTTACCTATGTTTCATTA 5344  
\*\*\*\*\* .\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*.\* \*\* .\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*

Ovis ACCGCTGATTATTTTCAACCAACCACAAAGATATCGGCACCCTTTACCTTCTATTTGGTG 5403  
yak ACCGCTGACTATTCTCAACCAACCATAAAGATATCGGTACCCTTTATCTACTATTTGGAG 6288  
goat ACCGCTGACTATTTTCAACCAACCACAAAGACATCGGCACCCTTACCTTCTGTTGCGGTG 6608  
Lama ACCGCTGATTATTTTCAACCAACCACAAAGATATCGGTACCCTTATCTGCTATTCGGCG 5404  
Camelus CTCGCTGATTATTCTCGACCAACCACAAAGATATTGGGACTCTCTACCTATTATTTGGCG 5402  
bactrianus CTCGCTGATTATTCTCAACCAACCACAAAGATATTGGAECTCTCTACCTATTATTTGGAG 5404  
. \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis CCTGAGCTGGTATAGTAGGAACCGCCTTAAGCCTACTAATTCGCGCCGAAC TAGGCCAAC 5463  
yak CCTGGGCCGGTATAGTAGGAACAGCTCTAAGCCTTCTAATTCGCGCTGAATTAGGCCAAC 6348  
goat CCTGAGCTGGCATAGTAGGGACCGCCTT GAGCTTACTAATTCGCGCCGAAC TAGGTCAAC 6668  
Lama CTTGGGCTGGGATAGTAGGAACAGGGCTAAGTCTACTAATTCGAGCCGAATTAGGACAGC 5464  
Camelus CTTGGGCTGGAATAGTAGGAATGGGGCTAAGCTTATTAATTCGTGCTGAATTGGGGCAGC 5462  
bactrianus CTTGGGCTGGAATAGTAGGAATAGGACTAAGCTTATTAATTCGCGCTGAATTGGGACAGC 5464  
\* \*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* \* \* \* \*\* \* : \*\*\*\*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis CCGGAECTTACTCGGAGATGACCAAATCTACAACGTAATTGTAACCGCACATGCATTTG 5523  
yak CCGGAACCTGCTCGGAGACGACCAAATCTACAACGTAGTTGTAACCGCACACGCATTTG 6408  
goat CCGGAACCTTACTTGGAGATGACCAGATCTACAATGTAATTGTAACGACACGCATTCG 6728  
Lama CCGGAACGCTACTCGGAGATGACCAAATCTACAACGTAGTTGTTACGGCCACGCATTTG 5524  
Camelus CTGGGACATGCTTGGAGATGACCAAATCTATAATGTAGTTGTAACGGCTCATGCTTTCG 5522  
bactrianus CCGGGACGTTGCTTGGAGACGACCAAATCTATAACGTAGTTGTAACAGCTCATGCTTTCG 5524  
\* \*\* \*\* \* \*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* : \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis TAATAATTTTCTTTATAGTAATGCCTATTATAATCGGTGGATTTCGGCAACTGACTAGTTC 5583  
yak TAATAATCTTCTTTATAGTAATGCCAATTATAATTTGGAGGATTTCGGTAACGACTTGTTC 6468  
goat TAATAATTTTCTTTATAGTAATACCTATTATGATTGGAGGGTTTGGCAACTGACTAGTTC 6788  
Lama TTATAATTTTCTTTATAGTTATACCAATCATGATCGGGGGCTTCGGAAATTGACTAGTTC 5584  
Camelus TCATGATTTTCTTTATGGTTATGCCAATCATGATTGGGGGCTTCGGGAATTGACTGGTTC 5582  
bactrianus TCATGATCTTCTTTATGGTAATGCCAATCATGATTGGAGGCTTCGGGAACGACTGGTTC 5584  
\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis CTCTGATAATTGGAGCCCCGTATATAGCATTTCCTCGGATAAATAACATAAGCTTTTGAC 5643  
yak CTCTAATAATTGGCGCTCCCGATATGGCATTCCCGGAATAAACATAAGCTTCTGAC 6528  
goat CTCTAATAATTGGAGCCCCGATATAGCATTTCCTCGGATAAATAAATAAGCTTTTGAC 6848  
Lama CTTTAATGATTGGCGCACCAGACATGGCATTCCCGGTATGAACAACATGAGCTTCTGGC 5644  
Camelus CCCTAATAATTGGAGCCCCGACATGGCGTTCCCGCATGAATAATATGAGCTTCTGGT 5642  
bactrianus CCCTAATAATTGGAGCCCCGATATGGCGTTCCCGCATGAATAATATGAGCTTCTGAC 5644  
\* \* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*

Ovis TTCTTCCCCATCTTTCTGTTACTCCTAGCATCCTCTATGGTTGAGGCCGGAGCAGGAA 5703  
yak TCCTCCCTCCCTCATTCTACTGCTCCTCGCATCCTCTATAGTTGAAGCTGGAGCAGGAA 6588  
goat TCCTTCCCCCTCTTTCTTACTTCTAGCATCCTCTATAGTTGAAGCCGGAGCAGGAA 6908  
Lama TGCTACCCCCCTCATTCTTACTTCTAGCATCATCCATAGTTGAAGCCGGGCAGGCA 5704  
Camelus TGCTACCTCCCTCATTCTTGTACTGCTAGCATCATCTATAGTTGAAGCAGGAGCAGGCA 5702  
bactrianus TGCTGCCTCCCTCATTCTTGTACTACTAGCATCATCTATAGTTGAAGCAGGAGCAGGTA 5704  
\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \* \*\* \*\*\*\*\* \*

Ovis CAGGTTGAACCGTATACCCCTCCTCTAGCAGGCAACCTAGCCCATGCAGGAGCCTCAGTAG 5763  
yak CAGGCTGAACCGTGTACCCTCCCTTAGCAGGCAACCTAGCCCATGCAGGAGCCTCAGTAG 6648  
goat CAGGTTGAACCGTATATCCCTCCTCTAGCAGGTAATCTAGCCCATGCAGGAGCCTCAGTAG 6968  
Lama CTGGTTGAACGTTTACCCTCCCTAGCCGAAACCTGGCCCATGCAGGTGCTTCTGTTG 5764  
Camelus CAGGCTGAACCGTTTACCCTCCCTAGCCGAAACCTGGCTCATGCAGGCGCTCCGTCG 5762  
bactrianus CAGGCTGAACCGTTTACCCTCCCTAGCCGAAACCTGGCACACGCAGGCGCTCCGTCG 5764  
\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \* \*\* \*

Ovis ATCTAACTATTTTCTCCCTACATCTGGCAGGTGCTCTTCAATTCTAGGAGCCATCAATT 5823  
yak ATCTAACCTATTCTCTTTACACTTAGCAGGAGTTTCTCTATTTTAGGAGCCATCAACT 6708  
goat ACCTAACTATTTTCTCCCTACACTTAGCAGGATCTCTTCAATTCTAGGAGCCATTAATT 7028  
Lama ACCTAACTATTTTCTCTTTACACTTAGCAGGAGTATCTTCAATCTAGGGGCCATTAATT 5824  
Camelus ATTTAACTATTTTCTCTCTGCACTTAGCAGGAGTATCTTCAATCTAGGGCTATTAACT 5822  
bactrianus ATTTAACTATTTTCTCCCTGCATTTAGCGGGAGTATCTTCAATCTAGGGCTATTAACT 5824  
\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Ovis TTATTACAAC TATTATTAATAAAAACCCCTGCGATGTCACAGTATCAAACCCCTTGT 5883  
yak TCATTACAACAATTATCAACATAAAGCCCCCGCAATGTCACAGTACCAAACCTCCCTAT 6768  
goat TTATACAAC TATCATTAACATGAAACCACCCGCAATATCACAATATCAAACCTCCCTGT 7088  
Lama TTATTACTATCATCAACATAAAAACCCCGCCATATCCAATATCAGACTCCCTGT 5884  
Camelus TTATACCCTATTATTAATAAAAACCCCTGCCATATCTCAATACCAGACCCTTTAT 5882  
bactrianus TTATTACCCTATTATCAATATAAAAACCCCTGCTATATCCAATACCACCCCTCTAT 5884  
\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

TTGTATGATCTGTACTAATTACTGCCGTACTTCTCCTTCTCTCACTTCCCTGTATTAGCAG 5943  
TCGTATGATCCGTAATAATCACCGCCGTACTATTACTCCTCTCACTCCCTGTACTAGCAG 6828  
TTGTGTGATCTGTCTTAATTACTGCCGTACTACTCCTCCTTCACTTCCCTGTATTAGCAG 7148  
TCGTCTGATCCGTCTTAATCACCGCTGTCTCTTACTACTCTCCCTGCCAGTACTAGCGG 5944  
TTGTATGATCCGTTCTAATCACCGCCGTTCTTACTACTCTCTTCCAGTACTGGCTG 5942  
TTGTCTGATCCGTTCTAATCACTGCCGTTCTTACTACTCTCCCTTCCGGTACTGGCTG 5944  
\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\* \* \*\* \* \*\* \* \* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* . \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

CTGGTATCACAACTACTACTAACCGACCGAAACCTGAATACAACCTTTTTTGACCCAGCAG 6003  
CCGGCATTACAATGCTGCTAACAGACCGGAACCTAAATACAACCTTCTTTCGACCCAGCAG 6888  
CTGGCATTACAATACTACTAACAGACCGAAACCTAAATACAACCTTCTTTCGACCCAGCAG 7208  
CCGGTATTACTATACTACTAACAGATCGTAACTAAATACAACCTTCTTTCGATCCTGCAG 6004  
CCGGAATTACAATACTACTAACAGACCGTAACTAAATACAACCTTCTTTCGATCCTGCAG 6002  
CCGGAATCACAACTATTAAACAGATCGTAACTAAATACGACTTCTTTCGATCCTGCAG 6004  
\* \*\* \* \*\* . \*\* . \*\* . \*\*\*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* . \*\* \* \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* . \*\* . \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

GAGGAGGAGACCCCTATCCTATATCAACACCTATTCTGATTCTTTGGGCACCCCTGAAGTAT 6063  
GAGGAGGAGACCCCATTTTTATACCAACACTTATTCTGATTCTTTGGGCACCCCGAAGTCT 6948  
GAGGAGGAGACCCCTATTTTTATCAACACCTATTCTGATTCTTTGGACACCCCTGAAGTAT 7268  
GAGGAGGAGACCCCATCCTGTACCAACATCTATTCTGATTCTTCGGCCACCCAGAAGTCT 6064  
GAGGAGGAGATCCCATCCTTTATCAACACCTATTTTGATTCTTCGGTCACCCAGAAGTTT 6062  
GAGGAGGGATCCCATCCTTTACCAACACCTATTTTGATTCTTCGGTCACCCAGAAGTTT 6064  
\*\*\*\*\* . \*\* \* \*\* \* \* \*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* . \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

ATATTCTTATTTTACCTGGGTTTGGGATAATCTCCCATATTGTGACCTACTATTCAGGAA 6123  
ATATTTTAAATTTTACCTGGATTTGGAATAATCTCCCATATTGTAACCTACTACTCAGGAA 7008  
ATATTCTTATTTTACCTGGATTTGGAATAATCTCTCACATCGTAACTACTACTCAGGAA 7328  
ATATTCTAATTTTACCTGGCTTTGGAATAATCTCCACATCGTCACTTATTACTCTGGAA 6124  
ATATCCTAATCCTACCTGGCTTTGGAATAATTTCCACATTTGCACCTACTACTCTGGAA 6122  
ACATCCTAATCTTACCTGGCTTTGGAATAATTTCTCACATTTGCACCTTATTACTCTGGAA 6124  
\* \*\* \* . \*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* . \*\* . \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

AAAAAGAACCATTTCGGATATATAGGAATAGTATGAGCCATAATATCAATTGGGTTCTTAG 6183  
AAAAAGAACCATTTCGGATATATAGGAATAGTCTGAGCTATAATGTCAATCGGATTTTTCAG 7068  
AAAAAGAACCATTTCGGGTACATAGGAATAGTGTGAGCCATAATATCAATCGGTTTCTTAG 7388  
AAAAGGAACCCCTTCGGCTACATGGGAATAGTCTGAGCTATGATATCCATTGGCTTCTTAG 6184  
AAAAAGAACCCTTTGGCTATATGGGAATAGTCTGAGCTATAATGTCTATCGGATTCCTAG 6182  
AAAAGGAGCCCTTTGGTTATATGGGAATAGTCTGGGCTATAATGTCTATCGGCTTCTTAG 6184  
\*\*\*\* . \*\* . \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* . \*\*\*\*\* \*\* . \*\* \* \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

GATTCATTGTATGAGCCACCATATATTTACAGTTCGGAATAGACGTCGATACACGGGCTT 6243  
GTTTCATCGTATGAGCTCACCATATATTTACAGTTCGGAATAGACGTCGACACACGAGCCT 7128  
GATTTATTGTATGAGCCACCATATATTTACAGTTCGGAATAGACGTCGATACACGGGCTT 7448  
GCTTTATTGTGTGAGCCACCACATATTTACCGTAGGTATAGACGTAGATACACGGGCTT 6244  
GCTTCATTGTATGAGCCACCATATATTTACAGTAGGTATGGACGTGGACACACGCTGCTT 6242  
GCTTCATTGTATGAGCCACCATATATTTACAGTAGGCATGGACGTAGACACACGCTGCTT 6244  
\* \*\* \* \*\* . \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* . \*\* . \*\* \* \*\* . \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

ACTTCACGTACGTACTATAATTATCGCCATCCCAACAGGAGTAAAAGTATTTCAGTTGAC 6303  
ACTTCACATCGGCTACTATAATTATTGCTATTCCAACCGGAGTAAAAGTTTTCAGCTGAC 7188  
ACTTCACATCAGTACCATAATTATCGCTATCCCAACTGGAGTAAAAGTCTTCAGTTGAT 7508  
ATTTTACATCCGCCACAATAATCATTGCAATCCCAACGGGAGTAAAAGTATTTAGTTGAC 6304  
ATTTTACATCTGCCACAATAATTATTGCTATTCCAACGGGAGTAAAAGTATTTAGCTGAC 6302  
ATTTACATCTGCCACAATAATTATTGCTATTCCAACGGGAGTAAAAGTATTTAGCTGAT 6304  
\* \*\* \* \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

TAGCAACGCTTCATGGGGTAAATCAAATGATCTCCTGCCATAATATGAGCCCTAGGTT 6363  
TAGCAACACTTCATGGAGGTAATCAAATGGTCTCCTGCTATAATGTGAGCCCTAGGCT 7248  
TAGCAACACTCCACGGAGGCAATCAAATGGTCCCGCCATGATATGAGCCCTAGGCT 7568  
TAGCAACACTCCACGGAGGCAACATTAATGATCCCGCTATACTATGAGCTCTAGGCT 6364  
TGGCGACACTCCATGGAGGCAACATCAAATGATCCCTGCCATACTATGAGCCCTCGGCT 6362  
TGGCAACACTCCATGGAGGCAACATCAAATGATCCCTGCCATACTGTGAGCCCTGGCT 6364  
\* . \*\* . \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* . \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Ovis  
yak  
goat  
Lama  
Camelus  
bactrianus

TCATCTTTCTTTTACAGTTCGAGGCTTAACTGGAATTGTTCTAGCCAACCTCCTCCTTG 6423  
TTATTTTCTTATTTACAGTAGGGGTTTAAACCGGAATTGTCTAGCTAACTCTTCTCTCG 7308  
TCATCTTCTTTTACAGTAGGAGGCTAACTGGAATTGTTTTCAGCTAACTCATCCCTTG 7628  
TTATCTTCTTTCACCGTAGGAGGCTAACAGGAATTGTACTAGCCAATTCATCATAG 6424  
TTATTTTCTTATTTACTGTAGGAGGCTTGACAGGAATCGTTCTAGCTAATTCATCCCTAG 6422  
TTATTTTCTTATTTACCGTAGGAGGCTAACAGGAATTGTTCTAGCTAATTCATCACTAG 6424  
\* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* . \*\* . \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*



