

УДК 678.06:678.027

**Г. Н. Кравченя, Е. И. Кордикова, А. В. Спиглазов**  
Белорусский государственный технологический университет

### **НАПРАВЛЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КОЖЕВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В работе систематизированы известные методы и технологии по утилизации отходов кожевенных предприятий, применяемые в мире. Определены основные направления использования отходов: с сохранением волокнистой структуры, с сохранением молекул коллагена и полное или частичное разложение коллагена различными методами. Показано, что перечисленные методы могут быть применены как для недубленых, так и для дубленых отходов кожи.

Наряду с методами переработки определены области использования продуктов, получаемых в результате технологических процессов. Показано, что применение высокотехнологичных процессов с глубокой интеграцией в структуру материала требует больших энергетических затрат, однако данные процессы могут быть реализованы на самих предприятиях кожевенной промышленности. Менее энергоемкие процессы, включающие измельчение продукта и использование его как наполнителя в различных изделиях, таких как «прессованная кожа», строительные материалы, кожеподобные материалы, являются наиболее приемлемыми вариантами для реализации на территории Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** кожевенное производство, отходы, хромсодержащие отходы, композиционный материал.

**H. N. Kravchenya, E. I. Kordikova, A. V. Spiglazov**  
Belarusian State Technological University

### **DIRECTIONS AND OPPORTUNITIES FOR PROCESSING WASTES OF LEATHER PRODUCTION**

In the work, known methods and technologies for the utilization of tannery waste used in the world are systematized. The main directions of waste use are determined: with preservation of fibrous structure, with preservation of collagen molecules and complete or partial decomposition of collagen by various methods. It is shown that the listed methods can be applied both for non-grooved and for tanned skin wastes.

Along with the methods of processing, the areas of application of the products of the resulting technological processes are defined. It is shown that the use of high-tech processes with deep integration into the structure of the material requires large energy costs, but can be realized at the enterprises of the leather industry themselves. Less energy-intensive processes, including grinding the product and using it as a filler in various products, such as “pressed leather”, construction materials, leather-like materials, are the most acceptable options for implementation in the territory of the Republic of Belarus.

**Key words:** leather production, waste, chrome-containing waste, composite material.

**Введение.** Большая часть органических отходов кожевенного производства еще не нашла применения и вывозится на свалки, что, помимо материальных потерь, ведет к загрязнению окружающей среды (главным образом почвенных вод) продуктами гниения белка, а также хромсодержащими соединениями [1].

С целью снижения негативного воздействия отходов кожевенного производства на окружающую среду большую их часть стремятся вовлечь в переработку для получения конечной продукции.

**Основная часть.** В процессе производства натуральной кожи на всех стадиях технологического процесса производства (обрядка, мездрение, двоение, строгание, шлифование) вследствие неравномерной толщины и неправильной

конфигурации кожевенного сырья 30–50% его массы попадает в отходы [2–4]. Вид образующихся отходов и их количество зависят от вида исходного сырья, применяемой технологии, стадии обработки, назначения конечного продукта и т. д. [4–7].

При переработке недубленых отходов с сохранением молекул коллагена получают материалы для медицины [8] (коллагеновая нетканая основа, коллагеновые пленки для трансплантатов, кровоостанавливающие повязки на раны различного происхождения) и косметики [2, 5].

В Японии отработаны методы производства прочных коллагеновых мембран из отходов спилка. Коллагеновые мембраны используют как упаковочный материал для пищевых продуктов [9] и в других целях.

Примером *частичного гидролиза* коллагенсодержащих отходов является получение из них клея и желатина (пищевого, фотографического и технического). При этом применяют несколько вариантов обработки коллагенсодержащего сырья: продолжительное зольение при высоких концентрациях гидроксида кальция (классический способ); щелочно-солевая или кислотнo-солевая обработка (т. е. воздействие веществ, не вызывающих набухания коллагена); обработка так называемыми лиотропными веществами, например раствором мочевины; обработка ферментами. Подготовленное по одному из этих вариантов коллагенсодержащее сырье подвергают гидротермическому воздействию, при котором происходит выплавление желатина или клея [4].

