

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ШКУРОК ХОРЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОДУКТОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ*

Ф.И. ВАСИЛЕВИЧ¹, А.И. САПОЖНИКОВА¹, А.С. ОКУТИН¹,
И.М. ГОРДИЕНКО¹, З.С. РУЧКИНА², В.Н. БОРДАЧЁВ²

Отходы основного производства продуктов животного происхождения — один из факторов негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, но в то же время это источник ценных биологически активных веществ, которые могут быть использованы. Нами разработана схема комплексного применения биологически активных продуктов рециклинга — коллагена и кератина, полученных по оригинальным запатентованным технологиям из возвратных отходов кожевенной и текстильной промышленности, в сочетании с мелатонином (оригинальный модифицированный препарат) для использования при разведении хорей. Предложенный препарат Мелаколл представляет собой стабилизированный комплекс мелатонина и коллагена. Мелаколл обладает пролонгированным (до 4 мес) действием и относится к 4-му классу токсичности. Показатели качества кератинсодержащей субстанции (доля кератина более 95 %) позволяют использовать ее как белковую добавку в корм. При сочетанном применении Мелаколла и кератина наблюдается равномерный, статистически достоверный прирост живой массы зверей на протяжении 4 мес (исходная — 0,59 кг, конечная — 2,63±0,13 кг, по месяцам $t_{\text{факт.}}$ соответственно 16,59; 5,16; 2,29 и 2,58 при $t_{\text{табл.}}$ 2,14), превышающий показатели, полученные при использовании как малых, так и больших доз кератина (конечная масса — соответственно 2,53±0,05 и 2,54±0,11 кг). На 5-й мес этот показатель снижался, что указывало на завершение развития животных и достижение ими убойной массы на 1 мес раньше стандартных сроков убоя. Повышение концентрации имплантируемого Мелаколла способствовало увеличению размера шкурок (V группа — 1023±30 см², VII — 861±30). Применение Мелаколла и кератина в производственном опыте позволило достоверно ($t_{\text{факт.}}$ 2,89 > $t_{\text{табл.}}$ 2,14) увеличить площадь шкурок по сравнению с контролем на 12 %. Количество прижизненных дефектов (в частности, битость ости) на шкурках хорей, которым имплантировали Мелаколл, наибольшее (37,5 %), у получавших кератин в качестве белковой добавки — наименьшее (12,5 %) за счет обогащения стандартного рациона серосодержащими аминокислотами, отвечающих за прочностные характеристики волоса. Комплексное использование кератина и Мелаколла достоверно повышало густоту волос на шкурках хорей на 16 % по сравнению с контролем ($t_{\text{факт.}}$ 3,1 > $t_{\text{табл.}}$ 2,77; $P > 0,05$), при этом сам Мелаколл не оказывал выраженного влияния на густоту волосяного покрова (при сравнении контроля и I, II, III, V, VI опытных групп $t_{\text{табл.}}$ соответственно 0,04; 0,05; 0,07; 0,09; 0,01 < $t_{\text{табл.}}$ 2,77). Оптимальное количество предлагаемой кератинсодержащей добавки к рациону при выращивании убойного молодняка хорей — 0,6 % от массы корма, Мелаколла — 1 мл субстанции в концентрации 6 мг/мл при имплантировании инъекцией.

Ключевые слова: пушное звероводство, выращивание убойного молодняка хорей, отходы сырья животного происхождения, рециклинг, кератин, коллаген, мелатонин, качество шкурок.

«Зеленая экономика» предполагает охрану окружающей среды, развитие экологически безопасных производств и расширение ресурсных возможностей на основе инновационных безотходных технологий переработки сырья с максимальным сохранением баланса ценных компонентов в полученных продуктах (1). Вторичное сырье животного происхождения — это, с одной стороны, довольно мощный фактор негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, с другой — источник ценных биологически активных веществ, которые могут быть использованы при создании препаратов различных форм и назначений (2-5). Из отходов переработки шерсти и пера можно получать кератин — уникальный по составу и свойствам белок, содержащий серу (6, 7), из недубленых отходов кожевенного производства — коллаген (8, 9), из отходов мясоперерабатывающей промышленности — гормон гипофиза мелатонин. Эти продукты используются в фармацевтической и косметической промышленности (10-

* Исследование проведено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 14.607.21.0161.

13). Препараты кератина применяются для лечения некоторых болезней волос человека (14), служат основой перевязочных материалов с лечебным эффектом (15), изучаются в связи с применением в других областях биологии и медицины (16-19). В России исследовано применение кератина, полученного при ферментативном гидролизе, как кормовой добавки для пушных зверей (20). Зарубежные исследования мелатонина, в том числе его пролонгированных лекарственных форм, в основном связаны с применением в медицине (влияние на биоритмы, лечение расстройств сна) (21, 22). В России разработаны препараты мелатонина пролонгированного действия (патенты РФ №№ 2040897, 2096044, 2122787), которые массово используются зверохозяйствами для обеспечения ускоренного созревания волосяного покрова шкурок.

Сферы применения продуктов переработки вторичного белоксодержащего сырья могут расширяться. Например, в звероводстве остается актуальным поиск препаратов, способных положительно повлиять на качество пушно-мехового сырья и полуфабриката. Наиболее привлекательны рецептуры на основе природных субстратов, сочетающие биологическую активность с относительно низкой себестоимостью.

Мы предложили схему комплексного применения биологически активных продуктов рециклинга — коллагена и кератина, полученных по оригинальным запатентованным технологиям из возвратных отходов кожевенной и текстильной промышленности, в сочетании с мелатонином (оригинальный модифицированный препарат) и показали, что их использование в системе выращивания пушных зверей улучшает общее состояние животных и качественные показатели полученных шкурок.

Цель представленной работы — оценить эффект от применения препаратов на основе продуктов переработки вторичных белоксодержащих отходов на состояние волосяного покрова и шкурок у убойного молодняка хоря.

Методика. Коллаген выделяли из гольевой спилковой обрезки — возвратного отхода, не используемого в основном кожевенном производстве согласно описанию (патент РФ № 2129805). Солюбилизированный кератин экстрагировали из очеса тонкой овечьей шерсти (возвратный отход при переработке шерсти в текстильной промышленности) чередованием щелочных и кислотных обработок для очистки фибриллярного кератина от сопутствующих веществ с его последующим растворением в слабощелочной среде (патент РФ № 2092072). Его использовали как добавку в корм.