Ovis AGTAAAACATTACATAACCTTGTCAAGATTTAAATTACAGGTGAAAATCCCCTACATCTCA 7019  
yak AGTAAAACATTATATAAECTTGTCAAAGTTAAGTTACAAGTAAAACCCCTGTACGCCTCA 7904  
goat AGTAAAATATTACATAAECTTGTCAAGATTTAAATTACAGGTGAAAATCCCCTACATCTCA 8224  
Lama AGTAAAAC-TTACATGACCTTGTCAAGGTCAAATTATAGGTGAAAACCCCTGTATACCTC- 7021  
Camelus AGTAAAAT-TTACATAGCCTTGTCAAGGTCAAATTACAGGTGAAAACCCCTGTATATCTC- 7019  
bactrianus AGTAAAAT-TTACATAGCCTTGTCAAGGTCAAATTACAGGTGAAAACCCCTGTATATCTC- 7021  
\*\*\*\*\* \*\* \*\*.. \*\*\*\*\*.. \*.\*\*\* \*.\*\*\*\*\* \*\* \*\* . \*\*

Ovis TATGGCATATCCCATAACAAGTAGGCTTTCAAGACGCAACATCACCTATCATGGAAGAACT 7079  
yak TATGGCATATCCCATAACAAGTAGGCTTCCAAGATGCTACATCACCGATCATAGAAGAACT 7964  
goat TATGGCATATCCCATAACAAGTAGGCTTTCAAGACGCAACATCACCCATTATAGAAGAACT 8284  
Lama TATGCCATATCCCATAACAAGTAGGCTTTCAAGATGCTACATCCCCTATTATAGAAGAGCT 7081  
Camelus TATGCCGTATCCTTTTCAACTAGGCTTCCAAGACGCTACCTCCCCATTATAGAAGAACT 7079  
bactrianus TATGCCGTATCCTTTTCAACTAGGCTTCCAAGACGCTACCTCCCCATTATAGAAGAGTT 7081  
\*\*\*\* \*.\*\* \*\* :\*:\*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\*:\*.\*\*.\* \*\* \*\* \*\*.\*\*\*\*\*\*. \*

Ovis ACTACACTTTCACGACCACACATTAATAATCGTTTTTCTAATCAGCTCTCTAGTACTTTA 7139  
yak ACTTCACTTTCATGATCACAGCTAATAATGTCTTCTTAATTAGCTCATTAGTACTTTA 8024  
goat ACTACATTTTCACGATCACACACTAATAATGTTTTTCTAATCAGCTCACTGGTACTTTA 8344  
Lama ACTATACTTCCACGATCAGCTTTAATAGTAGTATTTTTAATCAGTTCTCTGGTATTATA 7141  
Camelus ACTATATTTTCACGACCACCCCTCAATAATGTATTTTTAATTAGTTCTCTAGTTTGTGA 7139  
bactrianus ACTATATTTTCATGATCATAACCTTAATAATGTATTTTTAATTAGTCTCTGGTTTTGTGA 7141  
\*\*\*: \* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*.\*\*\*.\* \*\* \*\* \*\*\*\* \*\* \*\*: \*.\*\* : \* \*\*

Ovis TATTATTTCACTAATACTAACAACAAAATTAACCCATACCAGTACCATAGACGCGCAAGA 7199  
yak CATTATCTCACTAATATTAACAACAAAATTAACCCATACCAGTACCATAGACGCGCAAGA 8084  
goat TATTATTTCACTAATATTAACAACAAAATTAACCCATACCAGTACCATAGACGCGCAAGA 8404  
Lama TATCATTACTCTGATGCTAACAACAAAATTAACACACACAGCAGCACCATGGATGCCAAGA 7201  
Camelus TATCATTACTTAAATGCTAACAACAAAATTAACACACACAGTACTATAGACGCGCAAGA 7199  
bactrianus TATCATTACTCTAATGCTAACAACAAAATTAACACACACAGTACTATAGACGCGCAAGA 7201  
\*\* \*\* :\*: \*.\*\*.\* \*\*\*\*\*:\*\*\* \*\*\*\* \* \*\*

Ovis AGTAGAAACAATCTGAACCATTCTACCAGCCATTATCTTAATTATGATTGCTCTTCCATC 7259  
yak AGTAGAGACAATTTGAACCATTTTGCCTGCTATATTTTAATTCTAATTGCTCTTCCCTC 8144  
goat AGTAGAACGGTCTGAACATCTTACCAGCCATTATTTTAATTATGATTGCTCTTCCATC 8464  
Lama AGTCGAGACCAATTTGAACCATCTTACCAGCCATTATTTTAATTACTAATTACAATGCTCTCCCATC 7261  
Camelus AGTCGAGACGATCTGAACCATCTTACCAGCCATTATTTTAATTACTAATTACAATGCTCTCCCATC 7259  
bactrianus AGTCGAGACGATCTGAACCATCTTACCAGCCATTATTTTAATTACTAATTACAATGCTCTCCCATC 7261  
\*\*\*.\*\*\*.\* \* \*\*\*\*\* \*\* \*.\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*\*\*\*. \*.\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*

Ovis CTTGCGAATCCTATACATAATAGATGAAATCAACAACCCATCTCTCACAGTAAAGACCAT 7319  
yak TTTACGAATCTATACATAATAGATGAAATTAATAACCCATCCCTTACGGTAAAAGCAAT 8204  
goat TTTACGAATCTATACATAATAGACGAGATCAACAACCCATCCCTCACAGTAAAAGCAAT 8524  
Lama GCTGCGGATCCTTTACATGATAGATGAAATCAATAACCCAGTTCTAACCGTAAAAGCAAT 7321  
Camelus ACTACGAATCTTTATATAATAGACGAGATTAATAACCCAGTCTAACCGTAAAAGCAAT 7319  
bactrianus ACTACGAATCCTTTATATAATAGACGAGATTAATAATCCGGTCTAACCGTAAAAGCAAT 7321  
\*.\*\*\*.\* \*\* \*\*:\*.\*\* \*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*.\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\*.\*\*\*.\* \*\*

Ovis AGGGCATCAATGATACTGAAGCTATGAATATACAGATTATGAAGACCTAAGCTTCGATT 7379  
yak AGGACATCAGTGATACTGAAGCTACGAATATACAGATTATGAGGACTTAAGCTTCGACT 8264  
goat GGGACATCAATGATACTGAAGCTATGAATATACAGACTATGAAGACTTAAGCTTCGATT 8584  
Lama TGGCCATCAATGGTACTGAAGCTATGAATATACTGATTATGAGGATCTCAGCTTCGACT 7381  
Camelus TGGCCATCAGTGGTATTGAAGCTACGAATACACAGATTATGAAACTCTTAGTTTCGACT 7379  
bactrianus TGGTCATCAATGATATTGAAGCTACGAGTATACAGACTACGAAACCCCTTAGTTTCGACT 7381  
\*\* \*\*\*\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*.\* \*\* \*\*:\*.\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \*\* \*

Ovis CTATATAATCCCAACATCAGAATAAAACCAGGAGAATGCGTTTACTAGAAGTAGACAA 7439  
yak CTACATAATCCCAACATCAGAATAAAACCAGGGAATTACGACTATTAGAAGTAGATAA 8324  
goat CTATATAATCCCAACATCAGAATAAAACCCTGGAGAATACGACTGCTAGAGGTAGATAA 8644  
Lama CTATATAATCCCAACATCAGACCTAAAACCAGGTGAACACTACGCTACTGGAAGTGGACAA 7441  
Camelus CTATATAATCCCAACGACCTGAAAGCTGGCGAGTTACGACTGCTGGAAGTAGATAA 7439  
bactrianus CTATATAATCCCAACGACCTGAAAGCTGAGCTACGACTGCTGGAAGTAGATAA 7441  
\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\*. \*\*\*\*\*. \*.\*\*\*.\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*

Ovis CCGAGTTGTATTACCCATGGAATAACAGTCCGAATACTAATCTCTTCCGAAGATGTCCT 7499  
yak TCGAGTTGTACTGCCAATAGAAATAACAATCCGAATACTAGTCTCTCTGAAGATGTCCT 8384  
goat CCGAGTTGTACTACCCATAGAAATGACAATTCGAATATTAATCTCTTCCGAAGACGTTCT 8704  
Lama CCGAGTCGTTCTACCAATGGAATAACTATCCGAATACTAGTTACCTCTGAAGATGTCCT 7501  
Camelus TCGAGTCGTTCTACCAATAGAAATAACTATTCGAATGCTAGTCACTCTGGAAGATGTCCT 7499  
bactrianus TCGGGTCGTTCTGCCAATAGAAATAACCATTCGGATACTGGTCACCTCCGAAGACGTCCT 7501  
\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\*.\* \*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*.\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\*.\* \*\* \*

Ovis ACACATCATGAGCAGTTCCCTTCTCTAGGACTAAAAACAGACGCAATTCCAGGTCGTTTAAA 7559  
yak ACACATCATGAGCCGTACCTTCTCTAGGACTGAAAAACAGATGCAATCCCAGGCCGTCTGAA 8444  
goat ACACATCATGAGCAGTTCCCTTCTCTAGGATTAAAAAACAGACGCAATTCCAGGTCGTTTAAA 8764  
Lama ACACATCATGAGCAGTCCCCTCCTTAGGAGTAAAAACAGACGAGTCCCTGGACGCCTAAA 7561  
Camelus ACACATCATGAGCAGTCCCCTCCTTAGGATTAAGACAGACGCGGTCCCTGGGCGCCTAAA 7559  
bactrianus ACACATCATGAGCAGTCCCCTCCTTAGGATTAAGACAGACGCGGTCCCTGGGCGCCTAAA 7561  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*.\* \*\* \* \* \*\*\*\*\* \*.\*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*..\* \*\* \* \* \* \* .\*\*

Ovis TCAAACAACCCCTTATGTCAACTCGTCCAGGCCTATTCTACGGTCAATGCTCAGAAATTTG 7619  
yak CCAAACAACCCCTTATATCGACCCGTCCAGGCCTGTATTACGGTCAATGCTCAGAAATCTG 8504  
goat TCAAACAACCCCTTATGTGACTCGTCCAGGCTATTCTACGGCAATGCTCAGAAATCTG 8824  
Lama TCAAGTTACACTAATGTCAACACGACCTGGACTTTTCTATGGACAGTGTTCAGAAATTTG 7621  
Camelus TCAAATTTACACTAATATCAACACGACCTGGACTCTTCTATGGCAATGTTCAGAAATTTG 7619  
bactrianus TCAAATTTACACTGATGTCAACACGACCTGGACTCTTCTATGGTCAATGTTCAGAAATTTG 7621  
\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CGGATCAAATCACAGTTTTATGCCAATTGTTCTTGAAGTACTGCCATTAAAAACTTTTGA 7679  
yak CGGATCAAACCATAGTTTTATGCCCATCGTCTTGAATTAGTTCCTACTGAAGTATTTTGA 8564  
goat CGGATCAAACCATAGTTTTCATACCAATCGTTCCTCGAGCTAGTTCCTTAAAAATTTTGA 8884  
Lama CGGCTCAAATCATAGCTTTTATACCAATTGTCCTTGGATGGTACCCTAAAAATTTTGA 7681  
Camelus TGGTTCAAACCATAGCTTTTATGCCATTGTCCTTGAAGTACTGCCATTAAAAACTTTTGA 7679  
bactrianus TGGCTCAAACCATAGCTTTTATGCCATTGTCCTTGGATGGTACCCTAAAAACTTTTGA 7681  
\*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \* \* \*\*.\*\*\*.\* \*\* \* \* \* \* .\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*\*\*.\* \*\*\*\*\*

Ovis AAAATGATCCGCATCAATACTATAAAAATCATCAAGAAGCTATCCAGCGTTAACCTTTTA 7739  
yak AAAATGATCTGCGTCAATATATAAAAATCATAAGAAGCTAT-ATAGCACTAACCTTTTA 8623  
goat AAAATGATCTGCATCAATACTATAAAGTCAATCAAGAAGCTAT-GTAGCGTTAACCTTTTA 8943  
Lama GGAGTGATCTGCCTCTATATATAAGCTCATAAGAAGCTAG-TCAGCGTTAACCTTTTA 7740  
Camelus GGAATGATCTGCCTCTATATATAAGCTCATAAGAAGCTAG-CCAGCGTTAACCTTTTA 7738  
bactrianus GGAGTGATCTGCCTCTATATATAAGCTCATAAGAAGCTAG-CCAGCGTTAACCTTTTA 7740  
..\*.\*\*\*\*\*\* \*\* \*\*.\*\*\*.\* \*\*\*\*\*. \*\*\* \*\*\*\*\* \*\*.\* \*\*\*\*\*

Ovis AGTTAAAGACTGAGAATATTATATTCTCCTTGATGATATGCCACAACACTAGACACATCAAC 7799  
yak AGTTAGAGATTGAGAGCAGTATGCTCTCCTTGATGATATGCCACAACACTAGACACATCAAC 8683  
goat AGTTAAAGACCGAGAGCATAAATCTCTCCTTGATGATATGCCACAACACTAGACACATCAAC 9003  
Lama AGTTAAAGAATGAGAACTATAAAGTCTCCTTAGTGATGATATGCCACAACACTAGACACATCAAC 7800  
Camelus AGTTAAAGAACGAGAGCCATGACCCCTCCTTAGTGATGATGCCACAACACTAGACACATCAAC 7798  
bactrianus AGTTAAAGAACGAGAGCCATGATCCTCCTTAGTGATGATGCCACAACACTAGACACATCAAC 7800  
\*\*\*\*\*.\*\*\* \*\*\*\*\*. :.: \*\*\*\*\*.\*\*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*.\*\*\*.\* \*\*.\*\*\*.\*

Ovis GTGACTTACAATAATCTTATCAATATTTTTAGTCTCTTCTTATTATTTTCAACTAAAAAT 7859  
yak ATGACTGACAATAATCTTATCAATATTTTCTGACCCCTTTTATATCTTTCAATAAAAAT 8743  
goat ATGACTTACAACAATTTTATCAATATTTCTAGCTCTCTTTATATCTTTCAACTAAAAAT 9063  
Lama GTGATTCATCAACAATCTTATCAATACTCATAACCTTATTCATCTTATTCAACTAAAAAT 7860  
Camelus ATGATTTATTACCATTTTATCAATACTTGTAAACCTTATTTGACTGTTTCAGCTAAAAAT 7858  
bactrianus ATGATTTATTACCATTCTATCTATACTTATAACCCCTTTTGTACTATTTTCAGTAAAAAT 7860  
.\*\*\* \* \* \* .\*\* \*\*\*\*\*:\*\* \* \* . . \* \*\* . \* . \* \*\* \* \* . \*\*\*\*\*.