При *полном гидролизе* при повышенной температуре с разложением коллагена до состава аминокислот можно получить кормовую муку, являющуюся полноценным заменителем мясокостной муки в пищевом рационе животных. При термической обработке наряду с гидролизом белка происходит разложение токсичных сульфидов, а также вытапливание жира с последующим его отделением [4, 10]. Этот метод переработки недубленых отходов давно и успешно вошел в практику многих стран. Например, в Чехии, Германии, Японии и Польше кормовую муку производят из мездры по различным технологиям в промышленном масштабе [11].

Более сложной задачей является переработка дубленых отходов, так как они содержат токсичные химические материалы и имеют структурные образования [3]. Процесс дубления происходит с применением большого количества реагентов, самым опасным соединением в которых является соединение хрома (III), который при определенных условиях (повышение температуры выше 300°C) может переходить из стабильной формы хром (III) в хром (VI), который является канцерогеном. Содержание  $Cr_2O_3$  в стружке хромового дубления составляет 3,2% [1]. Высокая гидротермическая устойчивость и особенности структуры препятствуют извлечению хрома из дубленой кожи и рациональному использованию белка.

За рубежом переработку дубленых отходов кожи (хромовая стружка, обрезь) чаще всего проводят путем их *сжигания* при температуре 800°C. При этом решаются две основные задачи – перевод соединений хрома в относительно биостабильную форму и получение дополнительной энергии за счет сжигания органических отходов [5].

Отходы дубленых кож также могут быть использованы для производства *активированного угля*, который применяют в медицине, при

очистке и обесцвечивании растворов в фильтровальных установках и т. д. Активированный уголь из дубленых отходов кож вследствие хорошего разделения волокон обладает большей абсорбирующей поверхностью, чем древесный активированный уголь.

Но, как правило, во многих странах к вопросу переработки дубленых отходов стараются подходить более рационально, т. е. с сохранением коллагена.

Часть коллагенсодержащих отходов подвергают раздубливанию и последующему гидролизу под давлением и при повышенной температуре.

Из кожевенной стружки после раздубливания и дальнейшего гидролиза производят *клей и желатин*. Но на практике эта технология не получила распространения, так как является очень трудоемкой и дорогостоящей. Также не нашел своего практического применения метод переработки дубленых коллагенсодержащих отходов на кормовые добавки из-за того, что получаемый продукт не должен содержать соединений хрома (III), так как данные соединения активно влияют на живой организм, образуя устойчивые комплексы с нуклеиновыми и рибонуклеиновыми кислотами.

При получении *наполнителей для кож* отходы раздубливают раствором щелочи, отделяют от солей хрома, промывают, при нагревании с водой переводят в раствор, а затем полимеризуют совместно с виниловыми мономерами. Технологический процесс многостадийен и громоздок [12].

Разработан метод утилизации хромовой стружки посредством кислотного гидролиза с последующим структурированием белка в присутствии модифицирующей добавки. Полученный таким образом *гидролизат* является исходным материалом для изготовления синтетического дубителя. Одним из преимуществ этого направления переработки хромсодержащих отходов считается возможность применения гидролизатов без предварительной очистки от соединений хрома. Присутствие дубителя в целевом продукте способствует повышению термостойкости полуфабриката, а наличие белковых компонентов – эффекту наполнения без снижения ценных гигиенических свойств кожи [13].

Твердые коллагенсодержащие отходы кожевенного производства предлагается использовать в качестве компонента *шлихтующих составов*. Положительные результаты были достигнуты при использовании белкового гидролизата из отходов шкур при шлихтовании шерстяной и хлопчатобумажной пряжи [14].

Простым и достаточно эффективным является применение хромсодержащих кожевенных

отходов для получения *плит*, используемых в *строительстве*. Для этого отходы измельчают, смешивают с термопластичным полимером, добавляют связующее вещество, расплавляют и прессуют. Содержание полимера в смеси составляет 40–70% [15].

Опробована технология получения *кожеподобного материала*, который можно использовать в качестве декоративного для широкого применения (транспорт, упаковка, полиграфия и т. д.) [16]. По химическому составу полученный кожеподобный материал не отличается от натуральной кожи и имитирует ее по внешнему виду и органолептическим свойствам. Пористая волокнистая структура обуславливает его гигиеничность и высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, а также хорошую влаго- и газопроницаемость, не поддерживает процесс горения и не выделяет токсичных веществ в окружающую среду при воздействии высоких температур. Особенности технологического процесса позволяют широко варьировать параметры материала (толщину, пористость, гибкость и др.), окрашивать материал всеми видами красителей, используемых в кожевенном производстве, и наносить полимерные покрытия, придающие ему потребительские качества, а также создавать уникальный не повторяющийся узор на поверхности материала [16].