Мелатонин (гормон гипофиза, продукт переработки отходов мясоперерабатывающей промышленности; код 931684 по общероссийскому классификатору продукции, группа полупродуктов для производства синтетических медикаментов) с пролонгированным действием получали по оригинальной методике на основе коммерческого препарата Melatonin Powder (N-Acetyl-5-Methoxytryptamine) (изготовитель «Shanxi Sangherb BioTech Inc.», Китай). Стабилизатором служила полученная коллагеновая субстанция. Мелатонин (6 мг/мл) иммобилизовали на коллагене методом включения в гидрогель коллагеновой матрицы посредством физико-химической адсорбции (23, 24). В качестве органических сополимеров, способствующих постепенному высвобождению активного компонента, использовали касторовое масло («Мосхимфармпрепараты им. Н.А. Семашко», Россия), поливинилацетат (ПВА) («ТЕКС», РФ), поливиниловый спирт (ПВС) ВС-05 («Liwei Chemical Co. Ltd», Китай), Kuraray Poval® 18-88 («Kuraray Co. Ltd», Япония), а также смесь ПВС ВС-05 и Kuraray Poval 18-88 в соотношении 1:1. Контролем служила смесь коллагена и мелатонина без связующего вещества. Стабиль-

ность мелатонин-коллагенового комплекса, получившего условное название Мелаколл, оценивали по количеству мелатонина, продиффундировавшего через полупроницаемую мембрану при диализе против кровезамещающего раствора (Российский НИИ гематологии и трансфузиологии, г. Санкт-Петербург). Оптическую плотность диализата, содержащего диффундировавший мелатонин, измеряли на фотоколориметре КФК-2 (Загорский оптико-механический завод) в диапазоне $\lambda = 315-980$ нм (длина оптического пути 5 мм), в котором определили рабочую длину волны, позволяющую максимально контролировать выход мелатонина из комплекса. Содержание мелатонина в диализате рассчитывали по калибровочному графику. Острую токсичность комплекса Мелаколл оценивали по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», а также на основе требований, изложенных в ГОСТ 32296-2013 «Методы испытаний химической продукции на организм человека. Основные требования к проведению испытаний по оценке острой токсичности при внутрижелудочном поступлении методом фиксированной дозы», на белых беспородных лабораторных мышах (самцы, $n = 5$, $m_{\text{контроль}} = 16,7 \pm 0,8$ г, $m_{\text{опыт}} = 16,9 \pm 0,9$ г). Эксперименты выполняли в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009), а также согласно рекомендациям «The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)».

Для производственного опыта (ФГУП «Русский соболь», Московская обл.) 104 самца убойного молодняка хоря черного (*Mustela putorius*) клеточного разведения (возраст в начале опыта 2,5 мес) разделили методом аналогов на группы (по 8 животных в каждой). Хорям из I-V групп в начале опыта в область загривка однократно подкожно инъецировали 1 мл Мелаколла в качестве ускорителя жизненных биоритмов: в I, II, III, IV и V группах концентрация препарата составила соответственно 3; 6; 9; 12 и 15 мг/мл. Контролем служила VI группа, где зверям вводили коллаген с ПВС, то есть матрицу для иммобилизации и сшивающий агент. Кормление хорей из I-VI групп, а также из VII группы (общий контроль, животные не получали ни Мелаколл, ни кератин) на протяжении всего опыта осуществляли по традиционной схеме, принятой в хозяйстве. Звери из VIII-XIII групп в течение всего опыта с основным рационом получали кератин курсами по 5 сут с 5-суточными перерывами, чтобы исключить перекармливание белком из-за высокого (95 %) содержания кератина в добавке (25-28). Дозировки кератиновой добавки в VIII, IX, X, XI, XII и XIII группах составили соответственно 0,2; 0,4; 0,6; 0,6 (средняя величина по остальным группам в опыте); 0,8 и 1 % от массы корма в расчете на одно животное. Кроме того, в XI группе в начале опыта хорям вводили подкожно в область холки 1 мл Мелаколла (концентрация мелатонина 6 мг/мл, выбрана на основании данных патентов РФ №№ 2040897, 2096044 и 2219910).

В течение периода наблюдения животных индивидуально взвешивали с точностью до 0,01 кг. По окончании эксперимента хорей забивали. Полученные шкурки подвергали первичной обработке (съемка, мездрение, правка и консервирование). Шкурки снимали трубкой, с разрезом по огузку и сохранением меха головы (с носиком), лап и хвоста, очищали от прирезей мяса, костей из лап и хвоста, хрящей из ушей и сухожилий, обезжиривали без повреждения корней волос, правили волосом наружу, с натяжкой в длину (без перетяжки) на правилках (ГОСТ 11146-65 «Шкурки хоря белого, хоря черного невыделанные. Технические условия») и консервировали пресно-сухим способом.

Шкурки сортировали комиссионно в соответствии с требованиями ГОСТ 11146-65 «Шкурки хоря белого, хоря черного невыделанные. Технические условия», учитывая сорт, размер и группу дефектности, цвет. Сорт определяли органолептически по совокупности товарных признаков волосяного покрова (пышность, блеск, густота, длина и мягкость, зрелость волосяного покрова в целом) и внешнего вида кожной ткани. Для определения размера шкурки измеряли длину (от междуглазья до корня хвоста) и ширину (по середине шкурки), величины перемножали. На основании полученных данных размер определяли как крупный, средний или мелкий (ГОСТ 11146-65). К бездефектным относили шкурки либо без пороков, либо с пороками, существенно не изменяющими качество (площадью менее установленного допуска). Если пороки превышали допуск, шкурки относили к группе с малой, средней или большой дефектностью.