Ovis CTCAAACACAACCTTCTACCACAACCCAAAATTAATAACAACAAAAACACCGAAACAAAA 7919  
yak TTCAAACACAACCTTTTACTACAATCCAGAATAACATCAACAAAAATATTAACAAAAA 8803  
goat CTCAAAGTACGACTTCTACCACAACCCAGAAT--TAACAGCAAAAATACTAAAGCATAA 9120  
Lama CTCTAAACACATCTATTATCCAACCTCCAGAGCCCAATTTAGTAAAACGCATAAACAAAA 7920  
Camelus TTCTAAGCATATCTACCCCTCAGACCCCAAGTCTAACAAAAACAGTAAACAAAA 7918  
bactrianus TTCAAAGCATATATACCTCTCAGCCCCAGCCCTAAATCCAATAAAAACACGAAACAAAA 7920  
\*\* \*\*.\* \* .:.\*: . . . . \* \*\* . . : . \* \*\* . \* \*\*.\*\*\*.\*

Ovis TACTCCTTGAAAAACAAAATGAACGAAAATCTATTTGCCTCTTTCATTACCCCTATAATA 7979  
yak CACCCCTTGAGAAACAAAATGAACGAAAATTTATTTGCCTCTTTTATTACCCCTATAAAT 8863  
goat CACCCCTTGAGAAACAAAATGAACGAAAATCTATTTACCTCTTTTATTACCCCTATAATA 9180  
Lama CACCCCTTGAGAAACAAAATGAACGAAAATTTATTTGCCTCTTTTATTACCCCAACAATA 7980  
Camelus GGCCCTTGAGAAACAAAATGAACGAAAATTTATTTGCCTCTTTTATTACCCCTACAGTA 7978  
bactrianus GACCCCTTGAGAAACAAAATGAACGAAAATTTATTTGCCTCTTTCATTACCCCAACAGTA 7980  
.\* \*\* \* \* \* .\*\*\*\*\*.\*\*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*.\*\*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*.\*\*\*.\*\*\*.\*\*\*.\*\*\*.\*

Ovis TTTGGCCTCCCCCTCGTTACCCCTCATTGTTTTATTCCCTAGCCTATTATTTCCACATCA 8039  
yak CTAGGCTCTCCCCCTCGTAACTCTTATCGTACTATTCCCAGCCTACTATTCCCAACATCA 8923  
goat TTAGGCCTCCCCCTGTTACCCCTATTATTTTATTCCCTAGCCTACTATTTCCTCATCA 9240  
Lama ATAGGACTTCCTATTGTTACCCCTGTTGTCATATTCCCAAGTATATTATTTCCCAACCC 8040  
Camelus ATAGGACTTCCTATTGCTATCTCATTATTATATTCCCAAGTATACTATTCCAGCCCT 8038  
bactrianus ATAGGACTTCCTATTGTAATCCTCATTATTATGTTCCCAAGCATACTATTCCCGGCCCA 8040  
\*:\* \*\* \* \* \* . \* \* . \* \* \* . \* \* . \* \* . \* \* . \* \* . \* \* . \* \* . \* \* . \* \* . \*

Ovis AACC GACTAGTCAACAACCGCCTCATCTCCCTCCAACAGGGAATACTTCAATTAATATCA 8099  
yak AATCGATTAGTGAATAATCGCTTTGTAACCTCCAACAATGAATGCTCCAACCTGTATCA 8983  
goat AACCGACTAATTAACAACCGCCTCGTCTCTCTCCAACAATGGGCACTTCAACTCATATCA 9300  
Lama ACCCGACTAATTAATAACCGCTTAATCTCTTTTCAACATTGGCTAATTCGACTCACGTCT 8100  
Camelus CTTGCGACTAGTAAACAATCGTCTGATCTCTCTACAACATTGACTAATCCAACCTTACATCC 8098  
bactrianus TTTGCGACTAATTAACAACCGTCTAATCTCTCTACAATATTGATTAATCCGACTCACATCT 8100  
\*\*\* \*\*.\* \*\* \*\* \*\* \* .\*: \* \*\* \*\* \* . .\*. \*\* \* . \*\*

Ovis AAACAAATAATGAGCATTATAATACCAAGGACAGACATGAGCATTAAATGCTAATGTCC 8159  
yak AAACAAATAATGAGTATCCACAACCCCAAAGGACAAACATGAACATTAATATTAATATCT 9043  
goat AAACAAATAATAAGTATTTCATAACACCAAAGGACAAACATGAACATTAATATTAATGTCC 9360  
Lama AAGCAAATAATAACTATTTCATAATTACAAAGGACAGACCTGGTCTTAAATGCTAATATCT 8160  
Camelus AAACAAATAATAACTATCCACAACCACAAGGACAAACCTGATCCTTAAATGCTAATATCT 8158  
bactrianus AAACAAATGATGACTATCCACAACCACAAGGACAAACCTGATCCTTGATGCTAATATCT 8160  
\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* .\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis CTAATTTTTTTTTATTGGATCTACAACCTACTAGGCCTCCTACCCCACTCATTACACCA 8219  
yak CTAATTTCTATTTATTGGGTCAACAACCTATTAGGCCTGTTACCCCACTCATTACACCA 9103  
goat CTAATCCTATTTATTGGATCTACAACCTATTAGGCCTTCTACCCCACTCATTACACCA 9420  
Lama CTAATTATATTTATTGGGGCTACTAACCTTCTAGGACTCCTTCCGCACTCATTACCCCT 8220  
Camelus CTAATCATGTTTATTGGAATACCAATCTCCTAGGGCTCCTCCACATTCAATTAATCCT 8218  
bactrianus CTAATCATGTTTATCGGGACTACCAATCTCCTAGGACTCCTCCACATTCAATTAATCCT 8220  
\*\*\*\*\* \* \*\* \*\* \*\* \* .\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis ACTACACAACCTATCAATAAACCTAGGCATGGCCATTCTTTATGAGCAGGAGCTGTAATT 8279  
yak ACAACACAACCTATCAATAAACCTAGGCATAGCCATTCCCTGTGAGCAGGAGCCGTAATT 9163  
goat ACTACACAACCTATCAATAAACTTAGGCATGGCTATTCCCTTATGAGCAGGGGCTGTAATT 9480  
Lama ACCACACAACCTATCAATAAACTTAGGCATAGCAGTTCTCTATGAGCTGGGACTGTAGTT 8280  
Camelus ACCACACAATTCGATAAACTTAGGGATAGCAATTCCTCTATGAGCCGGACCGTAGTC 8278  
bactrianus ACCACACAACCTATCGATAAACTTAGGAATAGCAATTCCTTTATGAGCCGGAACAGTGGTC 8280  
\*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis ACAGGCTTCCGCAACAAAACCTAAAGCTTCACCTCGCCATTTCTACCACAAGGACACCC 8339  
yak ACAGGATTCGCAATAAAAACCTAAAGCATCACTTGCCATTTCTTACCACAAGGAACACCA 9223  
goat ACAGGTTTTCGCAACAAAACCTAAAGCATCACTCGCCATTTCTTACCACAAGGAACGCC 9540  
Lama ACTGGCTTCCGCAATAAAAACGAAAGCATCACTAGCACATTTCTTCCCAAGGAACACCT 8340  
Camelus ACTGGTTTTCGCAATAAAAACGAAAGCATCACTAGCACATTTCTTCCCAAGGAACGCCT 8338  
bactrianus ACTGGTTTTCGCAATAAAAACGAAAGCATCACTAGCACATTTCTTCCCAAGGAACACCT 8340  
\*\*:\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* .\*: \*\* \*\* \* .\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis ACCCCACTGATCCCAATACTAGTAATTATTGAAACCATCAGCCTATTTATTCAACCCAGTA 8399  
yak ACTCCACTAATCCCAATACTAGTAATTATCGAAACTATCAGCCTTTTTATTCAACCTATA 9283  
goat ACACCATAATCCCAATGCTAGTAATTATTGAAACCATTAGCCTCTTTATTCAACCAATA 9600  
Lama ACACCATAATCCCAATACTAGTAATTATCGAAACTATCAGCCTGTTTATTCAACCCGTA 8400  
Camelus ACACCTTAATCCCAATACTAGTAATCATGAGACTATTAGCCTTTCATTCAACCCGTA 8398  
bactrianus ACACCTTAATCCCAATACTAGTAATCATGAGACTATTAGCCTATTCATTCAACCCGTG 8400  
\*\* \*\*:\* \*\*.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis GCCCTTGCCGTACGATTAACAGCTAATATCACGGCAGGACACTTACTAATTCACCTAATT 8459  
yak GCCCTCGCCGTGCGGTTAACAGCCAACATCACTGCAGGACATCTATTAATTCACTTAATC 9343  
goat GCCCTCGCCGTACGACTGACAGCCAACATCACAGCAGGACACTTACTAATTCACTTAATC 9660  
Lama GCCCTGGCCGTTCGACTAACAGCTAATATCACAGCAGGCCATTTATTAATGCACCTAATT 8460  
Camelus GCCCTGGCCGTTCGACTAACAGCCAATATCACAGCAGGCCACCTATTAATACATTTAATT 8458  
bactrianus GCCCTGGCCGTTCGACTAACAGCCAATATCACAGCAGGCCACCTATTAATACACTTAATT 8460  
\*\*\*\*\* \*\* \*\* \* . \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis GGAGGAGCCACCCTTGCACTAATAAGCATTAAATACCACAACGACTCATCACATTCAATT 8519  
yak GGAGGGGTACTTGCCTAATAAGTATTAGCGCTACAACAGCTCTAATTACATTTATT 9403  
goat GGAGGGGCCACCCTTGCACTAACAAGCATCAGTCTACAACGACTCATTACATTCAATT 9720  
Lama GGAGGAGCTACCCTAGCCCTAATAAATATTAGTACTAACAAGCCCTCATCACCTTTGTA 8520  
Camelus GGAGGAGCCACTTTGGCACTAATAAGCATCAACATGCCAACAGCCCTTATTACATTTATT 8518  
bactrianus GGGGAGCCACTTTGGCACTAATAAGCATTAAATACCACAACGACTTATTACATTTATT 8520  
\*\*.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* . \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*

Ovis ATCCTAATTTTACTAACAGTTCTCGAATTCGCAGTGGCTATAATTCAAGCCTATGTATTT 8579  
yak ATTCTAATCTACTAACAATCTAGAAATTTGCAGTAGCTATAATCCAAGCCTATGTATTC 9463  
goat ATTCTAATCTACTAACAATCTCGAATTCGCAGTAGCTATAATCCAAGCCTACGTATTT 9780  
Lama GTCCTAATTTTACTTACAATCTCGAATTTGCCGTAGCTATAATTCAAGCCTATGTATTT 8580  
Camelus GTCCTAATTTTACTTACAATCTGAAATTTGCCGTGGCTATGATCCAAGCCTATGTATTT 8578  
bactrianus GTCCTAATTTTACTCAGATCCTTGAATTTGCCGTGGCTATAATCCAAGCCTATGTATTT 8580  
.\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*



Ovis ACCCTTCTAGTTAGCTTATACCTGCGATGATAACACATAATGACACACCAAACCCAGCCTT 8639  
yak ACCCTTCTAGTCAGCCTATATCTGCGATGACAAACACATAATGACACACCAAACCTCATGCTT 9523  
goat ACTCTCCTAGTCAGCCTATACCTGCACGACAACACATAATGACACACCAAACCCATGCTT 9840  
Lama ACCCTACTAGTAAGCCTATACCTACATGACAATACTTAATGACCCACCAGACCACGCAT 8640  
Camelus ACCCTATTAGTAAGCCTGTATTACATGACAATACTTAATGACCCACCAGACTCAGCGAT 8638  
bactrianus ACCCTATTAGTAAGCCTATACCTACATGACAATACTTAATGACCCACCAGACTCAGCGAT 8640  
\*\* \*\* \*\*\*\* \*\* \* . \*\* \* . \*\*

Ovis ATCACATAGTAAATCCAAGCCCTGACCTCTCACAGGAGCACTATCTGCCCTCCTAATAA 8699  
yak ATCACATAGTAAATCCAAGCCCTGACCCCTTACAGGAGCTCTATCCGCCCTCCTAATAA 9583  
goat ATCACATAGTAAATCCAAGCCCTGACCCCTCACAGGGGCACTATCCGCTCTCTACTAA 9900  
Lama ACCACATAGTGAATCCTAGCCCTGACCCCTTACAGGAGCCCTCTCAGCCCTCCTAATGA 8700  
Camelus ACCACATAGTGAATCCTAGCCCTTGGCCCTCACCGGGCCCTTGTCCGCCCTTCTAATAA 8698  
bactrianus ATCACATAGTGAATCCTAGCCCTTGGCCCTCACTGGGGCCTTATCCGCCCTCCTAATAA 8700  
\* \*\*\*\* \*\* . \*\*\*\* : \*\*\*\* \*\* . \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* . \*\* . \*

Ovis CATCTGGTCTCATCATATGATTTCACTTCAACTCAACAGCTCTACTAACTCTGGGCCATA 8759  
yak CATCCGGCTTAGCCATGTGGTTTCATTTTAACTCAACAGCTCTGTTAATAATTGGCCATA 9643  
goat CATCCGGCTCATCATATGATTTCACTTCAACTCAACCGCCCTACTAACCCTAGGTCTAA 9960  
Lama CATCCGGCTAATTATGTGATTTCACTTCAACTCAAGCCCTCTACTGTCTGCTAGGCTAA 8760  
Camelus CGTCAGGCCAATACTATGATTTCACTTCAACTCAAGTATCCTGCTAGTACTAGGCCATG 8758  
bactrianus CGTCAGGCCAATACTATGATTTCACTTCAACTCAAGTATCCTGCTAGTACTAGGTCTAG 8760  
\* . \*\* \*\* \* . \*\* . \*\* . \*\* \*\* \* : \*\* \*\*\*\* \*\* . \* . \* \*\* \*\* .

Ovis CAACAAATATACTTACAATATACCAGTGATGACGAGATGTGATTCGAGAAAGCACCTTCC 8819  
yak CAACAAACATACTAACAATATACCAATGATGACGGGATATTTATTCGAGAAAGCACTTTCC 9703  
goat CAACAAACATGCTTACAATATACCAATGATGACGAGATGTGATTCGAGAAAGTACCTTCC 10020  
Lama TTACAAATATGCTAACAATATATCAATGATGGCGAGACATTATTCGAGAGAGCACATTC 8820  
Camelus TTACAAATATACTGACTATATACCAGTGATGACGGGACGTTGTCCGAGAAAGCACATTC 8818  
bactrianus TTACAAATATACTGACTATATATCAATGGTGACGAGACGTTGTCCGAGAAAGCACATTC 8820  
: \*\*\*\* \*\* . \*\* \*\* \*\* : \*\*\*\* \*\* . \*\* . \*\* . \*\* . \*\* . \* . \* \*\*\*\* . \*\* \*\* \*\* \*

Ovis AAGGCCACCATACTCCGGCTGTCCAAAAGGGCCTTCGTTACGGAATGATTCCTTTTATTA 8879  
yak AAGGGCACCATAACCCAGCTGTCCAAAAGGCCTCCGTTATGGAATAATCCTCTTTATTA 9763  
goat AAGGTACCATACTCCAGCCGTTCAAAAGGCCTTCGCTATGGAATAATCCTTTTATTA 10080  
Lama AAGGACACCACACCCCTCCGTCCAAAAGGTTTACGATACGGAATAGTTCTATTTATTCG 8880  
Camelus AAGGGCATCACACGCCTGCTGTCCAAAAGGTTTACGATACGGAATAATCCTATTTATTG 8878  
bactrianus AAGGGCATCACACGCCTGCCGTCCAAAAGGTTTGCATACGGAATAATCCTATTTATTG 8880  
\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\*\*\* . \*\* \* \*\* \*\* \*\*\*\* . \* \*\* \*\* \*\* \*

Ovis TCTCCGAAGTTCTATTCTTTACTGGATTTTTCTGAGCCTTCTACCCTCAAGCCTTGCCC 8939  
yak TCTCCGAAGTCTATTCTTTTACCGGATTTTTCTGAGCATTCTACCATTCAAGCCTCGCCC 9823  
goat TTTCCGAAGTTTATTCTTTACTGGGTTTTTCTGAGCTTTCTATCACTCGAGCCTTGCCC 10140  
Lama TATCCGAGGTTCTATTTTTCAGTGGATTTCTTTGAGCTTTCTACCATTCAAGCCTCGCCC 8940  
Camelus TGTCAGAGGTTTATTTTTTACCGGATTTCTTCTGAGCCTTTTACCCTCAAGCCTAGCCC 8938  
bactrianus TGTCGAGGTTTATTTTTTACCGGATTTTTCTGAGCCTTTTATCACTCAAGCCTAGCCC 8940  
\* \*\* \*\* . \*\* \*\*\*\* \*\* \* \*\* . \*\* \*\* \*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*