Учитывая достаточно низкую плотность кожевенной стружки как при естественной влажности, так и в воздушно-сухом состоянии, предпринята попытка получения серии *теплоизоляционных и декоративно-акустических материалов* [17]. Отличительной стороной тепло- и шумоизолирующих покрытий является их экологичность, особый комплекс свойств, придающий покрытию «кожаный» характер, и низкая стоимость, что создает весьма хорошие перспективы их широкомасштабного применения в строительстве. Пока область их использования ограничена в основном отделкой помещений в промышленных и общественных зданиях. Основной компонент материала – измельченные кожевенные отходы, обработанные полимерными веществами и отформованные по специальной технологии. Материалы содержат 20–35 мас. % кожевенных отходов и до 15 мас. % полимерных добавок и изготавливаются на гипсовом связующем. Плиты из данных материалов могут использоваться как звукоизоляционные наравне с фибролитовыми плитами на портландцементе, и наиболее легкие из них могут быть применены в тех же целях наравне с древесноволокнистыми плитами [17]. Кроме того, данный композиционный материал может заменить в строительстве такие традиционные

теплоизоляционные материалы, как плиты на основе древесных стружек и опилок [3].

В Казанском государственном технологическом университете разработана технология *обувного картона* из хромсодержащих отходов с применением низкотемпературной плазмы. Данный метод позволяет получать плотный, эластичный и мягкий материал, который может использоваться при изготовлении основной стельки и полустельки в повседневной и детской обуви [18].

Одним из перспективных направлений переработки хромсодержащих отходов является получение «*прессованной кожи*». Основными компонентами для изготовления данного материала служат хромсодержащие обрезки, лоскутки, стружка, кожевенная пыль. Кожевенные волокна распыляют и поляризуют, воздействуя на них электрическим разрядом или парами высокополярного растворителя, при этом частицы склеиваются и агрегируются. Затем кожевенные волокна в количестве 75–85% смешивают с 15–25% расплава термопластичного полимерного связующего и из смеси экструдировать листы, поверхность которых подвергают тиснению [19, 20].

При размельчении дубленых отходов получают кожевенную пыль, которая может быть использована в качестве *удобрения или наполнителя*. Разработаны различные способы измельчения с последующим разволокнением дубленых отходов кожевенных предприятий [21]. Известен способ, при котором производят увлажнение кожевенных отходов, осуществляют механическую обработку увлажненных кожевенных отходов и затем их разволокняют. Механическую обработку увлажненных кожевенных отходов осуществляют путем прессования. Более эффективный способ получения порошка из отходов кожи предполагает замачивание в водной среде с добавлением гидролизующего агента соли щелочного металла, сушку и измельчение в сухом состоянии [22].

Кожевенную пыль можно применять в качестве наполнителя резиновых смесей на основе различных каучуков. Установлено, что введение кожевенной пыли (не больше 20–25 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука) в качестве наполнителя в состав резиновых смесей существенно влияет на их свойства. У резин на основе натурального и хлоропренового каучуков отмечено снижение предела прочности на разрыв и твердость, в то же время относительное удлинение, стойкость к агрессивным средам, сопротивление истиранию улучшаются [11].

Востребованным направлением утилизации дубленых коллагенсодержащих отходов является переработка их на *удобрения* [23]. Предла-

гается использовать термический гидролиз коллагена, который позволит получать 45–50% гидролизного белка от общего его количества, содержащегося в дубленых отходах кожи. В результате переработки получается стерильный сыпучий продукт, состоящий из белков, жиров, углеводов и минеральных веществ. Полученное таким образом удобрение рекомендуют использовать для повышения урожайности плодовых деревьев [24].

Значительная часть белковых веществ, содержащихся в кожевенном сырье, извлекается из него в процессах зольения и мягчения и переходит в отработанные жидкости, а вместе с ними – в канализацию. Переработка отходов кожевенного производства включает и утилизацию осадков, образующихся при очистке сточных вод [4].