Густоту волосяного покрова на огузке определяли прямым подсчетом и по числу корней волос на горизонтальных срезах соответственно на 1 см² площади или площади поля зрения микроскопа (мм²). При прямом подсчете из полученных образцов вырезали кусочки (1 см²), затем, фиксируя ниткой волосяной покров, формировали пучок, из которого пинцетом отбирали сперва направляющие и остевые волосы, затем пуховые (направляющие и остевые считали поштучно, пуховые — сотнями). Рассчитывали среднее для 3 образцов. Гистосрезы для микроскопирования готовили по стандартной методике (С.А. Каспарьянц с соавт. Методические рекомендации по определению показателей качества кожевенного и шубно-мехового сырья. М., 1986), окрашивали гематоксилином и эозином, фиксировали под покровным стеклом канадским бальзамом и просматривали при 10-кратном увеличении (микроскоп Микромед Эврика 40х-1280х с цифровым окуляром, ООО «Наблюдательные приборы», г. Санкт-Петербург). Цена деления микрометрической линейки — 8,4 мкм, площадь поля зрения микроскопа — 0,7 мм². Определяли среднее арифметическое для числа корней волос в 10 полях зрения микроскопа с пересчетом на 1 см².

При статистической обработке определяли значения средней арифметической (M) и стандартной ошибки средней ($\pm SEM$). Статистическую значимость различий средних оценивали по t -критерию Стьюдента (29-31).

Результаты. Качество продукции в звероводстве всегда зависело от сбалансированности и биологической полноценности кормовой базы и биостимуляторов. Экспериментальную форму мелатонина пролонгированного действия, стабилизированную коллагеном, предполагалось использовать в качестве регулятора биоритмов для ускоренного выращивания зверей, солиобилизованный кератин — как белковую кормовую добавку для стимуляции формирования густого волосяного покрова.

Коллагеновый гидрогель, послуживший основой при создании препарата мелатонина с пролонгированным действием, имел нейтральные значения рН 6,5-7,0 и массовую долю сухих веществ 1,3 %. Количество микроорганизмов в субстанции не превышало значений, разрешенных СанПин 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» (утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 18 апреля 2003 года, <http://docs.cntd.ru/document/901862338>). Концентрация мелатонина при иммобилизации (6 мг/мл) соответствовала таковой в препаратах для ускорения созревания волосяного покрова (патенты РФ №№ 2040897, 2096044, 2122787).

Сравнение калибровочных графиков для растворов мелатонина в ЛИПК (данные не приведены) показало, что достоверно оценить его количество можно при длине волны 315 нм (рис. 1).

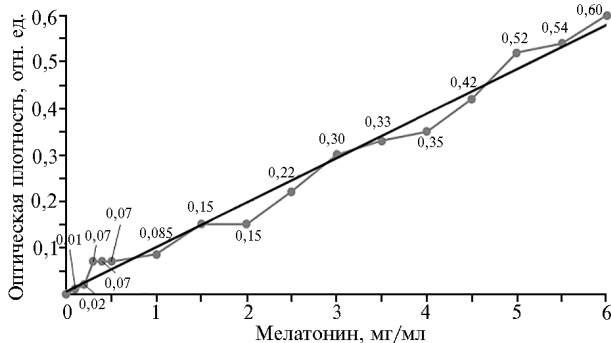


Рис. 1. Калибровочный график, отражающий зависимость между оптической плотностью (ОП) раствора и концентрацией мелатонина ($\lambda = 315$ нм).

Наибольшей стабильностью обладал образец № 6, получивший условное название Мелаколл, из которого за период наблюдения высвободилось 13,3 % от изначального количества мелатонина.

Определяющую роль в этом сыграли сополимеры — смесь двух поливиниловых спиртов (табл. 1).

1. Динамика высвобождения мелатонина из состава стабилизирующих комплексов с коллагеном в зависимости от используемых сополимеров

Состав комплекса	Срок, сут					
	10		20		30	
	концентрация мелатонина в диализате					
	мг ($M \pm SEM$)	%	мг ($M \pm SEM$)	%	мг ($M \pm SEM$)	%
1. Коллаген + мелатонин (КМ)	0,40±0,01	6,7	1,00±0,01	16	1,50±0,01	25,0
2. КМ + касторовое масло	0,25±0,01	4,2	1,00±0,01	16	1,20±0,01	20,0
3. КМ + ПВА	0,20±0,01	3,3	0,50±0,01	8,3	1,00±0,01	16,0
4. КМ + ПВС ВС-05	0,30±0,01	5,0	0,50±0,01	8,3	0,90±0,01	15,0
5. КМ + ПВС Kuraray Poval® 18-88	0,40±0,01	6,7	0,60±0,01	10,0	0,90±0,01	15,0
6. КМ + смесь ПВС	0,20±0,01	3,3	0,50±0,01	8,3	0,80±0,01	13,3
7. Коллаген + смесь ПВС	0,00	0	0	0	0	0

Примечание. ПВА — поливинилацетат, ПВС — поливиниловый спирт.

2. Средняя масса (г) внутренних органов у белых лабораторных мышей при оценке острой токсичности Мелаколла методом фиксированной дозы ($M \pm SEM$, $n = 5$)

Орган	Контроль	Опыт
Сердце	0,178±0,004	0,179±0,005
Легкие	0,276±0,013	0,274±0,012
Печень	1,899±0,060	1,910±0,061
Почки	0,502±0,020	0,509±0,022
Селезенка	0,240±0,013	0,243±0,014

Наблюдение за общим состоянием лабораторных мышей при внутрижелудочном введении Мелаколла (табл. 2) показало, что через 4 ч после поступления препарата звери находились в состоянии стресса (снижение активности, отсутствие аппетита, потребность в воде), но патологии не развивались. Уже через 24 ч активность мышей нормализовалась, аппетит вернулся полностью. На 7-е, 14-е сут и при дальнейших наблюдениях животные были активны, корм съедали полностью, отклонений в их состоянии мы не выявили. В течение эксперимента гибель мышей не отмечали. Через 2,5 мес после начала опыта был произведен убой животных для патолого-анатомического исследования внутренних органов (табл. 2). При этом разница в массе органов в контроле (отсутствие препарата) и в опыте оказалась незначительной: $t_{факт.} = 0,01$; $t_{табл.} = 2,3$ (то есть $t_{факт.} < t_{табл.}$, $P > 0,05$). Полученные результаты указывают на то, что Мелаколл не имеет выраженного токсического действия на животных и может быть отнесен к веществам 4-го класса токсичности в соответствии с ГОСТ12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Особенность кератина — высокая доля цистина и цистеина (сера-содержащие аминокислоты, исключительно важные для формирования волосяного покрова пушных зверей, особенно растущих). Чем гуще волосяной покров зверя, тем выше его потребность в таких аминокислотах (28,

32, 33), поэтому нативный кератин должен благоприятно повлиять на качество шкурковой продукции. Однако следует учитывать, что норма переваримого протеина в рационе пушных зверей — 8-11 г на 100 ккал (27, 32), что позволяет избежать токсического воздействия азотсодержащих продуктов распада белка (32). В то же время при его недостатке снижается устойчивость волосяного покрова к разрушающим (как правило, механическим) воздействиям (32).