Ovis CCACACCCGAAGTACTAGCGGGTGTGACCTCCAACAGGCATTCACCCACTTAATCCCTTAG 8999  
yak CCACTCCCGAAGTACTAGCGGGTGTGACCCCAACAGGCATTCATCCACTAAATCCCTTAG 9883  
goat CCACACCCGAATTAGCGGGTGTGACCTCCAACAGGCATTCACCCACTTAATCCCTTAG 10200  
Lama CTACCCAGAACTAGGAGGATGCTGACCCCGACCGGAATCCACCCCTAAACCCGCTAG 9000  
Camelus CCACTCCCGAGCTAGGAGGATGCTGACCTCCACCGGCATCCACCCCTAAACCCGCTAG 8998  
bactrianus CCACTCCCGAAGTGGGAGGATGCTGACCTCCTACCGGCATCCACCCCTAAACCCGCTAG 9000  
\* \*\* \*\* . \*\* . \* . \*\* . \*\* . \*\*\*\* \*\* \* \*\* . \*\* . \*\* \*\* \* : \*\* \*\* \*\* \*

Ovis AAGTCCCACTACTCAACACCTCTGTCCTTCTAGCCTCAGGAGTATCCATTACTTGAGCTC 9059  
yak AAGTCCCACTGCTCAACACCTCTGTCCTATTGGCCTCCGGAGTTTCTATTACTGAGCCC 9943  
goat AAGTCCCACTACTTAATACTTCCGTCCTCTAGCCTCAGGAGTTTCCATCACCTGAGCTC 10260  
Lama AAGTCCCTCCTCAATACTCCTGCTTCTACTAGCCTCTGGAGTCTCAATTACTGAGCCC 9060  
Camelus AAGTCCCTCCTCAATACTCCTGTCCTATTAGCCTCCGGAGTCTCAATCACCTGAGCCC 9058  
bactrianus AAGTCCCTCCTCAACACCTCAGTCTCTATTAGCCTCCGGAGTCTCAATCACCTGGGCC 9060  
\*\*\*\* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* . \*\*\*\* \*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \* . \*\* \*

Ovis ACCATAGCCTCATAGAAGGGAACCGTTACCACATGTTACAAGCCCTATTCAATACCATCG 9119  
yak ATCATAGCTGATAGAAGGAGACCGAAACCATATATTACAAGCCCTATTATACCATCA 10003  
goat ACCATAGCCTTATGGAAGGAGACCGTAACACATACTACAAGCCCTATTCAATACCATTA 10320  
Lama ACCACAGCTTAATAGAAGGGAATCGCACTCACATACTACAAGCCCTATTATTAATCAATTG 9120  
Camelus ATCACAGCCTGATGGAAGGCAACCGTGCCCATATACTCCAGGCCCTGTTTATTACGATTG 9118  
bactrianus ATCACAGCCTGATGGAAGGCAACCGTGCCCATATACTCCAAGCCCTATTATTAATGATTG 9120  
\* \*\* \*\* \* \*\* . \*\*\*\* . \*\* . \*\* . \*\* . \*\* . \*\* . \*\* . \*\* \*\* \*\* \*

Ovis CACTAGGCGTGTACTTTACACTGTTACAGGCATCAGAGTATTATGAAGCACCCCTTTACAA 9179  
yak CATTAGGGGTCTACTTTACACTACTACAAGCCTCAGAGTACTATGAGGCACCCCTTTACTA 10063  
goat TACTAGGCTTATACTTACACTTATTACAAGCATCAGAATATTATGAAGCACCATTTACAA 10380  
Lama CCCTAGGATTATATTTACACTACTACAGGCTTCAGAGTACTACGAAGCACCCCTTTACAA 9180  
Camelus CCCTGGGACTATATTTACAGCTACTCCAAGCATCAGAGTACTACGAAGCACCCCTTTACAA 9178  
bactrianus CCCTAGGACTATATTTACAGCTACTCCAGGCATCAGAATATTACGAAGCACCCCTTTACAA 9180  
. \*.\*\* \* \*\* \*\* \*. . \*.\*\*.\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*

Ovis TCTCAGACGGAGTTTACGGTCAACTTTCTTCGTAGCTACAGGATTTACAGGCCTCCATG 9239  
yak TCTCCGACGGAACTACGGTCAACTTTTTCTTCGTAGCCACAGGCTTCCACGGCTCCATG 10123  
goat TTTACAGACGGAGTCTACGGTCAACTTTCTTCGTAGCCACAGGATTTCCACGGCTTCATG 10440  
Lama TCTCTGATAGTGTTTACGGCTCCACTTTTTCTTCGTAGCCACTGGCTTCCATGGCTTACATG 9240  
Camelus TCTCAGACGGTGTTTATGGGTCCACTTCTTTGTAGCCACTGGATTCCATGGGCTACATG 9238  
bactrianus TCTCGGACGGTGTTTATGGGTCTACTTCTTTGTAGCTACCGGATTTCCACGGACTACATG 9240  
\* \*\* \*\* .\*:.\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*

Ovis TCATCATCGGATCCACCTTCCCTAATTGTCTGCTTCTTCGGCAATTTAAATTTCACTTTCA 9299  
yak TCATCATTTGGATCCACCTTCTAATTGTCTGCTTTTTCCGGCAACTAAATTTCACTTTCA 10183  
goat TTATCATCGGATCTACCTTTTGTATTGTCTGCTTTTTCCGTCAACTAAATTTCACTTTCA 10500  
Lama TCATTATTGGCTCCACTTTCCCTTGCTGTCTGCTTTTTACGACAATTTAAATTTCACTTTCA 9300  
Camelus TTATTATTGGCTCCACTTTCCCTGACTGTATGCTTCTACGACAATTTAAATTTCACTTTCA 9298  
bactrianus TTATTATTGGCTCCACTTTCCCTAAGAGTGTGCTTTCTACGACAATTTAAATTTCACTTTCA 9300  
\* \*\* \*\* \*\* .\*\* \*\* \*\* \* . :\*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*

Ovis CCTCTAGTCACCATTTCCGGTTTCGAAGCCGCTGCCTGATACTGACACTTCGTAGATGTAG 9359  
yak CTTCTAACCACCCTTCCGGCTTTGAAGCCGCTGCCTGATACTGACACTTTTCGTAGACGTAG 10243  
goat CCTCTAATCATCACTTCCGGTTTCGAAGCTGCCTGATACTGACACTTTTCGTAGACGTAG 10560  
Lama CATCTAGCCACCCTTCCGGATTTGAAGCCGCTGCCTGATATTGACACTTTTCGTAGATGTTG 9360  
Camelus CATCTAGCCACCCTTCCGGATTTGAAGCCGCCGCTTGTATATTGGCATTTTGTAGATGTAG 9358  
bactrianus CATCTAGTCACCATTTCCGGATTTGAAGCTGCCGCTGATATTGACACTTTTCGTAGATGTAG 9360  
\* \*\* \*\* . \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*

Ovis TATGACTTTTCTCTATGTATCCATCTACTGATGAGGCTCATGTCCTTTTAGTATTAATT 9419  
yak TTTGACTTTTCTCTATGTTTCTATCTATTGATGAGGCTCCTATTTTAGTATTAATC 10303  
goat TATGACTTTTCTCTATGTATCCATCTATTGATGAGGCTCATGTCCTTTTAGTATTAATC 10620  
Lama TGTGACTATTCTTTACGCTCCATTTATTGATGAGGCTCCTGTCCTTTTAGTATTAATT 9420  
Camelus TCTGACTTTTCTCTATGTCTCTATCTATTGATGAGGCTCATGTCCTTTTAGTATTAATT 9418  
bactrianus TCTGGCTGTTCTCTATGTCTCTATCTATTGATGAGGTTTCATGTCCTTTTAGTATCAATT 9420  
\* \*\* .\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*

Ovis AGTACAACCTGACTTCCAATCAGTTAGTTTCGGT-CTAATCCGAAAAAGAACAATAAACCT 9478  
yak AGTACAGCTGACTTCCAATCAGCTAGTTTCGGT-CTAGCCCGAAAAAGAATAATAAATCT 10362  
goat AGTACAACCTGACTTCCAATCAGTTAGTTTCGGT-ACAATCCGAAAAAGAACAATAAACCT 10679  
Lama AGTACAACCTGACTTCCAATCAGTTAGATTTCGGA-GAGACCCGAAAAAGGATAAATCAATCT 9479  
Camelus AGTACAACCTGACTTCCAATCAGTTAGCTTCCGGATGATCCCGAAAAAGGATAAATAAACCT 9478  
bactrianus AGTACAACCTGACTTCCAATCAGTTAGCTTCCGGATGATCCCGAAAAAGGATAAATAAATCT 9480  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* : \*\*\*\*\*. \* \*\* \*\* \*\*

Ovis TATAATTACTCTCCTAATACTTACAGCTAGCTACATTACTCGTAACCATCGCATTCTG 9538  
yak AATACTAGCCCTCCTGACCAATTTTACACTAGCTACTCTACTTGTCAATTATCGCATTCTG 10422  
goat CATAATTACTCTCCTGACTAATTTTACACTAGCCACATTACTCGTAACCATCGCATTCTG 10739  
Lama ACTACTGGCTTACTTACAAACTACCTTAGCATCCCTTCTCGTACTAATTGCATTCTG 9539  
Camelus CATACTAGCTTACTTACAAACTACCTTAGCATCCCTTCTCGTACTAATTGCATTCTG 9538  
bactrianus TATACTGGCCTTATTTACAAACTAGCTTCCCTTAGCATCCCTTCTGTACTAATTGCATTCTG 9540  
.\*\*.\* . \* . \* \*\* \* : . \* \*\* \* : \* \*\* \* . \* \*\* \*\* \*\*

Ovis ACTTCCCCAACTGAACGTGTATTTCAGAAAAACAAGCCCATACGAATGTGGATTTGACCC 9598  
yak ACTTCCCCAACTAAATGTATATTCTGAGAAGACAAGTCCATACGAATGTGGATTTGACCC 10482  
goat ACTTCCCCAACTAAACGTTTACTCAGAAAAACAAGCCCATATGAATGCGGATTTGACCC 10799  
Lama ATTACCCCAATTAATGTTTACGCAGAAAAACAAGCCCTTATGAGTGTGGCTTTCGACCC 9599  
Camelus ACTTCCCCAACTGTACACTACGCAGAAAAGACGGGCCCTTACGAGTGTGGCTTTCGACCC 9598  
bactrianus ACTTCCCCAACTATATTTATGCAGAAAAGACGGGCCCTTACGAATGTGGCTTTCGACCC 9600  
\* \* \*\* \*\* .\*:.\* . \* \* :\*\*.\* \*\* . \* \*\* \*\* \*\*

Ovis CATAGGGTCTGCTCGCCTCCCTTCTCTATAAAATTTCTTCTAGTAGCCATCACATTCT 9658  
yak CATAGGATCAGCCCGCTTCCCTTCTCCATAAAATTTCTTCTAGTAGCCATTACATTCT 10542  
goat CATAGGATCGGCTCGCCTTCCCTTCTCCATAAAATTTCTTCTAGTAGCCATCACATTCT 10859  
Lama CATAGGATCGCCCGCTTCCCTTCTCCATAAAATTTCTTCTAGTAGCCATTACATTCT 9659  
Camelus CATAGGCTCCGCCGTTTACCCTTTTCCATAAAATTTCTTCTAGTAGCCATCACATTCT 9658  
bactrianus CATAGGCTCCGCCGTTTACCCTTTTCCATAAAATTTCTTCTAGTAGCCATTACATTCT 9660  
\*\*\*\*\* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* \*\* \* \*\* .\*:.\* \*\* \*\* \*\*





Ovis ACTCATGATCCAACACTTTTCATATGACTAGCATGCATAATAGCTTTTCATAGTAAAGATAC 10798  
yak ACTCCTGATCTAATATTTTCATATGACTAGCATGTATAATAGCCTTCATAGTAAAAATAC 11682  
goat ACTCCTGATCCAATGTTTTCTTATGATTAGCATGCATAATAGCCTTCATAGTAAAAATAC 11999  
Lama ACTCCTGATCTAATGCACCTGCTATGACTAGCATGCATAATAGCATTATAGTGAAAATAC 10798  
Camelus ACTCTTGATCCAACGCACCTCTATGGTTGGCGTGCATAATGGCCTTTATAGTAAAAATAC 10797  
bactrianus ACTCTTGATCCAACGCACCTCTATGACTAGCGTGCATAATGGCCTTCATGGTAAAAATAC 10799  
\*\*\*\* \* : \* \* \* \* . \* . \* . \* \* \* \* . \* \* \* \* . \* . \* . \* \* \*

Ovis CACTATATGGACTCCACCTCTGACTTCCCAAAGCCCATGTAGAAGCTCCAATTGCGGGCT 10858  
yak CATTATACGGCCTCCACCTTTGACTACCCAAAGCTCACGTAGAAGCCCCCATCGCAGGTT 11742  
goat CATTATATGGACTCCACCTTTGACTACCTAAAGCCACGTAGAAGCCCCAATCGCAGGCT 12059  
Lama CCCTATACGGCTTGCATCTATGACTGCCTAAGGCTCATGTAGAAGCCCCAATTCGAGGGT 10858  
Camelus CCCTATACGGCCTACACCTTTGACTACCCAAAGCCACGTGGAAGCCCCAATTCGAGGCT 10857  
bactrianus CCCTATACGGCCTACACCTCTGACTACCCAAAGCCACGTGGAAGCCCCAATTCGCGGGCT 10859  
\* . \* \* \* \* \* . \*

Ovis CCATGGTCTTGCAGCAATCCTACTTAAACTAGGAGGATATGGCATGATACGGATTACAT 10918  
yak CTATAGTCTTGCAGCAATCCTACTAAAACCTAGGAGGATACGGTATGCTACGAATCACAC 11802  
goat CTATAGTCTTGCAGCAATCCTACTAAAACCTAGGAGGATATGGCATGATACGAATCACAC 12119  
Lama CCATAGTCTTAGCCGAGTCTGCTCAAACCTAGGAGGCTACGGCATACTACGCTCACAG 10918  
Camelus CCATAGTCTTAGCTGCAGTACTGCTTAAACTAGGGGGCTATGGCATACTCCGACTCACAA 10917  
bactrianus CTATAGTCTTAGCTGCAGTACTGCTTAAACTAGGGGGCTATGGAATACTCCGACTCACAA 10919  
\* \* \* . \* \* \* \* . \* \* \* \* . \*

Ovis TACTTCTGAATCCAATCACCAGCTTTATAGCATACCCATTTCATTATATTATCATTATGAG 10978  
yak TAATTCTAAACCTATAACCGACTTTATAGCATACCCATTTCATTATACTCTCCTTATGAG 11862  
goat TACTCCTTAATCCAATCACCAGCTATATAGCATATCCATTATATACTATCATTATGAG 12179  
Lama CTATACTAAATCCCCTCACAGAGTATATAGCATATCCATTCTAATACTATCCCTCTGAG 10978  
Camelus CTATATTAACCCCTAACAGAGTATATAGCGTATCCATTCTGATATTATCATTCTGAG 10977  
bactrianus CTATACTAAATCCCCTAACAGAATATATAGCGTACCCATTTCATAACTATCCCTCTGAG 10979  
: . \* \* \* \* \* . \* . \* . \* \* : \* \* \* \* \* . \* \* \* \* \* . \* \* \* \* \* . \* . \* . \*

Ovis GCATAATCATAACAGCTCAATTTGCCTTCGCCAAACGGACCTAAAGTCACTATTGCAT 11038  
yak GCATAATCATAACAGCTCAATCTGCCTCCGTCAAACGGACCTAAAATCACTATTGCAT 11922  
goat GCATAATTATAACAGCTCAATTTGTCTCCGTCAAACGGACCTGAAATCACTATTGCAT 12239  
Lama GCATAATCATGACCAGTCCATCTGCTTACGCCAAACTGACCTAAAGTCACTATTGCCT 11038  
Camelus GCATAATCATAACTAGCTCTATTTGCTTACGTCAGACCGACCTAAAGGCACTCATCGCAT 11037  
bactrianus GCATAATTATAACTAGCTCCATTTGCTTACGCCAGACTGATCTAAAGGCACTATTGCAT 11039  
\* \*