Реальное решение этой проблемы найдено на кожевенном заводе в Оттаве (Канада), где биологически разлагаемый осадок с низким содержанием хрома, получаемый в результате биологической очистки сточных вод, смешивают с брикетами сена, соломой или травой и навозом и компостируют с применением анаэробных бактерий. Через 30–45 дней получают однородный высококачественный *компост*.

Исследовательские организации Франции и Италии предположили сжигать осадки, остекловывать образующуюся золу и получать дробленую массу или гранулят, на захоронение которых запреты не распространяются. Перспективно применение осадков для изготовления кирпичей. Содержащиеся в осадках соединения хрома переводят в инертную форму путем нагревания до температуры не выше 500°C в присутствии солей двухвалентного железа. Такая

обработка препятствует образованию соединенной шестивалентного хрома.

В Беларуси уже разработана технология углетермического метода переработки отходов, позволяющая 80% хрома, содержащегося в отходах, перевести в металл, а оставшиеся 20% – в безвредный стекловидный шлак, который после переработки в гранулы или стекловату может быть использован как строительный материал [25, 26].

**Заключение.** В работе систематизированы известные методы и технологии по утилизации отходов кожевенных предприятий, применяемые в мире. Определены основные направления использования отходов: с сохранением волокнистой структуры, с сохранением молекул коллагена и полное или частичное разложение коллагена различными методами. Показано, что перечисленные методы могут быть применены как для недубленых, так и для дубленых отходов кожи.

Наряду с методами переработки определены области использования продуктов, получаемых в результате технологических процессов. Показано, что применение высокотехнологичных процессов с глубокой интеграцией в структуре материала требует больших энергетических затрат, однако данные процессы могут быть реализованы на самих предприятиях кожевенной промышленности. Менее энергоемкие процессы, включающие измельчение продукта и использование его как наполнителя в различных продуктах, таких как «прессованная кожа», строительные материалы, кожеподобные материалы, являются наиболее приемлемым вариантом для реализации на территории Республики Беларусь.

### Литература

1. Павлова М. С. Экологический аспект химической технологии кожи. Радом: РПИ, 1997. 192 с.
2. Богданова И. Е. Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства // Кожевенно-обувная промышленность. 2007. № 2. С. 30–31.
3. Уруджуев Р. С., Демирова А. Ф. Пути использования хромированных отходов // Кожевенно-обувная промышленность. 2004. № 4. С. 46.
4. Справочник кожевника. (Отделка. Контроль производства) / В. П. Баблюян [и др.]. М.: Легпромбытиздат, 1987. 256 с.
5. Борисенко Л. Н. Утилизация кожевенных отходов и эффективность их использования в народном хозяйстве // Кожевенная промышленность. 1991. № 2. С. 37.
6. Отходы кожи и их переработка // Clean-future. URL: <http://clean-future.ru/info-othody-koji-i-ih-pererabotka.html> (дата обращения: 20.02.2017).
7. Карпухина Л. И. Об улучшении использования кожевенного сырья // Кожевенно-обувная промышленность. 1987. № 7. С. 10–11.
8. Бенькевич К., Гжегожевская У. Использование коллагеновых волокон для медицинских целей // Кожевенно-обувная промышленность. 1984. № 12. С. 15.
9. Сакулина А. А., Левина Н. Т. Использование свиного гольевого спилка для производства белой колбасной оболочки // Кожевенно-обувная промышленность. 1998. № 8. С. 25.
10. Жуховский Е. Переработка отходов кожевенного производства на белковые корма // Кожевенно-обувная промышленность. 1984. № 12. С. 13–15.