Полученный из очеса продукт имел вид однородной жидкой массы серо-бежевого цвета (оттеки от светлых до темных) с рН 6,5-7,5, массовой долей сухого вещества 3,0-5,0 % и содержанием кератина (по общему азоту) 95-98 % от сухого вещества при высокой степени микробиологической чистоты (микробное загрязнение менее 10^1 КОЕ/см³, дрожжи, дрожжеподобные и плесневые грибы отсутствовали). В производственном опыте мы использовали малые дозы субстанции, не изменяющие существенно долю белка в корме (0,23-1,13 г кератина на порцию при ее фактическом среднем размере 156 г), но повышающие количество серосодержащих аминокислот.

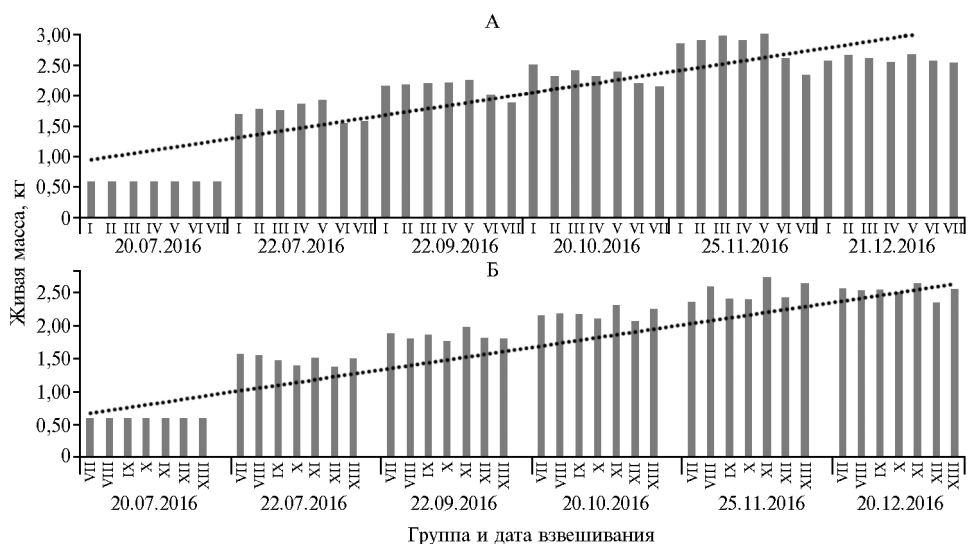


Рис. 2. Динамика изменения массы хорей черных (*Mustela putorius*) клеточного разведения, получавших инъекционно Мелаколл (А) и препарат кератина в виде кормовой добавки (Б) (производственный опыт, ФГУП «Русский соболь», Московская обл., 2016 год). Описание схемы применения препаратов по группам см. в разделе «Методика». Контроли: VI группа (введение смеси коллагена с поливиниловым спиртом) и VII группа (животные не получали ни Мелаколл, ни кератин). Пунктирные линии отражают тенденцию изменения показателей.

При введении молодяку разных доз Мелаколла в начале производственного опыта между количеством препарата и ежемесячным приростом живой массы зверей наблюдалась прямая зависимость в первые четыре месяца (рис. 2, А). За это время живая масса хорей в опытных группах увеличилась примерно 5-кратно по сравнению с исходной, тогда как у интактных зверей в контроле — всего в 3,6 раза. На 5-й мес масса животных в опытных группах понизилась в среднем на 0,5 кг и практически сравнялась с контрольной. Следует отметить, что в течение каждого месяца статистически достоверной разницы между массой зверей, получивших инъекционно минимальную и максимальную дозу Мелаколла, мы не выявили. Так, при сравнении по датам взвешивания (20.07.2016, 22.08.2016, 22.09.2016, 20.10.2016, 25.10.2016, 20.12.2016) в I и V группах значения $t_{\text{факт.}}$ составили 0,01; 0,30; 2,08; 1,62; 1,20 и 0,90 при $t_{\text{табл.}}$ 2,14. В то же время разница в ежемесячном приросте живой массы оказалась статистически значимой (табл. 3).

3. Статистическая значимость ежемесячных различий в приросте живой массы у хорей черных (*Mustela putorius*) клеточного разведения, получавших инъекционно минимальную (min) и максимальную (max) дозу Мелаколла (производственный опыт, ФГУП «Русский соболь», Московская обл., 2016 год)

Даты взвешивания	Критерий Стьюдента	
	I группа (min), $t_{\text{факт.}}$	V группа (max), $t_{\text{факт.}}$
20.07-22.08	16,39	11,80
22.08-22.09	4,25	2,17
22.09-20.10	5,08	2,67
20.10-25.11	2,35	3,88
25.11-20.12	1,88	0,86

Примечание. Описание схемы применения препаратов по группам см. в разделе «Методика».

Полученные данные свидетельствуют о том, что Мелаколл ускорило развитие зверей практически на месяц, так как продолжение эксперимента отрицательно сказалось на массе хорей в опытных группах к концу 5-го мес.

При использовании кератина в качестве кормовой добавки (см. рис. 2, Б) ускорение роста

в течение первых 2 мес при малых дозах было выражено сильнее, чем при больших. Со временем разница в живой массе зверей, получавших малые и большие дозы кератина (VIII и XIII группы), становилась статистически недостоверной. Так, в октябре $t_{\text{факт.}} 0,39 < t_{\text{табл.}} 2,14$ ($P > 0,05$), в декабре — $t_{\text{факт.}} 2,0 < t_{\text{табл.}} 2,14$ ($P > 0,05$), что позволяет говорить об эффекте малых доз.