Ovis ATTCTTCCGTTAGCCACATAGCACTTGTCTATTGTTGCCATTCTCATTCAAACACCCTGAA 11098  
yak ACTCTTCTGTAAGCCACATAGCACTCGTCTATTGTAGCTATCCTTATCAAACACCCTGAA 11982  
goat ATTCTTCCGTCAGTCATATAGCGCTCGTTATCGTCGCCATCCTTATCCAGACACCCTGAA 12299  
Lama ACTCCTCAGTTAGTCACATGGCCCTGGTTATTGTAGCTATCCTAATCAAACACCCTGAA 11098  
Camelus ATTCTCAGTTAGCCATATAGCCCTAGTTATTGTAGCCATCTAATTCAAACACCCTGAA 11097  
bactrianus ATTCTCAGTTAGTCACATAGCCCTGGTTATTGTAGCCATTTAATTCAAACACCCTGAA 11099  
\* \*

Ovis GCTACATAGGAGCCACCGCCCTAATAATTGCTCATGGTCTCACATCTTCCATACTTTTCT 11158  
yak GTTACATAGGAGCAACCGCTCTCATGATTGCCCATGGCCTCACATCCTCCATACTTTTCT 12042  
goat GCTACATAGGAGCCACTGCCCTAATAATTGCCCATGGCCTTACATCATCTATACTTTTCT 12359  
Lama GCTACATAGGGGCTACCACCCTCATAGTCGCCACGGACTCACATCCTCTATACTTTTCT 11158  
Camelus GTTACATGGGAGCTACAACCCTTATAGTTGCCACGGACTTACATCCTCTATACTTTTCT 11157  
bactrianus GTTACATAGGAGCTACGACCCTTATAGTTGCCCATGGACTTACATCCTCTATACTTTTCT 11159  
\* \* \* \* \* . \* . \* \* \* . \* \* \* \* . \*

Ovis GCCTAGCAAACCTCAAATATGAACGAGTTCCAGCCGAACAATAATCCTAGCCCGCGGCC 11218  
yak GTCTAGCAAACCTCAAATACGAACGAATCCAGCCGAACATAATTCTAGCTCGAGGCC 12102  
goat GCCTAGCAAATCTAACTATGAGCGAATCCAGCCGTACAATAATTTTAGCCCGCGGCC 12419  
Lama GTCTAGCAAATACAAATATGAACGTACCCACAGTCAACAATAATTCTGGCGCAGAGGCC 11218  
Camelus GCCTGGCCAACACAAACTATGAACGCACCCACAGCCGGACAATGATCCTGGCAGGGGCC 11217  
bactrianus GTTTAGCTAACACAAACTATGAGCGACCCACAGCCGGACAATGATCCTGGCAGAGGCC 11219  
\* \* . \* \* \* \* : \* \* \* \* \* . \* \* \* \* . \*

Ovis TACAAACACTCCTTCCACTAATGGCTGCCTGATGACTCCTAGCAAGTCTAACTAATCTAG 11278  
yak TACAAACGCTTCTTCCACTAATAGCCACCTGATGACTACTAGCAAGTCTAACCACCTAG 12162  
goat TCCAAACACTCCTTCCACTAATGGCTGCCTGATGACTCCTAGCAAGCCTAACTAATCTGG 12479  
Lama TGCAAACACTACTACCTTAAATAGCAATATGATGATTACTGGCAAGTCTCACTAACCTGG 11278  
Camelus TGCAAACACTTCTTCCCCTAATAGCGATATGATGGCTATTGGCAAGCCTTGCCAACCTGG 11277  
bactrianus TGCAAACACTCCTCCCCTAATAGCGATATGATGGCTACTAGCAAGCCTTGCTAACCTAG 11279  
\* \* \* \* \* . \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* . \* . \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \* \*

Ovis CTCTACCCCCATCAATCAACCTAATCGGAGAACTATTTGTAGTAATATCAACCTTTTCAT 11338  
yak CCTTACCCCCAACAAATCAACTTAATTGGAGAACTATTTGTAATAATGTCAACCTTTTCAT 12222  
goat CCCTACCCCCAACAAATCAACCTAATTGGAGAACTATTCGTAGTAATATCAACCTTTTCAT 12539  
Lama CCCTGCCCCCTACAATTAATCTACTTGGAGAACTGTTTCGTAATATAGCCCTACTTCTCCT 11338  
Camelus CCCTGCCCCGACGATTAACCTACTTGGAGAACTATTTGTAGTCATATCGGCATCTCTCCT 11337  
bactrianus CCCTGCCCCGACGATTAATCTACTTGGAGAACTATTTGTAGTTATATCAGCATCTCTCCT 11339  
\* \*.\*\*\*\*\* :\*.\*\* \*\* \*. \* \*\*\*\*\* \*.\*\* \*\*.\* \*\* . \* \* \*\* \*\*.\*

Ovis GATCTAACATCACAATCATTCTAATAGGACTTAATATGGTAATTACTGCTCTATATTCCC 11398  
yak GATCTAACATTACAATTATCCTAATAGGAATAAATATAGTAATCACCGCCCTATACTCTC 12282  
goat GATCTAACATCACAATTATCTAATAGGACTTAACATAGTGATCACCGCCCTATACTCCC 12599  
Lama GATCTAACATCACAATTATCCTAATGGGAGCCAACATGATAATCACAGCCCTATACTCAT 11398  
Camelus GATCCAACATTACAATTATCCTAATAGGAGCTAACATGATAATFACGGCCCTCTACTCAC 11397  
bactrianus GATCCAACATTACAATCATCCTAATAGGAGCCAATATGATAATFACGGCCCTTTACTCAC 11399  
\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\*\*\*\*.\* \*\* \*\*.\*.\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\*

Ovis TCTACATACTAATCACAACACAACGAGGTAACATACTCACCACATCAATAATATTTTAC 11458  
yak TATATATACTAATCATAACCCAACGAGGAAAGTACACCTATCACATTAATAATATCTCAC 12342  
goat TCTACATACTAATTACAACGCAACGGGGTAAACATACCCATCACATCAACAACATCTTAC 12659  
Lama TATATATGCTCATCATAACACAACGAGGTAATCATACTACCATATCAACAATATTAAC 11458  
Camelus TATACATGCTCATCATGACACAACGAGGCAACATACTCACCATATCAATAGTATCAAAC 11457  
bactrianus TGTATATGCTTATCATGACACAACGAGGCAACACACTCACCATATCAACAACATTAAGC 11459  
\* \*\* \*\*.\* \*\* \* \*.\*\* \*\*\*\*\*.\* \*\* \* \*\* \* \*\* \*\* \*\* \* . \*\* : .\*

Ovis CCTCCTTACACGAGAAAATGCACTTATATCACTGCATATACTACCCTCTACTTCTAT 11518  
yak CTTCTTTTACACGAGAAAATGCACTCATATCGCTGCACATTTACCTCTACTACTTCTAT 12402  
goat CTTCTTTTACACGAGAAAATGCACTCATATCACTTCTATATATTACCCTACTACTTCTAT 12719  
Lama CCACCTACACGAGAAAATCACTCATAGCTTTACATATGCTCCCCCTACTAATGCTAT 11518  
Camelus CTACTTACACGAGAAAATTCCTTATGGCCCTACACATGCTACCCTGCTAATGCTAT 11517  
bactrianus CTACTTATACACGAGAAAATTCCTCATAGCCCTACACATGTTACCCTACTAATATTAT 11519  
\* :.\* : \*\*\*\*\* \*.\* \*\* . \* \* \*\* \*\* \*.\* \*\* \*\* \*\*.\* \*\* \*\*

Ovis CCCTAAACCCGAAAATTATCCTAGGCCCCCTATACTGTAAATATAGTTT-AAGAAAACAT 11577  
yak CCCTAAATCCAAAAATTATCTAGGACCTCTATACTGTAAATATAGTTTAAACAAAAACAT 12462  
goat CCCTAAACCCAAAAATTATCCTAGGCCCCCTATACTGTAAATATAGTTTAAAAAAAACAT 12779  
Lama CACTCAACCCATAAGTCATCATAGGCTTACATACATACTGTAAGTATAGTTTAAAGAAACAC 11578  
Camelus CACTCAACCCCAAGATCATTATAGGATTTACCTACTGTAAATATAGTTTAAAAAAGAACAC 11577  
bactrianus CACTCAACCCATAAATCATTATAGGACTTACCTACTGTAAATATAGTTTAAAAAAGAACAC 11579  
\*.\* \*\* \*\* \* \*\*.\* \*\* \* \*\* .\*\*\*\*\* . \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\* \* .\*.\*\*\*\*\*

Ovis TAGATTGTGGATCTAATAATAGAAGACTATCACCTTCTTATTTACCGAAAAAGTATGCAA 11637  
yak TAGATTGTGAATCTAACAATAGAAGCTCATTACCTTCTTATTTACCGAAAAAGTATGCAA 12522  
goat TAGATTGTGAATCTAACAATAGAAGCCTATCACCTTCTTATTTACCGAAAAAGTATGCAA 12839  
Lama TAGATTGTGAATCTAGCAGTAAGAGATCAA-AACTCTTTACCTACCGAAAAAGTATGCAA 11637  
Camelus TAGATTGTGAATCTAGTAATAAGAGATCAA-GCCTCTTTATTTACCGAAAAAGCATGCAA 11636  
bactrianus TAGATTGTGAATCTAGTAATAAGAGATCAA-ACCTCTTTATTTACCGAAAAAGCGTGCAA 11638  
\*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*\*.\*\*\*.\*..\* : :.\*\* \*\* \* \*\*\*\*\*.\*\*\*\*\*\*

Ovis GAACTGCTAATTTCTATGCCCCATGTCTAATAACATGGCTTTTTTCAAACCTTTTAAAGGAT 11697  
yak GAACTGCTAATTTCTATGCTCCCATACTTAAACAGTATGGCTTTTTTGAACCTTTTAAAGGAT 12582  
goat GAACTGCTAATTTCTATGCTTCCATGTCTAACAACATGGCTTTTTTCAAACCTTTTAAAGGAT 12899  
Lama GAACTGCTAATTC-ATGCCACCATGCCTAACAGCATGGCTTTTTTCAAACCTTTTAAAGGAT 11696  
Camelus GAACTGCTAATTC-ATGCTACCACACCTAACAATGTGGCTTTTTTCAAACCTTTTAAAGGAT 11695  
bactrianus GAACTGCTAATTC-ATGCTACCACACCTAACAATGTGGCTTTTTTCAAACCTTTTAAAGGAT 11697  
\*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \* . \*\* \* . \*\*\*\*\* .\*\*\*\*\*

Ovis AGTAGTTATCCATTGGTCTTAGGAACCAAAAAATGGTGCAACTCCAAATAAAAGTAATA 11757  
yak AGTAGTCATCCGTTGGTCTTAGGAACCGAAAAATGGTGCAACTCCAAATAAAAGTAATA 12642  
goat GGTAGTTATCCATTGGTCTTAGGAGCCAAAAAATGGTGCAACTCCAAATAAAAGTAATA 12959  
Lama AGAAGTAATCCGTTGGCCTTAGGAGCCAAAAAATGGTGCAACTCCAAATAAAAGTAATA 11756  
Camelus AGAAGGAATCCGTTGGCCTTAGGAGCCAAAAAATGGTGCAACTCCAAATAAAAGTAATA 11755  
bactrianus AGAAGTAATCCGTTGGCCTTAGGAGCCAAAAAATGGTGCAACTCCAAATAAAAGTAATA 11757  
.\*:\*\* \*\*.\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*.\*\*\*.\*\*\*\*\*\*