11. Головтеева А. А., Мартынов И. К. Основные направления использования отходов кожевенного производства // *Кожевенная промышленность*. 1987. № 10. С. 49.
12. Трахтынберг С. И., Коростылева Р. Н. Изучение гидролиза хромовой стружки ненасыщенными кислотами // *Кожевенно-обувная промышленность*. 1982. № 11. С. 40–41.
13. Чурсин В. И. Химико-технологические методы утилизации кожевенной стружки: экономика и экология // *Кожевенно-обувная промышленность*. 1998. № 1. С. 40–41.
14. Артемов А. В. Производство изделий из кожи – проблемы экологии // *Экология и промышленность России*. 2004. № 2. С. 33–35.
15. Пустыльник Я. И. Кожевенные отходы – золотое дно // *Style*. 2001. № 3. С. 90–91.
16. Лозинский В. И. Новый кожеподобный материал из отходов кожевенного производства // Федеральный информационный фонд отечественных и иностранных каталогов промышленной продукции. URL: <http://промкаталог.рф/PublicDocuments/0634457.pdf> (дата обращения: 20.02.2017).
17. Новые экологически чистые строительные материалы / Ю. В. Воробьев [и др.] // *Вестник ТГУ*. 1997. Т. 2, вып. 1. С. 83–87.
18. Абдуллин И. Ш., Абуталипова Л. Н. Применение низкотемпературной плазмы в технологии изготовления обувного картона // *Кожевенно-обувная промышленность*. 2004. № 3. С. 39.
19. Мурычева В. В., Ясинская Н. Н. Перспективы создания в Республике Беларусь композиционной кожи и других видов композиционных материалов из отходов кожевенного производства // *Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика: материалы Международ. науч.-практ. конф., Витебск, 30 нояб. 2016 г.* / Витебск. гос. технол. ун-т. Витебск, 2016. С. 8–12.
20. Шименович Б. Прессованная кожа // *Style*. 2000. № 5. С. 88.
21. Способ переработки кожевенных отходов в кожевенный порошок: пат. 2094466 Рос. Федерация, С 14 В 7/02, С 14 В 13 / Г. В. Денисов, О. И. Михалев; заявитель АОЗТ «Парацельс». № 95113734/12; заявл. 10.08.1995; опубл. 27.10.1997. URL: <http://ru-patent.info/20/90-94/2094466.html> (дата обращения: 20.02.2017).
22. Способ переработки кожевенных отходов в кожевенный порошок: пат. 2041264 Рос. Федерация, С 14 В 13/00 / В. В. Самонин, Ю. В. Богданов; заявитель ТОО «АЛТ». № 93010246/12; заявл. 01.03.1993; опубл. 09.08.1995. URL: <http://ru-patent.info/20/40-44/2041264.html> (дата обращения: 20.02.2017).
23. Волковой М. П., Карпухина Л. Н. О внедрении технологии переработки отходов кож хромового дубления на удобрение // *Кожевенно-обувная промышленность*. 1985. № 9. С. 9–11.
24. Лопатин В. В., Стецюк В. Г. Переработка дубленых отходов кожевенного производства на удобрения // *Кожевенно-обувная промышленность*. 1999. № 5. С. 15–16.
25. Использование и утилизация хромсодержащих отходов кожевенного производства / О. С. Комаров [и др.] // *Современные направления развития производственных технологий и робототехника: материалы Международ. конф., Могилев, 22–23 апр. 1999 г.* / Могилев. машиностроительный ин-т. Могилев, 1999. С. 235.
26. Получение железо-хромистого сплава с использованием отходов кожевенного и машиностроительного производства / О. С. Комаров [и др.] // *Литье и металлургия*. 2004. № 1. С. 104–106.

## References

1. Pavlova M. S. *Ekologicheskiy aspekt khimicheskoy tekhnologii kozhi* [Ecological aspect of chemical skin technology]. Radom, RPI Publ., 1997. 192 p.
2. Bogdanova I. E. Modern directions of processing of collagen-containing wastes of tannery. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 2007, no. 2, pp. 30–31 (In Russian).
3. Urudzhuev R. S., Demirova A. F. Ways of using chrome-plated waste. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 2004, no. 4, pp. 46 (In Russian).
4. Babloyan V. P. *Spravochnik kozhevnika. (Otdelka. Kontrol' proizvodstva)* [Directory of the tanner. (Finishing, Production Control)]. Moscow, Legprombytizdat Publ., 1987. 256 p.
5. Borisenko L. N. Utilization of tannery wastes and the efficiency of their use in the national economy. *Kozhevennaya promyshlennost'* [Leather industry], 1991, no. 2, p. 37 (In Russian).
6. *Otkhody kozhi i ikh pererabotka* [Skin waste and their processing]. Available at: <http://cleanfuture.ru/info-othody-koji-i-ih-pererabotka.html> (accessed 20.02.2017).
7. Karpukhina L. I. On the improvement of the use of leather raw materials. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1987, no. 7, pp. 10–11 (In Russian).