Представляет интерес результат, полученный при сочетанном воздействии Мелаколла и кератина (XI группа). Здесь на протяжении 4 мес отмечали равномерный статистически достоверный прирост живой массы зверей (по месяцам $t_{\text{факт.}}$ соответственно 16,59; 5,16; 2,29 и 2,58 при $t_{\text{табл.}} 2,14$). При этом величина прироста превышала показатели, полученные при использовании только кератина (как в малых, так и в больших дозах), а максимальный эффект, как и для Мелаколла, регистрировали на 4-й мес. На 5-й мес живая масса в этой группе снизилась на 3 %, но различия были статистически недостоверны ($t_{\text{факт.}} 1,58$ против $t_{\text{табл.}} 2,14$). Это позволяет утверждать, что развитие до убойной массы у зверей завершилось уже в ноябре, то есть за 1 мес до установленной даты убоя. Аналогичную тенденцию снижения массы зафиксировали и в тех группах, где кератин использовали в чистом виде в качестве белковой добавки.

Полученные результаты подтверждают имеющиеся в литературе сведения о целесообразности использования пролонгированной формы мелатонина и кератина при выращивании убойного молодняка пушных зверей (2, 4, 20, 28). При этом, по нашим данным, комплексное применение этих двух биологически активных субстанций оказывает более выраженный эффект.

Мелатонин, стимулируя ускоренное созревание пушных зверей, положительно влияет на размерно-массовые характеристики шкурок (28, 32). Аналогичным образом действовал Мелаколл (табл. 4). Повышение концентрации имплантируемого Мелаколла вело к увеличению площади шкурок (наибольшую отмечали в V группе, где концентрация мелатонина была максимальной). При имплантации коллагена и смеси ПВС (контрольная VI группа) шкурки по площади практически не отличались от общего контроля (VII группа, $t_{\text{факт.}} 1,11 < t_{\text{табл.}} 2,14$; $P > 0,05$), что подтверждает существующее мнение о функциональной роли мелатонина у пушных зверей (27, 28, 32). При скармливании препарата кератина наибольшую площадь шкурок выявили в VIII и XIII группах (соответственно 912 и 918 см²), а также в XI группе, где кератин использовали совместно с Мелаколлом (998 см²). Различия между этим показателем в VIII и XIII группах не было статистически значимым ($t_{\text{факт.}} 1,21 < t_{\text{табл.}} 2,14$; $P > 0,05$), что подтверждает нашу гипотезу о целесообразности применения малых доз кератина.

4. Сортность и размер шкурок у самцов хоря черного (*Mustela putorius*) клеточного разведения при раздельном и сочетанном применении Мелаколла инъекционно и препарата кератина в виде кормовой добавки (производственный опыт, ФГУП «Русский соболь», Московская обл., 2016 год)

Группа	Сорт	Площадь, см ² ($M \pm SEM$)	Размер	Дефект			Дефектных шкурок по группе, %
				малый	средний	большой	
И н ъ е к ц и я М е л а к о л л а							
I	1-й	930±39	Крупный	5,6	Нет	Нет	5,6
II	1-й	947±40	Крупный	16,7	Нет	Нет	16,7
III	1-й	951±32	Крупный	5,6	Нет	Нет	5,6
IV	1-й	961±48	Крупный	12,0	Нет	Нет	12,0
V	1-й	1023±30	Крупный	0	16,7	Нет	16,7
К о н т р о л ь н ы е г р у п п ы							
VI	1-й	869±42	Крупный	16,7	Нет	Нет	16,7
VII	1-й	861±30	Крупный	5,7	16,7	Нет	22,4
В в е д е н и е к е р а т и н о в о й д о б а в к и в р а ц и о н							
VIII	1-й	912±38	Крупный	16,6	Нет	Нет	16,6
IX	1-й	889±35	Крупный	Нет	11,1	Нет	11,1
X	1-й	908±36	Крупный	Нет	5,5	Нет	5,5
XI (+ инъекция Мелаколла)							
	1-й	998±32	Крупный	Нет	Нет	Нет	0,0
XII	1-й	872±47	Крупный	9,0	Нет	Нет	9,0
XIII	1-й	918±34	Крупный	7,0	Нет	Нет	7,0

П р и м е ч а н и е. Описание схемы применения препаратов по группам см. в разделе «Методика». Контроли: VI группа (введение смеси коллагена с поливиниловым спиртом) и VII группа (животные не получали ни Мелаколл, ни кератин).

В XI группе различия по площади шкурок относительно контроля (12 %) были достоверны ($t_{\text{факт.}} 2,89 > t_{\text{табл.}} 2,14$; $P > 0,05$), в отличие от VIII и XIII групп, в которых применяли только кератин и где увеличение площади по сравнению с контролем составило 7-9 % ($t_{\text{факт.}} 2,21 < t_{\text{табл.}} 2,14$; $P > 0,05$). При этом площадь шкурок в XI группе была достоверно выше, чем в VIII ($t_{\text{факт.}} 2,99 > t_{\text{табл.}} 2,14$; $P > 0,05$) и XIII ($t_{\text{факт.}} 2,96 > t_{\text{табл.}} 2,14$; $P > 0,05$). При оценке по ГОСТу все шкурки были отнесены к 1-му сорту (полноволосые с высокой, частой, блестящей остью и густым пухом, с пушистым хвостом). Все шкурки по площади превышали 600 см² (см. табл. 4), то есть характеризовались как крупные.

5. Частота прижизненных дефектов шкурки у самцов хоря черного (*Mustela putorius*) клеточного разведения при раздельном и сочетанном применении Мелаколла инъекционно и препарата кератина в виде кормовой добавки (производственный опыт, ФГУП «Русский соболь», Московская обл., 2016 год)

Группа	Шкурки с прижизненными пороками, шт./% по группе		
	битость ости	плешины	потертость
И н ъ е к ц и я М е л а к о л л а			
I	1/12,5	0	0
II	2/25,0	0	0
III	1/12,5	1/12,5	1/12,5
IV	3/37,5	0	0
V	3/37,5	0	0
К о н т р о л ь н ы е г р у п п ы			
VI	2/25,0	0	0
VII	2/25,0	1/12,5	0
В в е д е н и е к е р а т и н о в о й д о б а в к и в р а ц и о н			
VIII	1/12,5	0	1/12,5
IX	0	1/12,5	0
X	0	1/12,5	0
XI (+ инъекция Мелаколла)	0	0	0
XII	1/12,5	1/12,5	0
XIII	0	0	1/12,5

П р и м е ч а н и е. Описание схемы применения препаратов по группам см. в разделе «Методика». Контроли: VI группа (введение смеси коллагена с поливиниловым спиртом) и VII группа (животные не получали ни Мелаколл, ни кератин). В каждой группе исследовали по 8 шкурок.