Ovis AACCTATTTTCTCCTCCTCACACTAGTCACCTAATTCTACTAACCATACCCATCGCAGCA 11817  
yak AACATATTTCTCCTCATTCTCACTAGTTACTTTGCTCCTACTAACAGTACCCATTATAACA 12702  
goat AACCTGTTTTCTTCTCTTGCACTAACCACCCTAACCTATTAAACCGACCCATCATAATA 13019  
Lama AACATATTTCACTACCCCTGCCTACTTACACTATTATTACTCACACTACCAATTATAATA 11816  
Camelus AACATATTTGCAACCTTTACACTACTTACACTATTATATACTCACACTACCAATCCTCATA 11815  
bactrianus AACATATTTGCAACCTTTACACTACTTACACTATTATGCTCACACTACCAATCCTTATA 11817  
\*\*\*.\*\*\* \* :.\* \* \*\*\*\*\* \*\* \* . \* .\*\*.\* \*\*.\*\*\* . \*

```

Ovis      ATCAATTTTAAACACCCATAAATTCACCAATTATCCACTCTATGTAAAAACAACCATTTC 11877
yak       ACAAGCCTTAAACACCTACAAATCTTCCAACCTACCCGCTCTACGTAAAAACAACCTATTTC 12762
goat      ACCAACCTCAATATCTACAAATCCACCAACTACCCACTTTATGTAAAAACGGTCGTTTCA 13079
Lama      TCAACTTCTGACATCTATAAGAGCAAACAATACCCTCTCTACGTAAAAAATACCATCGCA 11876
Camelus   ACGGCCCCCAACACCTACAA---CAACCAATACCCTGTGTACGTAAAAAACATTATTGCA 11872
bactrianus ACGGCCTCCAACACCTACAACAACAATCAATACCCTATATATGTAAAAAACATTATTGCA 11877
: .      . * * * * *      : . * * * * *      * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      TGCGCTTTCATCACTAGCATAATCCCCACAATAATATTTCATCCACACAGGACAAGAAATA 11937
yak       TATGCCTTCATTACCAGCATAAATCCCACAATAATATTTATTACTCAGGCCAAGAAGACTA 12822
goat      TGTGCCTTTTACTAGCATAAGTCCCACAATAATATTTATTACTCAGGCCAAGAAGACTA 13139
Lama      TGTGCCTTCACTGTAAAGTCTAATTCCAACTATAATATTTATTACTCAGGCCAAGAAGACT 11936
Camelus   TGTAGCTTCGCTGTGACGCTAGTCCCAACCATAATATTTATTACTCAGGCCAAGAAGACT 11932
bactrianus TGTAGCTTTGCGGTGAGCCTGGTCCCAACCATAATATTTCATCCATTGCAACCAAGAGATA 11937
* . . * * . . . * * . * . * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      ATTATCTCAAAGTACACTGACTAACCATCCAAACCCTCAAAGTACACTCAGCTTCAA 11997
yak       GTTATTTCAAAGTACACTGACTAACCATCCAAACCCTCAAAGTACACTCAGCTTCAA 12882
goat      GTCATTTCAAAGTACACTGACTAACCATCCAAACCCTCAAAGTACACTCAGCTTCAA 13199
Lama      ATTATCTCAAAGTACACTGACTAACCATCCAAACCCTCAAAGTACACTCAGCTTCAA 11996
Camelus   GTCATCTCAAAGTACACTGACTAACCATCCAAACCCTCAAAGTACACTCAGCTTCAA 11992
bactrianus GTCATCTCAAAGTACACTGACTAACCATCCAAACCCTCAAAGTACACTCAGCTTCAA 11997
. * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      ATAGACTTCTTCTCAATAATATTCGTTCCAGTAGCACTATTCGTTACATGATCTATTATA 12057
yak       ATAGACTATTTCTCAATAATATTCGTTCCAGTAGCACTATTCGTTACATGATCTATTATA 12942
goat      ATAGACTATTTTCTCAATAATATTCGTTCCAGTAGCACTATTCGTTACATGATCTATTATA 13259
Lama      ATAGACTACTTCTCAATAATATTTGTACCAATTCGACTATTTGTAACCTGATCTATCGTA 12056
Camelus   ATAGATTACTTCTCAATAATATTTGTACCAATTCGACTATTTGTAACCTGATCTATCGTA 12052
bactrianus ATAGATTACTTCTCAATAATATTTGTACCAATTCGACTATTTGTAACCTGATCTATCGTA 12057
***** * : * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      GAATTCTCAATATGATACATGCACTCAGACCCCAACATTAACCAGTTTTTCAAGTACTTA 12117
yak       GAATTCTCAATATGATACATGCACTCAGACCCCAACATTAACCAGTTTTTCAAGTACTTA 13002
goat      GAATTCTCAATGTGATACATGCACTCAGACCCCAACATTAACCAGTTTTTCAAGTACTTA 13319
Lama      GAATTCTCAATATGATATATGCACTCAGACCCCAACATTAACCAGTTTTTCAAGTACTTA 12116
Camelus   GAATTTTCAATGTGATATATGCACTCAGACCCCAACATTAACCAGTTTTTCAAGTACTTA 12112
bactrianus GAATTTTCAATGTGATATATGCACTCAGACCCCAACATTAACCAGTTTTTCAAGTACTTA 12117
***** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      CTCCTATTTCTCATTACAATACTTATTCTTGTCACTGCAAAACAACCTCTTTCAACTTTTC 12177
yak       CTCCTATTTCTCATTACAATACTTATTCTTGTCACTGCAAAACAACCTCTTTCAACTTTTC 13062
goat      CTCCTATTTCTCATTACAATACTTATTCTTGTCACTGCAAAACAACCTCTTTCAACTTTTC 13379
Lama      CTTCTATTTCTCATTACAATACTTATTCTTGTCACTGCAAAACAACCTCTTTCAACTTTTC 12176
Camelus   CTCCTATTTCTCATTACAATACTTATTCTTGTCACTGCAAAACAACCTCTTTCAACTTTTC 12172
bactrianus CTCCTATTTCTCATTACAATACTTATTCTTGTCACTGCAAAACAACCTCTTTCAACTTTTC 12177
** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      ATTGGCTGAGAAGGAGTTGGAATTATATCATTTCTACTGATCGGATGATGATATGGACGG 12237
yak       ATTGGCTGAGAAGGTGTGCGAATTATATCATTTCTACTCATCGGATGGTGGTACGGACGA 13122
goat      ATCGGCTGAGAAGGAGTGTGCGAATCATATCATTTCTACTGATCGGATGGTGGTACGGACGA 13439
Lama      ATTGGCTGAGAGGGAGTAGGGATCATGTCTTTCTTACTAATTGGGTGATGATATGGCCGA 12236
Camelus   ATTGGCTGAGAAGGGGTGGGAATTATATCCTTCTTATTGATCGGCTGATGATATGGCCGA 12232
bactrianus ATTGGTTGGGAGGGAGTAGGAATCATGTCTTTCTTATTGATTTGGCTGATGATACGGCCG 12237
** * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      ACAGACGCCAACACAGCAGCCTTACAAGCAATCCTATATAACCGCATTGGTGACATCGGA 12297
yak       GCAGACGCCAAATACAGCAGCTTACAAGCAGTTTTATATAACCGCATCGGCGACATTGGT 13182
goat      ACAGACGCCAAACACAGCAGCCTTACAAGCAGTTTTATATAACCGCATTGGGAGACATTGGG 13499
Lama      ACAGACGCCAAATACAGCAGCCTTACAAGCAATCCTGTATAACCGCATTGGGAGACATTGGA 12296
Camelus   GCAGACGCCAAATACAGCAGCCTTACAAGCAATCCTGTATAACCGCATTGGGAGACATTGGA 12292
bactrianus ACAGACGCCAAACACAGCAGCCTTACAAGCAATCCTGTATAACCGCATTGGGAGACATTGGA 12297
.*****.* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

Ovis      TTTATTCTAGCCATAGCATGATTTCTAATTAACCTCAACACCTGAGATCTCCAACAAATC 12357
yak       TTTATCCTAGCAATAGCATGATTTCTAACAACCTAAATACCTGAGATCTCCAACAGATC 13242
goat      TTTATCCTAACAATAGCATGATTTCTAATCAACCTTAACACTTGGATCTCCAACAAATC 13559
Lama      TTTGTAGCATCCATAGCATGATTTCTTCCAAACCTAAATACATGAGAAATACAACAAATC 12356
Camelus   TTCGTAGCATCCATAGCCTGATTTCTTCCAAACCTAAACACATGGGAACCTCCAACAGATT 12352
bactrianus TTCGTAGCATCCATAGCCTGATTTCTTCCAAACCTAAACACATGGGAACCTCCAACAGATT 12357
** . * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

```

Ovis TTTATACTAAATCCAAACGACTCAAACCTACCCCTAATAGGACTAATTCTAGCTGCAACC 12417  
yak TTCATACTAGACCCAAACAACCTCAAATACACCCCTTGATCGGACTAGTACTAGCTGCAACC 13302  
goat TTTATACTAAAGCCAGAAAACCTCAAACCTACCTCTGATAGGACTAACTCTAGCTGCGAGCT 13619  
Lama TTTATTCTCACACAAGACTGCCCCACCGCACCCCTAATGGGACTCCTCCTAGCCGAGCA 12416  
Camelus TTTGCTCTAACACAAAACCTGTCCCACCGCACCCCTTGATCGGCTTCTTCTAGCCGAGCC 12412  
bactrianus TTTGCCCTAACACAAAACCTGCCCCACCGCACCCCTTGATAGGCTTCTCCTGGCCGAGCC 12417  
\*\* . \*\*... \*.\*\*.\*. \*.\*\*.\* \*\* \*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis GGAAAATCCGCACAATTTGGCCTACATCCATGACTACCCCTCTGCAATAGAGGCCCAACA 12477  
yak GGAAAATCCGCCCAATTTGGCCTCCACCCATGACTTCCCTCTGCAATAGAAGGCCCAACT 13362  
goat GGAAAATCTGCGCAATTTGGCCTACACCCATGACTACCCCTCCGCAATAGAAGGCCCAACA 13679  
Lama GGAAAATCTGCCCAATTTGGCTTACACCCCTGACTACCCCTCTGCGATAGAAGGCCCAACT 12476  
Camelus GGAAAGTCCGCTCAATTTGGATTACACCCCTGGCTACCCCTCCGCAATAGAAGTCCAACA 12472  
bactrianus GGAAAGTCCGCTCAATTTGGACTACACCCCTGGCTACCCCTCCGCAATAGAAGTCCCTACA 12477  
\*\*\*\*\*. \*\* \*\* \*\*\*\*\*. \*.\*\* \*\* \*\*.\*\*\*.\*\*\*.\* \*\*.\*\*\*.\* \*\* \*\* \*\*.\*

Ovis CCCGTCTCAGCACTACTCCACTCAAGCACAATAGTAGTAGCAGGCATCTTCTACTAATC 12537  
yak CCCGTCTCAGCACTACTTCAATCAAGCACAATGGTAGTAGCAGGTATTTTCTACTAATC 13422  
goat CCCGTTTTCAGCATTACTCCACTCAAGTACAATAGTAGTAGCAGGCATTTTCTACTAATC 13739  
Lama CCCGTCTCCGCCCTACTACACTCAAGTACAATAGTCGTAGCAGGGGTATTCTACTCATC 12536  
Camelus CCTGTATCCGCCCTACTTCACTCAAGCACAATAGTCGTAGCAGGAGTGTCTTACTTATC 12532  
bactrianus CCCGTATCCGCCCTACTGCACTCAAGCACAATAGTCGTAGCAGGAGTATTCTTACTTATC 12537  
\*\* \*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CGCTTTTATCCACTAACAGAAAACAATAAATTTGCCCAATCAATCATATTATGTCTAGGG 12597  
yak CGCTTTTACCCTCACAGAAAATAATAAACACATTCAATCTATTACATTATGTCTAGGA 13482  
goat CGCTTTTATCCACTAACAGAAAATAACAATTTGCCCAATCTATTATACTATGCCTAGGA 13799  
Lama CGATTTTACCCTGATAGAAAACAACAAGACCCGCCAGACACTTACGCTATGTTTAGGC 12596  
Camelus CGATTTTATCCCTAATAGAAAACAACAATAATAGCTCAAACCCCTAACACTATGCTTGGGC 12592  
bactrianus CGATTTTATCCCTAATAGAAAACAACAACAAGCTCAAACCTTAACTCTATGCTTGGGC 12597  
\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis GCTATAACCACATTATTCACAGCAATATGCGCCCTCACCCAAAATGATATCAAAAAAATT 12657  
yak GCCATTACCACATTATTCACAGCGATATGCGCTCTCACCCAAAATGACATTAAGAAAATC 13542  
goat GCCATTACTACACTATTTACAGCAATATGTGCTCTTACCCAAAATGACATTAAAAAAATC 13859  
Lama GCAATACCACCCATTTTACAGCAATCTGCGCCCTAACTCAAATGATATCAAAAAAATT 12656  
Camelus GCAATTACCACATTGTTTACAGCCCTTTGCGCCTTAAACACAAAACGATATCAAAAAAATT 12652  
bactrianus GCAATTACTACATTGTTTACAGCCCTTTGCGCCTTAAACACAAAACGATATCAAAAAAATT 12657  
\*\* \*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis ATCGCTTTCTCTACATCCAGCCAACCTCGGCCTCATAATAGTAACAATCGGAATTAATCAA 12717  
yak ATCGCCTTCTCCACATCTAGTCAACTGGGCCTTATAATGGTAACAATTGGCATTAAACCAA 13602  
goat GTCGCCTTCTCCACATCCAGTCAACTTGGCCTTATAATAGTAACAATCGGAATTAACCAA 13919  
Lama GTAGCCTTCTCCACCTCAAGCCAACCTAGGCTTATAATAGTAACAATCGGATTAACCAA 12716  
Camelus GTAGCCTTCTCCACTTCAAGCCAGCTAGGCCTCATAATAGTAACAATCGGATTAACCAA 12712  
bactrianus GTAGCCTTTTCTACTTCAAGCCAGCTGGGCCTTATAATAGTAACAATCGGATTAACCAA 12717  
\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CCCACCTAGCATTCTTCCACATCTGCACCCATGCCTTCTTCAAAGCCATATTATTTATA 12777  
yak CCCTACCTAGCATTCTTCCACATCTGCACCCACGCCTTTTCAAAGCTATACTATTTATA 13662  
goat CCCTACCTAGCATTCTTCCACATCTGCACCCATGCCTTCTTCAAAGCCATGCTATTATA 13979  
Lama CCTCACCTTGCAATTTCTACATATCTGCACCCACGCCTTTCTTCAAAGCCATACTATTTATA 12776  
Camelus CCCCATTTGGCTTTTCTACACATCTGCACCCATGCCTTCTTCAAAGCCATGTTATTTATA 12772  
bactrianus CCTCACCTGGCCTTCTTCCACATCTGTACCCACGCCTTCTTCAAAGCTATATTATTTATA 12777  
\*\* \* \* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis TGCTCTGGCTCCATTATCCACAGCCTAAACGACGAGCAAGACATCCGAAAAATAGGAGGC 12837  
yak TGCTCCGGTTCTATAATTCACAGCCTAAACGACGAACAAGACATCCGAAAAATAGGAGGC 13722  
goat TGCTCCGGCTCTATTATCCACAACCTAAACGACGAACAAGACATCCGAAAAATGGGAGGC 14039  
Lama TGCTCAGGCTCTATCATCCACAGCCTAAACGACGAACAAGACATCCGAAAAATAGGAGGT 12836  
Camelus TGCTCAGGCTCCATTATTCACAGCCTAAACGATGAACAAGACATCCGAAAAATAGGAGGC 12832  
bactrianus TGCTCGGGCTCTATCATTCCACAGCCTAAACGATGAGCAAGATATCCGAAAAATAGGAGGC 12837  
\*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CTATTTAAAGCAATGCCATTTACCACAACAGCCCTCATTATTGGCAGCCTTGCACTAACA 12897  
yak CTATTTAAAGCCATACCATTCACTACAACAGCCCTCATTGTTGGCAGTCTCGCACTAACA 13782  
goat CTATTTAAAGCAATACCATTCAACACAACAGCCCTCATTATTGGCAGCCTTGCACTAACA 14099  
Lama CTTTACAAGACAATACCCTTTACCACAACAGCTCTTATCATCGGAAGCCTAGCCCTGACT 12896  
Camelus CTCTTCAAGACTATACCCTTTACTACCACAGCTCTTATCATTTGGGAGCCTAGCCCTAACT 12892  
bactrianus CTCTTCAAGACTATGCCCTTTACTACCACAGCCCTTATTGTTGGGAGCCTAGCCCTAACC 12897  
\*\* \*: \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*



Ovis GGAATACCCTTTCTCACC GGATTTCTACTCCAAAGACCTGATTATTGAATCCGCTAATACG 12957  
yak GGAGTACCCTTCCCTCACAGGATTTTACTCCAAAGACCTAATCATCGAAGCCGCCAACACG 13842  
goat GGAATACCCTTTCTCACC GGATTTCTACTCCAAAGACTTAATCATTGAATCCGCCAACACG 14159  
Lama GGAATCCCCCTTTCTCACC GGATTTCTACTCCAAAGACATAATTATTGAAACTGCCAATACG 12956  
Camelus GGAATCCCCCTTTCTTACTGGGTTCTACTCTAAAGATACAATTATTGAAGCTGCCAACACG 12952  
bactrianus GGAATCCCCCTTCCCTTACAGGATTTCTACTCTAAAGACATAATCATTGAAACTGCCAACACG 12957  
\*\*\*.\*.\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* .\*\* \*\* \*\* \*\* .\*\* \*\* \*\* \*\* .\*\* \*\* \*\* \*\* .\*\* \*\* \*\*

Ovis TCTTATACCAACGCCTGAGCCCTTTTAATAACATTAGTCGCCACCTCCTTCACAGCCATC 13017  
yak TCTTATACCAACGCCTGAGCCCTTTTAATAACATTAAATCGCCACCTCCTTCACAGCCATT 13902  
goat TCGTATACCAACGCCTGAGCCCTCTTAATAACATTAAATCGCCACCTCCTTTACAGCTGTC 14219  
Lama TCATATACCAACGCCTGAGCCCTCTTTATTACTTTAGTCGCTACATCCCTCACAGCCATT 13016  
Camelus TCATATACCAACGCCTGAGCCCTCTTACCCTCTGGTTCGCTACATCCCTCACAGCTGTC 13012  
bactrianus TCATATACCAACGCCTGAGCCCTCTTACTTCTAATCGCTACATCCCTCACAGCTGTT 13017  
\*\* \*\* \*\*\*\*\* \*\* \* \*\*: \*.\*\*\*\*\* \*\* .\*\* \* \*\*\*\*\* \*

Ovis TACAGCACTCGCATTATCTTTTTTGCCTCCTAGGACAACCCCGATTTCCAACCTCATT 13077  
yak TATAGCACCGTATCATCTTCTTCGCACTCCTAGGACAACCCCGATTTTCTACCTAATT 13962  
goat TACAGTACTCGAATTATCTTCTTCGCACTCCTAGGACAGCCCGATTTCCAACCTCCTCATC 14279  
Lama TACAGCACACGCATCATCTTCTATACCCTCCTAAACCAACCTCGCTTCCCCCCTAATC 13076  
Camelus TACAGTACGCGCATTATTTTCTACGCTCCTCAAATCAACCTCGTTTCCCCCCTAAT 13072  
bactrianus TACAGCACACGCATTATTTTCTACGCCCTCCTAAATCAACCTCGTTTTCCCCCCTAAT 13077  
\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* : . \* \*\*\*\*\* . \*\* .\*\* \*\* \*\* \* . \* \*\*

Ovis AATATCAATGAAAATAACCCGTTCCCTAATTAATCAATCAAACGCTTACTAATTGGAAGC 13137  
yak AACATCAACGAAAACAACCCCTCCTAATCAACTCTATCAAACGCTTGCTAATCGGAAGC 14022  
goat AACATTAATGAAAACAACCCGTTCCCTAATTAATCAATCAAACGCTTACTAATCGGAAGT 14339  
Lama TTAATTAACGAGAACAACCCCTCCTCATCAACTCCATTAACGCTTCTTATCGGAAGC 13136  
Camelus ATAATTAACGAAAACAACCCCTCCTTATTAATCAACTCCATCAAACGACTCCTTGTCGGAAGC 13132  
bactrianus TTAATTAACGAAAACAACCCCTCCTTATTAATCAACTCCATCAAACGCTCCTTGTCGGAAGC 13137  
: : \*\* \*\* \* . \*\* \*\*\*\*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \*\* \* \*\* : . \* \*\*\*\*\*

Ovis CTATTTGCGAGGTTTATTATCTCTAATAACATCCCTCCAATAACAATCCCCCAAATAACC 13197  
yak CTCTTTCGAGGTTATATTATCTCCAACAACATCCCCCAACAACAGTCCCCCAAATAACT 14082  
goat CTCTTTCGAGGATTTTTTCATCTCCAACAATATCCCCCAATAACAATCCCCCAAATCACT 14399  
Lama ATCTTTCGCGGATTTTTTATCTCTACAACATCCCCCTATAACAGTCCCTCAAATAACA 13196  
Camelus ATCTTTCGCGGATTTCTTCTTCTATAATATCCCCCTATAACACTCCCCCAAATAACA 13192  
bactrianus ATCTTTCGCGGATTTCTTCTTCTACAACATCCCCCTATAACACTCCCCCAAATAACA 13197  
.\*.\*\* \*\* .\*\* . : \* \*\* \*\* : \* \*\* \*\* \*\* \*\* \* : \* \*\* \*\* \*\* \* \*\* .\*\*

Ovis ATGCCCCACTATCTAAAAATAACTGCCTTAACAGTACAATCCTAGGCTTTATTTAGCA 13257  
yak ATACCCTACTATCTAAAAACAACAGCCCTAATCGTTACAATCCTAGGCTTCACCTTAGCC 14142  
goat ATACCCTACTATCTAAAAATAACCGCCCTAGCAGTTACAATCCTAGGCTTTATTTAGCA 14459  
Lama ATGCCATCACACCTAAAACCTGCGGCCCTCTTAGTCACAATCTAGGCTTTATCTGGCA 13256  
Camelus ATACCCTCCACCTAAAACCTTACTGCCCTTACAGTGACAATCTAGGATTCATACTAGCC 13252  
bactrianus ATACCCTCCACCTAAAACCTTACCGCCCTTGCGAGTAACAATCTAGGTTTATATTAGCC 13257  
\*\*.\*. . \* \*\*\*\*\* . : \* \*\* \* . \*\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*\* \* .\*\*.

Ovis CTAGAAATCAGCAACACAACCCACTACCTAAAAATTAATTATCCATCAAACACATTCAA 13317  
yak CTAGAAATTAGCAACATAACTAAAAACCTAAAAATTTCACTACCCCTCAAACGCCTCAA 14202  
goat CTAGAAACCGTAACATAACTCACCACCTGAAATTAACACTACTCATCAAACATATTCAA 14519  
Lama ATAGAAATCAACACCATAACAAAAATCTAAAAATTTACTCAGCCCTCAAATCATTCAA 13316  
Camelus ATAGAGATTAATACCATGACCCAAAACCTAAAACCTTACCCGGCCCTCAAACCGTTTAA 13312  
bactrianus ATAGAAATTAATACCATGACCCAAAACCTAAAACACACCCGACCCTCAAACACATTAA 13317  
.\*\*\*\*\* \* . \* .\*\* .\*\* . \* . \* \*\* .\*\* : . . \* .\*\*\*\*\* . \*\* \*\*

Ovis TTCTCTAACCTATTAGGATATTATCTTACAATTTATACACCGCTGACCCCTATATAAC 13377  
yak TTCTCCACCTTGCTAGGATACTTCCCTACAATTTATACATCGCTAGCTCCATACATAAA 14262  
goat TTCTCCAACCTACTAGGATATTATCCCAATCATAACCGCTTAACCCCTACATAAA 14579  
Lama TTCTCCAACCTTCTAGGCTTCTTCCCTATTATTTATACACCGCTTAGTACCCTACTTAA 13376  
Camelus TTCTCCAACCTATTAGGCTTCTTCCCTATTATACACCGCTTAGTCCCTACTTAA 13372  
bactrianus TTCTCCAACCTATTAGGCTTCTTCCCTATTATACACCGCTTAGTCCCTACTTAA 13377  
\*\*\*\*\* \* . \* \*\*\*\*\* . : \* \*\* \* : \*\* \*\*\*\*\* \*\* \* . \*\* .\*\* \*\*

Ovis CTAACAATAAGCCAAAATCAGCATCCTCTCTCTAGATCTAATCTGACTAGAACTATT 13437  
yak CTATCAATAAGCCAAAATCAGCATCCTCCTCTCTAGACCTAATCTGACTAGAGCCATT 14322  
goat TTAACAATAAGCCAAAATCAGCATCCTCTCTCTAGATCTAATCTGACTAGAACTATT 14639  
Lama CTACTAATAAGCCAAAATCAGCGTCTGTGTGCTAGATTAGTCTGACTGGAGGCCGCT 13436  
Camelus CTACTTACAAGCCAAAATCGGCATCCATGTTACTAGACCTACTCTGATTAGAGGCTGCC 13432  
bactrianus CTACTTATAAGCCAAAATCGGCATCCATGTTACTAGACCTACTTTGACTGGAGGCCGCC 13437  
\*\* : \* \*\* \*\*\*\*\* .\*\* .\*\* \* \*\*\*\*\* \*\* \* \*\* \* .\*\* .\*\*



Ovis CACTTACAATTAACCCCAACCCCCATAAATAGGTGAAGGTTTTGAAGAAAACCCACAA 14037  
yak CACTCACAATTAACCCCAACCCCCATAAATAGGTGAAGGTTTCGAAGAAAACCCCTACGA 14922  
goat CACTCACAATTAACCCCTAACCCCCATAAATAGGCGAGGGTTTTGAAGAAAACCCACAA 15239  
Lama CACTCACAATTAACCCCTAACCCACCATAAATCGGAGAGGGCTTAGAAGAAAACCTAATAA 14036  
Camelus CACTTACAATCAGTCCCAGTCCACCGTAAATAGGAGAAGGCTTAGAAGAAAAGCTAATAA 14032  
bactrianus CACTTACGATAGCCCAATCCCCATAAATAGGAGAAGGCTTAGAAGAAAACCTAATAA 14037  
\*\*\*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis AACCTATCACAAAAATAACACTTAAGATAAACACAATGTATGTCATCAT-CATTCTCACA 14096  
yak AACCAATCACAAAAGATAACACTTAAAATAAATACAATGTATAGTATCAT-TATTCTTACA 14981  
goat AACCTATTACAAAAGATAACGCTTAAAATAAATACAATATATATATCAT-TATTCTCACA 15298  
Lama ACCCAATTACAAAATATAATACTCAAAAATAAATACAATGTACGTCATCATATATTCCTACA 14096  
Camelus AGCCAATTACAAAATAATACTTAAAATAAACACAACATACGTCATCATCCATTCCTACA 14092  
bactrianus AACCAATAACGAAAATAATACTTAAAATAAACACAGCGTACGTCATCATATATTCCTACA 14097  
\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis TGAATCTAACCATGACCAATGATATGAAAAACCATCGTTGTCATTCAACTATAAGAACA 14156  
yak TGAATCTAACCATGACCAATGATATGAAAAACCATCGTTGTCATTCAACTACAAGAACA 15041  
goat TGAATCTAACCATGACCAATGATATGAAAAACCATCGTTGTTATTCAACTACAAGAACA 15358  
Lama TGGACTCTAACCGACTAATGACATGAAAAATCATCGTTGTAATTCAACTATAAGAACC 14156  
Camelus TGGACTCAAACCATGACCAATGACATGAAAAATCATCGTTGTTAGTTCAACTATAAGAACC 14152  
bactrianus TGGACTCAAACCATGACCAATGACATGAAAAATCATCGTTGTTAGTTCAACTATAAGAACC 14157  
\*\*\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CTAATGATCAACATCCGAAAAACCCACCCACTAATAAAAAATTGTAAACAACGCATTTCATT 14216  
yak CTAATGACTAATATTCGAAAAATCCCATCCACTAATAAAAAATTGTAAATAACGCATTTCATT 15101  
goat CTAATGACCAACATCCGAAAGACCCACCCATTAATAAAAAATTGTAAACAACGCATTTATT 15418  
Lama TTAATGACCAATATCCGAAAGTCCACCCACTACTAAAAATTGTCAATAACGCATTTATT 14216  
Camelus CCAATGACAAACATCCGAAAAATCACACCCACTTCTAAAAATTATAAACGACGCATTTCATT 14212  
bactrianus CCAATGACAAACATCCGAAAAATCACACCCACTTTTAAAAATTATAAATGACGCGTTTCATT 14217  
\*\*\*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis GATCTCCCAGCTCCATCAAATATTTTCATCATGATGAAACTTTGGCTCTCTCCTAGGCATT 14276  
yak GACCTTCCAGCTCCATCAAACATTTTCATCATGGTGAACCTTCGGCTCCCTCCTAGGAGTA 15161  
goat GACCTCCCAACCCCATCAAACATCTCATCATGATGAAACTTTGGATCCCTCCTAGGAATT 15478  
Lama GATCTTCCAGCCCCTTCTAACATCTCATCATGATGAAACTTCGGCTCCCTCCTAGGAATC 14276  
Camelus GACCTTCCAGCCCCTCCAATATTTTCATCATGATGAAACTTCGGCTCTCTACTAGGAGTT 14272  
bactrianus GACCTTCCAGCCCCTCCAATATCTCATCATGATGAAATTTTGGCTCTCTACTAGGAGTC 14277  
\*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis TGCTTAATTTTACAGATTCTAACAGGCCTATTCTAGCAATACACTATACACCTGACACA 14336  
yak TGCTTAATCCTACAAATCCTCACAGGCCTATTCTAGCAATACACTACACATCCGATACA 15221  
goat TGCTTAATCTTACAAATCCTGACAGGCCTATTCTAGCAATACACTATACATCCGACACA 15538  
Lama TGCTTGATTATGCAAATCATGACAGGACTATTCTAGCAATACATTATACATCAGACACA 14336  
Camelus TGCTTAATTTACAAATCCTGACAGGACTATTCTAGCAATACATTATACATCCGACACA 14332  
bactrianus TGCTTGATTATGCAAATCCTAACAGGCCTATTCTAGCAATGCATTACACATCCGACACA 14337  
\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis ACAACAGCATTCTCCTCTGTAACCCACATTTGCCGAGACGTAACCTATGGCTGAATTATC 14396  
yak ACAACAGCATTCTCCTCCGTTGCCATATCTGCCGAGACGTAACCTACGGCTGAATTATC 15281  
goat ATAACAGCATTCTCCTCTGTAACCTCACATTTGTCGAGATGTAATTTATGGCTGAATCATT 15598  
Lama ACAACAGCCTTCTCTTTCAGTCGCACACATCTGCCGAGACGTAATTTACGGCTGAATTATT 14396  
Camelus ACAACAGCCTTCTCTTTCAGTCGCACACATCTGCCGAGATGTTAACTACGGCTGAATCATT 14392  
bactrianus ACAACAGCCTTTTTTTCAGTCGCACACATCTGCCGAGATGTCAATTACGGCTGAATTATT 14397  
\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CGATATATACAGCAAACGGGGCATCAATATTTTTTATCTGCCTATTTATGCATGTAGGA 14456  
yak CGATATATACAGCAAACGGAGCTTCAATATTTTATCTGCCTATATATACAGCTAGGA 15341  
goat CGATACATACAGCAAACGGAGCATCAATATTTTATCTGCCTATTCATACATATCGGA 15658  
Lama CGTTATCTACAGCCAATGGTGCCTCCATATTTCTCATCTGCTTGTATATCCACGTAGGT 14456  
Camelus CGATATTTACATGCTAACGGAGCTTCCATATTTCTCATTTGCTTATATATTCACGTGGGT 14452  
bactrianus CGATACCTACATGCCAACGGAGCTTCCATGTTCTTTCATTTGCTTGTATATTCACGTAGGT 14457  
\*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*