Один из важных показателей качества шкурок — группа дефектности (20, 28). Дефекты бывают прижизненными (зависят от условий кормления, содержания, окружающей среды и физиологического состояния

животного) и посмертными (появляются вследствие непрофессиональных действий или небрежности при убое и первичной обработке сырья) и снижают ее ценность (20, 25). Особый интерес для нас представляло изучение прижизненных дефектов, к которым относят битость ости, плешины, потертости, чахлый волос, закусы, покусы, свалянность (25, 26). Из перечисленного мы обнаружили битость ости, плешины и потертости (табл. 5). Наибольшее количество прижизненных дефектов (37,5 % от всех дефектов) мы наблюдали на шкурках хорей, которым имплантировали мелатонин (II, IV и V группы). В VIII-XIII группах, получавших кератин в качестве белковой добавки к основному рациону, число прижизненных дефектов составило 25,0 %. При имплантировании Мелаколла имела место битость ости. В контрольных группах этот дефект присутствовал на 25 % шкурок, тогда как на шкурках от зверей, получавших кератин, его обнаружили только в двух группах по 1 шкурке в каждой (см. табл. 5), что мы связываем с лучшей обеспеченностью зверей серосодержащими аминокислотами, отвечающими за прочностные характеристики волоса (20, 27).

6. Густота волосяного покрова шкурки у самцов хоря черного (*Mustela putorius*) клеточного разведения при раздельном и сочетанном применении Мелаколла инъекционно и препарата кератина в виде кормовой добавки (производственный опыт, ФГУП «Русский соболь», Московская обл., 2016 год)

Группа	Прямой подсчет на огулке, шт/см ² ($M \pm SEM$, $n = 3$)	Гистологический метод	
		число корней волос	
		в поле зрения микроскопа ($M \pm SEM$, $n = 10$)	среднее, шт/см ²
Инъекция Мелаколла			
I	6304±530	44,1±1,6	6300
II	6340±543	44,3±1,7	6328
III	6410±541	44,9±1,7	6414
V	6533±653	45,7±1,4	6529
Контрольные группы			
VI	6069±509	42,5±0,9	6071
VII	6111±511	42,8±1,8	6114
Введение кератиновой добавки в рацион			
VIII	6840±548	47,8±1,6	6828
X	6832±583	47,8±1,4	6829
XI (+ инъекция Мелаколла)	7141±614	49,9±1,8	7129
XIII	6870±587	48,1±2,3	6871

Примечание. Описание схемы применения препаратов по группам см. в разделе «Методика». Контроли: VI группа (введение смеси коллагена с поливиниловым спиртом) и VII группа (животные не получали ни Мелаколл, ни кератин). Для различий между I и VII, II и VII, III и VII, V и VII, VI и VII группами $t_{\text{факт.}}$ соответственно 0,04; 0,05; 0,07; 0,09; 0,01 при $t_{\text{табл.}}$ 2,77.

Товарную ценность шкурок пушных зверей формирует густота волосяного покрова, от которой зависит его пышность и теплопроводность, пригодность шкурок для изготовления ценных меховых изделий. Мы оценили этот показатель в группах, где была выявлена максимальная эффективность Мелаколла и кератина по изменению массы зверей, площади и группы дефектности шкурки (табл. 6). Мелаколл не оказывал выраженного влияния на густоту волосяного покрова, что подтвердила оценка статистической значимости различий (см. табл. 6). Следует отметить, что некоторые ученые выступают против использования мелатонина в качестве стимулятора, так как по их данным это приводит к ухудшению качества волосяного покрова из-за неестественного ускорения роста зверя (32, 33).

Кератин повышал густоту волосяного покрова шкурок на 12 % по сравнению с контролем ($t_{\text{факт.}}$ 4,1 > $t_{\text{табл.}}$ 2,77; $P > 0,05$). При комплексном применении кератина и Мелаколла густота волос достоверно увеличивалась на 16 % по сравнению с контролем ($t_{\text{факт.}}$ 3,1 > $t_{\text{табл.}}$ 2,77; $P > 0,05$). Результаты прямого подсчета густоты покрова хорошо коррелировали с данными гистологического определения по числу корней волос в поле зрения микроскопа. Основные факторы, формирующие густоту волосяного покрова, — число волос в пучках, число пучков в группах и плотность

их расположения. Сравнение горизонтальных гистосрезов кожной ткани в XI (опыт) и VII (контроль) группах животных (рис. 3) выявило большее число пучков у зверей из опытной группы и подтвердило тот факт, что число пучков и число волос зависит как от наследственных характеристик, так и от внешних факторов (кормление и содержание), которые позволяют реализовать генетический потенциал животного.

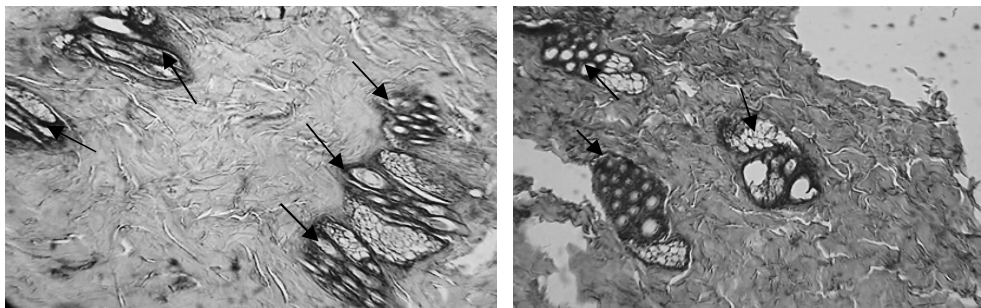


Рис. 3. Горизонтальный срез шкурки хоря черного (*Mustela putorius*) клеточного разведения: слева — при сочетанном применении Мелаколла инъекционно и препарата кератина в виде кормовой добавки (XI группа), справа — у животного, не получавшего эти препараты (VII группа, общий контроль) (производственный опыт, ФГУП «Русский соболь», Московская обл., 2016 год). Окрашивание гематоксилином и эозином, увеличение $\times 10$; стрелками отмечены пучки волос.

Таким образом, совместное использование кератина и мелатонина (в виде препарата Мелаколл) взаимно усиливало действие каждого биостимулирующего агента: кератин обогащал рацион серосодержащими аминокислотами, активизирующими рост волосяного покрова, а мелатонин как ускоритель биоритмов способствовал лучшему поеданию и усвоению корма, что обеспечивало полноценное ускоренное развитие зверей и положительно сказалось на качестве шкурковой продукции.

Итак, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. На основе бросовых промышленных отходов получен оригинальный препарат пролонгированного действия Мелаколл (комплекс мелатонина и коллагена), использованный для стимуляции роста убойного молодняка хоря, а также содержащая кератин субстанция, показатели качества которой позволяют применять ее как белковую кормовую добавку. Увеличение концентрации имплантируемого Мелаколла повышает размерные характеристики шкурки, тогда как у кератина положительный эффект проявляется при малых дозах. При совместном действии Мелаколла и кератина эффект превосходит таковой у каждого препарата по отдельности. Наблюдается равномерный, статистически достоверный прирост живой массы зверей на протяжении 4 мес. За этот срок развитие зверей завершается и они достигают предубойного состояния. В производственном опыте площадь шкурки при сочетании Мелаколла и кератина достоверно увеличивалась, а их качество (по густоте волосяного покрова и показателям дефектности) повышалось. Наибольшее количество прижизненных дефектов, в частности битость ости, отмечали при введении Мелаколла при отсутствии кератиновой добавки в рационе (37,5 %). Прямой подсчет и гистологическое изучение образцов подтвердили, что комплексное использование кератина и Мелаколла достоверно повышает густоту волос на шкурках, хотя сам Мелаколл не оказывает выраженного влияния на этот показатель. Оптимальная доза предлагаемой кератинсодержащей добавки к рациону при выращивании убойного молодняка хорей — 0,6 % от массы корма, Мелаколла — 1 мл субстанции в концентрации 6 мг/мл при имплантировании инъекцией.

IMPROVEMENT OF FERRET FUR PELT QUALITY BY USING PRODUCTS OF RECYCLING RAW MATERIALS OF ANIMAL ORIGIN

F.I. Vasilevich¹, A.I. Sapozhnikova¹, A.S. Okutin¹, I.M. Gordienko¹, Z.S. Ruchkina²,
V.N. Borodachev²

¹K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23, ul. Akademika K.I. Skryabina, Moscow, 109472 Russia, e-mail rector@mgavm.ru, fibrilla@mail.ru (corresponding author);

²FGUP Russian Sable, 10, ul. Parkovaya, pos. Zverosovkhoz, Puskkin Region, Moscow Province, 141214 Russia, e-mail info.rusable@gmail.com

ORCID: Okutin A.S. orcid.org/0000-0002-4441-098X

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Agreement № 14.607.21.0161

Received September 23, 2017

doi: 10.15389/agrobiol.2017.6.1214eng

Abstract

The waste materials of manufacture of basic animal products are adverse anthropogenic factors affecting environment and, at the same time, they are a source of valuable biologically active substances which can be used. We developed a protocol for complex application of biologically active recycling products, collagen and keratin, obtained by original patented technologies from recycled waste materials of leather and textile industries in combination with melatonin (original modified preparation) for using in ferret breeding. The preparation Melacoll is a stabilized complex of melatonin and collagen. Melacoll has a prolonged effect (up to 4 months) and the toxicity class 4. The keratin-containing substance quality (more than 95 % keratin) makes it possible to use this additive as a protein supplement to fodder. In combined application of Melacoll and keratin we observed the uniform and statistically reliable weight gain of animals during 4 months exceeding the indices obtained for both small and large doses of keratin (from about 0.59 kg to 2.63±0.13 kg, $t_{\text{obs}} > t_{\text{table}}$). By month 5 this index decreased which showed completion of animal development and achieving the slaughter weight one month earlier than the standard slaughter terms. Higher concentrations of implanted Melacoll promoted the increase in pelt size. In farm trials, application of Melacoll and keratine led to a reliable 12 % increase in pelt size as compared to the control. The pelt lifetime defects (e.g. broken guard hair) in Melacoll-implanted ferrets was the greatest (37.5 %) whereas in the animals fed with keratin as the fodder additive these defects were the smallest (12.5 %) due to the standard diet enriched with sulphur-containing amino-acids which are responsible for hair strength. Complex use of keratin and Melacoll reliably increased hair density while Melacoll itself did not exert any marked effect on this trait. Optimal concentration of the proposed keratin-containing supplement to the ration in raising slaughter ferret youngsters is 0.6 %, and that of Melacoll is 1 ml of 6 mg/ml substance.

Keywords: fur animal breeding, raising slaughter ferret youngsters, animal raw materials, wastes, recycling, keratin, collagen, melatonin, pelt quality.

REFERENCES

- Loiseau E., Saikku L., Antikainen R., Droste N., Hansjürgens B., Pitkänen K., Leskinen P., Kuikma P., Thomsen M. Green economy and related concepts: An overview. *J. Clean. Prod.*, 2016, 139: 361-371 (doi: 10.1016/j.jclepro.2016.08.024).
- Jayathilakan K., Khudsia Sultana, Radhakrishna K., Bawa A.S. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *J. Food Sci. Technol.*, 2012, 49(3): 278-293 (doi: 10.1007/s13197-011-0290-7).
- Eriksson B.G. Organic textile waste as a resource for sustainable agriculture in arid and semi-arid areas. *Ambio*, 2017, 46(2): 155-161 (doi: 10.1007/s13280-016-0822-5).
- Salemdeeb R., zu Ermgassen E.K.H.J., Kim M.H., Balmford A., Al-Tabbaa A. Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options. *J. Clean. Prod.*, 2017, 140: 871-880 (doi: 10.1016/j.jclepro.2016.05.049).
- Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 2013, 7(6): 1028-1043 (doi: 10.1017/S1751731112002418).