Ovis CGAGGCCTATACTATGGATCATATACCTTCTTAGAAACATGAAACATCGGAGTAACTCCTC 14516  
yak CGGGGCCTATATTACGGGCTTACACCTTCTTAGAAACATGAAATATTGGAGTAACTCCTC 15401  
goat CGAGGCTTATATTATGGATCATATACCTTCTTAGAAACATGAAACATCGGAGTAACTCCTC 15718  
Lama CGTGGGCTTACTACGGCTCCTACGCCTTCTTAGAAACATGAAATATTGGAATTATCCTC 14516  
Camelus CGCGGGCTTTATTACGGCTCGTATACCTTTTCAGAAACCTGAAACGTTGGAATTGTTTTA 14512  
bactrianus CGTGGGCTTTATTACGGCTCATATACCTTTTTAGAAACCTGAAACGTTGGAATTATTTTA 14517  
\*\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\* \*\*.\*



```

Ovis          GTCTAGTAATTATACCCCTCCTCCATACATCAAAGGCAACGAGCATAATATTCCGACCA 15116
yak           ATCCTTGCTCTTATTCCCTACTGCACACTTCCAAACAACGAAGCATAATCTTCCGACCA 16001
goat          ATCTTAGTACTTGTACCCCTTCTCCACACATCTAAACAACGAAGCATAATATTCCGCCCA 16318
Lama          ATTCTAGCACTCATCCCCTTACTACACACATCAAACAACGAAGCATGATATTCCGCCCT 15116
Camelus       ATCCTAGCATTATCCCCGACTACACACATCAAACAACGAAGCATAACATTCCGTCCC 15112
bactrianus   ATCCTAGCACTTATCCCCATACTGCACACATCAAACAACGAAGCATAATATTCCGTCT 15117
.* *:* : * .* *** .* ** *:* ** *. .*. .*****.* .***** **

Ovis          ATCAGTCAATGTATATTCTGAATCCTAGTAGCCGACCTATTAACACTCACATGAATTGGA 15176
yak           CTCAGCCAATGCCTATTCTGAACTCTAATAGCAGACCTACTAACACTCACATGAATCGGA 16061
goat          ATCAGCCAATGCATATTCTGAATCCTGGTAGCAGATCTATTAACACTCACATGAATTGGA 16378
Lama          ATTAGCCAGTGCCTGTTCTGAACTCTAGTTGCCGACTTACTAACTTTAACCTGAATTGGA 15176
Camelus       ATTAGTCAATGCCTGTTTTGAGTACTAGTAGCTGATCTACTAACCTGACATGAATTGGG 15172
bactrianus   ATTAGCCAATGCCTATTTTGTAGTGCTAGTAGCCGATCTACTAACCTAACATGAATCGGA 15177
.* ** **.* * .*** ***. **.*:* ** ** ** ** * **.****** **.

Ovis          GGCCAGCCAGTTGAACACCCCTACATCATTATTGGACAACACTAGCATCTATTATATATTTT 15236
yak           GGACAACCAGTCGAACACCCATACATTATCATTGGACAACACTAGCATCTATTATATACTTC 16121
goat          GGACAGCCAGTCGAACATCCCTACATTATTATTGGACAACACTAGCATCTATTATATATTTT 16438
Lama          GGACAGCCAGTCGAACCTCCATTATTATAAATTGGTCAAGTAGCATCTATCCTATACTTC 15236
Camelus       GGACAACCAGTAGAACCCCATTCATCATAAATTGGCCAAGTGGCATCTATCCTGTACTTC 15232
bactrianus   GGACAGCCGTTAGAACCCTCCGTTTCATCATAAATCGGCCAAGTGGCATCTATCCTGTACTTC 15237
**.***.*.* ** **.* *:* ** ** ** ** * ** ** *.****** .*. ** **

Ovis          CTTATCATTCTAGTCATAATACCAGTAGCTAGCATCATCGAAAAACCTCCTAAAATGA 15296
yak           CTTCTCATCCTAGTACTAATAACCAACAGCCGGCACAATTGAAAACAAACACTACTAAAATGA 16181
goat          CTCATCATTCTAGTAATAATACCAGCAGCTAGCACCATTGAAAACAAACCTTCTAAAATGA 16498
Lama          TCCCTAATCCTAATTTTAATGCCAGTAGCAGGAATCATTGAAAACCACATTTTAAAATGA 15296
Camelus       TCCCTAATCCTAATTTCTCATGCCCGTAGCAGGAATCATTGAAAACCGTATCCTAAAATGA 15292
bactrianus   TCCCTAATCCTGATTCTCATGCCTGTGGCAGGAATCATTGAAAACCGTATCCTAAAATGA 15297
.*** **.* *.***.* . **.*.* **.* *****. . * *****

Ovis          AGACAAGTCTTTGTAGTACAATCAATATACTGGTCTTGTAACCAGAGAAGGAGAACAAC 15356
yak           AGACAAGTCTTTGTAGTACATCTAATACACTGGTCTTGTAACCAGAAAAGGAGAACAAC 16241
goat          AGACAAGTCTTTGTAGTACAATCAATACACTGGTCTTGTAACCAGAAAAGGAGAATAGC 16558
Lama          AG---AGTCTTCGTAGTATATTGATTACACTGGTCTTGTAACCAGAAAAGGAGAATCG- 15352
Camelus       AG---AGTCTTTGTAGTATACTGATTACACTGGTCTTGTAACCAGAAAAGGAGGCCA- 15348
bactrianus   AG---AGTCTTTGTAGTATACTGATTACGCTGGTCTTGTAACCAGAAAAGGAGGCCA- 15353
** ***** ***** * *:* ** .***** ** .*.*****. . .

Ovis          CAACCTCCCCTAAGACTCAAGGAAGAAGCTATAGCCCCACTATCAACACCCAAAGCTGAAG 15416
yak           CAACCTCCCCTAAGACTCAAGGAAGAACTACAGTCTCACCGTCAACCCCAAAGCTGAAG 16301
goat          CAATCTCCCCTAAGACTCAAGGAAGAAGCCATAGCCCTCACTATCAGCACCCAAAGCTGAAA 16618
Lama          TACCCTCCCCTAAGACTCAGGGAAAGAGCCAAAGCCCTACCACCAGCACCCAAAGCTGGAA 15412
Camelus       CACCCTCCCCTAAGACTCAGGGGAGAGGCCAAAGCCCCACCACCAGCACCCAAAGCTGGAA 15408
bactrianus   CACTCTCCCCTAAGACTCAGGGAAAGAGGCCAAAGCCCCACCACCAGCACCCAAAGCTGGAA 15413
* .***** **.*.*** * ** * ** .**.******.

Ovis          TTCTACTTAACTATTCCCTGAATCATTATCAACGATACTTATCAATATATTTCCAAAAA 15476
yak           TTCTATTTAACTATTCCCTG----- 16322
goat          TTCTATTTAACTATTCCCTG----- 16639
Lama          TTCTTATTTAACTACCCCTGA----- 15434
Camelus       TTCTTATTTAACTACCCCTGA----- 15430
bactrianus   TTCTCATTTAACTACCCCTGA----- 15435
**** *****

```

**Контроль качества продукции по переходам в гребенном прядении.**

1 Наименование оборудования по технологическим переходам	2 Наименование параметра контроля	3 Метод контроля параметра	4 Нормативы или виды пороков по технологическим переходам	5 Документ, регламентирующий результаты проверки	6 Периодичность проверки	7 Ответственный
<b>Кардочесальный цех</b>						
	- качество прочеса чесальной ленты	- подсчет мушек в образцах ленты	в 1 г чесальной ленты допускается: нормальная и сорная шерсть - 24 шт, репейная шерсть - 28 шт.	Методика по определению прочеса (см. приложение)	2 раза в смену	
				Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)		
	- пороки чесальной ленты	- визуальный осмотр	Пороки в ленте: число мушек, превышающее норму, неравномерность, закатанные волокна, в прочесе много минерального и растительного сора, наличие жгутов в ленте.	См. приложение №1 «Гребования, предъявляемые к ленте»	При каждом обходе	
	- развес выходной ленты	- определение развеса на квадранте	$27 \text{ г/м} \pm 2$	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	

1	2	3	4	5	6	7
Ленточные машины SMC- 400 I-переход (после FOR)	- пороки чесальной ленты	- визуальный осмотр	Пороки в ленте: - неправильная присучка, - наматывание ленты на валы, - утонение в ленте, - утолщение в ленте, -большое кол-во мушки в ленте, - налеты в ленте, - пересечка в ленте, - обрывы ленты, -неправильная укладка ленты в газ.	См. приложение №1 «Требования, предъявляемые к ленте»	При каждом обходе	Контролер технологического процесса
Ленточные машины SMC- 400 II- переход	- развес выходной ленты	- определение развеса на квадрате	16 г/м ± 0,5	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	
	- развес выходной ленты	- определение развеса на квадрате	16 г/м ± 0,5	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	
	- качество прочеса ленты	- подсчет мушек в образцах ленты; - наличие пересечек в ленте	-визуально - скручиванием ленты 2 м отрезка	Методика по определению прочеса (см. приложение)	2 раз в смену	
	- качество прочеса ленты	- подсчет мушек в образцах ленты	в 1 г чесальной ленты допускается: нормальная и сорная шерсть- 24, репейная шерсть- 28.	Методика по определению прочеса (см. приложение)	2 раз в смену	
	- развес выходной ленты	- определение развеса на квадрате	25 г/м ±2	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	

1	2	3	4	5	6	7
Кардочесальная машина ТТС-12	- пороки чесальной ленты	- визуальный осмотр	Пороки в ленте: - число мушек, превышающее норму, - неравномерность, -закатанные волокна, - в прочесе много минерального и растительного сора, - наличие жгутов в ленте.	См. приложение №1 «Требования, предъявляемые к ленте»	При каждом обходе;	Контролер технологического процесса
Ленточные машины GN 1-переход	- развес выходной ленты	- определение развеса на квадрате	25г/м ±2	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	
	- развес выходной ленты	- определение развеса на квадрате	16 г/м ±0,5	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	
	- пороки чесальной ленты	- визуальный осмотр	Пороки в ленте: повышенная неровнота на коротких и средних участках (внутренняя неровнота), пересечка в ленте.	См. приложение №1 «Требования, предъявляемые к ленте»	При каждом обходе	
<b>Гребнечесальный цех</b>						
	- развес гребенной ленты	- определение развеса ленты на квадрате	24 г/м ±1	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	4 раза в смену	Контролер технологического процесса



1	2	3	4	5	6	7
Гребнечесальные машины т 1605 Textima	-количество бобин на шпулярнике	- внешний осмотр	Применяемое кол-во бобин: 18 шт - п/г, 17 шт-меринос.	См. приложение №1 «Гребования, предъявляемые к ленте»	По партиям	Контролер технологического процесса
	- маркировка	- внешний осмотр			При каждом обходе	
	- пороки гребенной ленты	- визуальный осмотр	Пороки в ленте: - непрочес, -неправильное формирование прочеса, - большое содержание мушек и засорений, - пересечка, - пропуски, - слеты в ленте.	См. приложение №1 «Гребования, предъявляемые к ленте»	При каждом обходе	
<b>Кришние</b>						
	- развес выходной ленты	- определение развеса ленты на квадрате	26 г/м ±1	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	2 раза в смену	Контролер технологического процесса
	- пороки гребенной ленты	- визуальный осмотр	Пороки в ленте: - повышенная неровнога ленты на коротких и средних участках (внутренняя неровнога), - пересечка, - повышенная линейная плотность, - пониженная линейная плотность; - вес 1 бамса (норма - 10кг)	См. приложение №1 «Гребования, предъявляемые к ленте»	Каждая новая партия, 2 раз в смену	

1	2	3	4	5	6	7
Крашение гребнечесальной ленты на аппаратах ОБЕМ \ТСР-400,200	- устойчивость к сухому трению - пороки крашения и беления	- проведение испытания - визуальный осмотр	Оценивается согласно шкале серых эталонов Пороки при крашении: -ослабление пряжи или ленты, -низкая степень белизны, - пожелтение при хранении вследствие недостаточного удаления примесей, -непрокрас, -разнооттеночность, -полосатость, -пятна и помарки.	Методика (ГОСТ 9733.27-83). См. приложение №1 «Требования, предъявляемые к ленте»	2 раза в смену 2 раза в смену	Контролер технологического процесса
	- температура сушки - температура моечных растворов - пороки после сушки ленты или пряжи	- замер термометром - замер термометром - органолеп - тически	75 -95 °С со скоростью прохождения лент 10-12 м/мин 40 - 50 °С - пересушивание или недосушивание ленты, - жесткость ленты или пряжи после промывке.	Нормы тех. Режима (выписка) Нормы тех. Режима (выписка)	По необходимости По необходимости При каждом обходе	
Секционное крашение	- пороки	- визуальный осмотр	- растеки, - непропечатанные места (срыв краски), - разнооттеночность.	См. приложение №1 «Требования, предъявляемые к ленте»	При каждом обходе	
<b>Гребнечесальный цех</b>						
Ленточные машины GN 5- 24	- развес выходной ленты	- определение развеса ленты на квадрате	24 г/м ±1	Методика (см. приложение)	2 раза в смену	Контролер технологического процесса

1	2	3	4	5	6	7
Ленточные машины GN 5-24	- состояние эмульсии	- визуальный осмотр	- выливаемость, - запах, цвет		При каждом обходе	Контролер технологического процесса
	- количество бобин на раскатной раме	- подсчет бобин согласно рекомендации см/м при заправке	Органолептическим методом		Каждая новая партия, при каждом обходе	
	- пороки гребенной ленты	- визуально	<p>Пороки в ленте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пересечки в ленте,</li> <li>- пропуски,</li> <li>- неправильная присучка</li> <li>- разнооттеночность,</li> <li>- слеты в ленте,</li> <li>- повышенная неровнога ленты на коротких и средних участках (внутренняя неровнога),</li> <li>- повышенная линейная плотность,</li> <li>- пониженная линейная плотность.</li> </ul>	См. приложение №1 «Требования, предъявляемые к ленте»		
<b>Прядильный цех (пряжа для ручного вязания)</b>						
Ленточные машины GN 5: меланжир I-переход, II-переход, III-переход	- развес выходной ленты	- определение развеса ленты на квадранте	24 г ± 0,5 19 г ± 0,5 10 г ± 0,5	Методика по определению линейной плотности ленты (см. приложение)	Несколько раз в смену	Контролер технологического процесса

1	2	3	4	5	6	7
Ленточные машины GN 5: меланжир I-переход, II-переход, III- переход	-наличие пороков в ленте	-визуально	<p>Пороки в ленте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенная неровнота на коротких и средних участках (внутренняя неровнота),</li> <li>- пересечка,</li> <li>- завышенные развесы,</li> <li>- низкие развесы.</li> </ul>	Перечень пороков (см. приложение)	партия	Контролер технологического процесса
	- качество намотки пряжи.	- визуально	<p>Пороки в намотке пряжи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- неправильная намотка нижнего конуса початка,</li> <li>- малая плотность намотки,</li> <li>- мягкая намотка,</li> <li>- намотка на ремешки, нажимные валики.</li> </ul>	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе	
				Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе. При смене артикула.	

1	2	3	4	5	6	7
Крутильно-тросстильные машины	- качество намотки	- внешний осмотр	Пороки в пряже: - пятна грязи и масла, - перетертость нити, - пушистость нити, - слабая и тугая намотка.	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе	Контролер технологического процесса
	- пороки пряжи	- визуально	Пороки в пряже: - пятна грязи и масла, - перетертая пряжа, - двойники, тройники, - узелки, - пропуск одной из, отращиваемых нитей, - пушистость нити, - недокрученность пряжи, - перекрученность пряжа, - неправильное сложение нитей.	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе.	
	- проверка температуры запаривания	-замер термометром	90° для ч/ш 80-85° для п/ш	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе.	
	- пороки пряжи	- внешний осмотр	Пряжу считают неравновесной, если в свободно висящей петле ее длиной 0,5 м образуется более 4-6 витков сукрутин: - большая неравновесность нити, - разнооттеночность в разных слоях паковки, между паковками - местные изменения окраски нити, - уменьшение прочности и удлинения.	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе.	

1	2	3	4	5	6	7
Куфтомотальный автомат	- качество намотки пряжи	- внешний осмотр	Согласно образцу - эталону, каждого ассортимента	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе.	Контролер технологического процесса
	- маркировка	- визуально	Согласно образцу - эталону, каждого ассортимента			
	- пороки пряжи	- визуально	Пороки в пряже и ее намотке: - вид мотка, несоответствующий образцу - эталону, - слабая или тугая намотка, - неправильная намотка, - несоответствие по весу в мотках или всей упаковки, - узлы, образующиеся в процессе перемотки.	Перечень пороков (см. приложение)	При каждом обходе.	



Акционерное общество  
**Троицкая**  
 камвольная фабрика  
 основана в 1797 году

392024, Тамбовская обл., г. Тамбов, бульвар Строителей, дом № 4, литер Ш, помещение 5  
 Тел./факс (495) 841-59-54, 841-55-71. E-mail: info@troitskwool.com, tkf@troitskwool.com. www.troitskwool.com  
 ОКПО 00322092, ОГРН 1025006038342, ИНН/КПП 5046005770/682901001

12.04.2021 № Д/К

Акт о внедрении  
 результатов диссертационной работы  
 Сичевого Дмитрия Владимировича

АО «Троицкая камвольная фабрика» в данном акте подтверждает внедрение в своей деятельности методик, предложенных в диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата технических наук Сичевого Дмитрия Владимировича. В работе «Разработка метода идентификации волокон шерсти для оптимизации технологии камвольного прядения» предложены эффективные методы идентификации волокон шерсти, позволившие нашему предприятию более точно определять показатели качества входящего сырья и полуфабрикатов.

Благодаря использованию данных методов при входном контроле, мы имеем возможность предварительной оптимизации технологических параметров, что в значительной мере ускоряет производственный процесс.



Генеральный директор

Колесников А.В.



Общество с ограниченной ответственностью  
**«Русская шерстяная компания»**

ИНН 7733829225 КПП 775101001, Юр. адрес: РФ 108825, Москва, Щаповское поселение, д. Овечкино  
к/с 30101810400000000225, БИК 044525225, ОГРН 1137746041663  
E-mail: [rusc@borwool.ru](mailto:rusc@borwool.ru)

г. Москва

«12» апреля 2021 г.

Акт о внедрении  
результатов диссертационной работы  
Сичегого Дмитрия Владимировича

ООО «Русская шерстяная компания» в данном акте подтверждает внедрение в своей деятельности методик, предложенных в диссертационной работе Сичегого Дмитрия Владимировича на соискание ученой степени кандидата технических наук. В работе «Разработка метода идентификации волокон шерсти для оптимизации технологии камвольного прядения» предложены методы идентификации волокон шерсти, позволившие нашей организации выбирать более качественное сырье для производства гребенной ленты.

На основе выводов, полученных в диссертационной работе, было принято решение о внедрении разработанных методик идентификации в производственный процесс для обеспечения выпуска более качественной продукции.



Генеральный директор

Топников А.Н.