6. Tsuda Y., Nomura Y. Properties of alkaline-hydrolyzed waterfowl feather keratin. *Anim. Sci. J.*, 2014, 85(2):180-185 (doi: 10.1111/asj.12093).
7. Tombolato L., Novitskaya E.E., Chen Po-Yu, Sheppard F.A., McKittrick J. Microstructure, elastic properties and deformation mechanisms of horn keratin. *Acta Biomaterialia*, 2010, 6(2): 319-330 (doi: 10.1016/j.actbio.2009.06.033).
8. Ricard-Blum S. The collagen family. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.*, 2011, 3(1): a004978 (doi: 10.1101/cshperspect.a004978).
9. Langmaier F., Mokrejs P., Kolomaznik K., Mladek M. Biodegradable packing materials from hydrolysates of collagen waste proteins. *Waste Management*, 2008, 28(3): 549-556 (doi: 10.1016/j.wasman.2007.02.003).
10. Tan D.X., Zanghi B.M., Manchester L.C., Reiter R.J. Melatonin identified in meats and other food stuffs: potentially nutritional impact. *J. Pineal Res.*, 2014, 57: 213-218 (doi: 10.1111/jpi.12152).
11. Emet M., Ozcan H., Ozel L., Yayla M., Halici Z., Hacımuftuoğlu A. A review of melatonin, its receptors and drugs. *Eurasian J. Med.*, 2016, 48(2): 135-141 (doi: 10.5152/eurasianjmed.2015.0267).
12. Rouse J.G., Van Dyke M.E. A review of keratin-based biomaterials for biomedical applications. *Materials*, 2010, 3: 999-1014 (doi: 10.3390/ma3020999).
13. Mogosanu G.D., Grumezescu A.M., Chifiriuc M.C. Keratin-based biomaterials for biomedical applications. *Curr. Drug Targets*, 2014, 15(5): 518-530.
14. Sapozhnikova A.I. *Materialy V Rossiiskogo natsional'nogo kongressa «Chelovek i lekarstvo» (21-25 aprelya 1998 goda)* [Proc. V Russian National Congress «Medicines for human use»]. Moscow, 1998: 615 (in Russ.).
15. Kirsner R.S., Cassidy S., Marsh C., Vivas A., Kelly R.J. Use of a keratin-based wound dressing in the management of wounds in a patient with recessive dystrophic epidermolysis bullosa. *Adv. Skin Wound Care*, 2012, 25(9): 400-403 (doi: 10.1097/01.ASW.0000419404.44947.de).
16. Mol R., Divo M., Langbein L. The human keratins: biology and pathology. *Histochem. Cell Biol.*, 2008, 129(6): 705-733 (doi: 10.1007/s00418-008-0435-6).
17. Wang B. Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bio inspiration. *Prog. Mater. Sci.*, 2016, 76: 229-318 (doi: 10.1016/j.pmatsci.2015.06.001).
18. Ramms L., Fabris G., Windoffer R., Schwarz N., Springer R., Zhou C., Lazar J., Stiefel S., Hersch N., Schnakenberg U., Magin T.M., Leube R.E., Merkel R., Hoffmann B. Keratins as the main component for the mechanical integrity of keratinocytes. *PNAS USA*, 2013, 110(46): 18513-18518 (doi: 10.1073/pnas.1313491110).
19. Windoffer R., Beil M., Magin T.M., Leube R.E. Cytoskeleton in motion: the dynamics of keratin intermediate filaments in epithelia. *J. Cell Biol.*, 2011, 194(5): 669-678 (doi: 10.1083/jcb.201008095).
20. Barantseva O.V. *Tekhnologiya polucheniya keratinsoderzhashchei kormovoi dobavki i otsenka ee vliyaniya na kachestvo shkurok norki. Kandidatskaya dissertatsiya* [Procedure for manufacturing keratin-based feed additive and its effect on mink pelts]. Moscow, 2011. Available <http://www.dissertac.on/content/tekhnologiya-polucheniya-keratinsoderzhashchei-kormovoi-dobavki-i-otsenka-ee-vliyaniya-na-ka>. No date (in Russ.).
21. Turek F.W., Gillette M.U. Melatonin, sleep, and circadian rhythms: rationale for development of specific melatonin agonists. *Sleep Med.*, 2004, 5(6): 523-532 (doi: 10.1016/j.sleep.2004.07.009).
22. Lemoine P., Zisapel N. Prolonged-release formulation of melatonin (Circadin) for the treatment of insomnia. *Expert Opin. Pharmacol.*, 2012, 13(6): 895-905 (doi: 10.1517/14656566.2012.667076).
23. Shtil'man M.I. *Polimery mediko-biologicheskogo naznacheniya* [Polymers for use in medicine and biology]. Moscow, 2006 (in Russ.).
24. Makarov K.A., Kibardin S.A. *Immobilizovannyye biopreparaty v meditsine* [Immobilized substances in medicine]. Moscow, 1980 (in Russ.).
25. Balakirev N.A. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 2014, 5: 55-60 (in Russ.).
26. Vladimirova N.Yu., Vladimirov N.I. *Vestnik altaiskogo agrarnogo universiteta*, 2014, 9(119): 86-89 (in Russ.).
27. Perel'dik N.Sh., Milovanov L.V., Erin A.T. *Kormlenie pushnykh zverei /Pod redaktsiei N.Sh. Perel'dika* [Feeding of fur-bearing animals. N.Sh. Perel'dik (ed.)]. Moscow, 1981 (in Russ.).
28. Barabash B., Perel'dik D.N., Bagdonas I.I. *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2002, 3: 20-21 (in Russ.).
29. Borovikov V. *STATISTICA. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere* [STATISTICA: the art of computerized data analysis]. Moscow, 2003 (in Russ.).
30. Kobzar' A.I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenernykh i nauchnykh rabotnikov* [Applied math and statistics for researchers]. Moscow, 2006 (in Russ.).
31. Borovkov A.A. *Matematicheskaya statistika. Otsenka parametrov. Proverka gipotez* [Math statistics: verification of hypothesis]. Moscow, 1984 (in Russ.).
32. Barabash B., Bagdonas I.I., Perel'dik D.N. *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2012, 5: 21-22 (in Russ.).
33. Balakirev N.A. *Vestnik VOGiS*, 2007, 11(1): 212- 220 (in Russ.).