8. Ben'kevich K., Gzhegozhevskaya U. Use of collagen fibers for medical purposes. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1984, no. 12, p. 15 (In Russian).
9. Sakulina A. A., Levina N. T. Using a pig hogie for producing a protein sausage casing. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1998, no. 8, p. 25 (In Russian).
10. Zhukhovskiy E. Processing of waste leather production on protein feed. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1984, no. 12, pp. 13–15 (In Russian).
11. Golovteeva A. A., Martynov I. K. The main directions of the use of tannery waste. *Kozhevennaya promyshlennost'* [Leather industry], 1987, no. 10, p. 49 (In Russian).
12. Trakhtynberg S. I., Korostyleva R. N. The study of the hydrolysis of chrome chips with unsaturated acids. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather industry], 1982, no. 11, pp. 40–41 (In Russian).
13. Chursin V. I. Chemical and technological methods for the utilization of tanning shavings: economic and ecology. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1998, no. 1, pp. 40–41 (In Russian).
14. Artemov A. V. Manufacture of leather products – environmental problems. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2004, no. 2, pp. 33–35 (In Russian).
15. Pustyl'nik Ya. I. Tannery – the golden bottom. *Style*, 2001, no. 3, pp. 90–91 (In Russian).
16. Lozinskiy V. I. *Novyy kozhepodobnyy material iz otkhodov kozhevennogo proizvodstva* [New leather-like material from leather waste]. Available at: <http://промкаталог.рф/PublicDocuments/-0634457.pdf> (accessed 20.02.2017).
17. Vorob'yev Yu. V., Zhukov N. P., Maynikova N. F., Muromtsev Yu. L., Rogov I. V. New environmentally friendly building materials. *Vestnik TTU* [Bulletin of TTU], 1997, vol. 2, issue 1, pp. 83–87 (In Russian).
18. Abdullin I. Sh., Abutalipova L. N. Application of low-temperature plasma in the production technology of shoeboard. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 2004, no. 3, p. 39 (In Russian).
19. Murycheva V. V., Yasinskaya N. N. [Prospects for the creation in the Republic of Belarus of composite leather and other types of composite materials from leather production waste]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Pererabotka otkhodov tekstil'noy i legkoy promyshlennosti: teoriya i praktika)* [Materials of the International Scientific and Practical Conference (Recycling of textile and light industry waste: theory and practice)]. Vitebsk, 2016, pp. 8–12 (In Russian).
20. Shimenovich B. Pressed leather. *Style*, 2000, no. 5, p. 88 (In Russian).
21. Denisov G. V., Mikhalev O. I. *Sposob pererabotki kozhevnykh otkhodov v kozhevnyy poroshok* [Method for processing tannery in leather powder]. Patent RF, no. 2094466, 1997.
22. Samonin V. V., Bogdanov Yu. V. *Sposob pererabotki kozhevnykh otkhodov v kozhevnyy poroshok* [Method for processing tannery in leather powder]. Patent RF, no. 2041264, 1995.
23. Volkoboy M. P., Karpukhina L. N. On the introduction of the technology for recycling chrome tanned leather waste into fertilizers. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1985, no. 9, pp. 9–11 (In Russian).
24. Lopatin V. V., Stetsyuk V. G. Processing of tanned leather waste products for fertilizers. *Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost'* [Leather and footwear industry], 1999, no. 5, pp. 15–16 (In Russian).
25. Komarov O. S., Svidunovich N. A., Dulevich A. F., Volosatikov V. I. [Use and disposal of chrome-containing waste leather products]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii (Sovremennyye napravleniya razvitiya proizvodstvennykh tekhnologiy i robototekhnika)* [Materials of the International Conference (Modern directions of development of production technologies and robotics)]. Mogilev, 1999, p. 235 (In Russian).
26. Komarov O. S., Svidunovich N. A., Provorova I. B., Volosatikov V. I. Preparation of iron-chromium alloy using waste of tanning and machine-building production. *Lit'ye i metallurgiya* [Casting and metallurgy], 2004, no. 1, pp. 104–106 (In Russian).

#### Информация об авторах

**Кравченя Галина Николаевна** – инженер кафедры механики материалов и конструкций. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [kravchenyagn1994@gmail.com](mailto:kravchenyagn1994@gmail.com)

**Кордикова Елена Ивановна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механики материалов и конструкций. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [kordikova@tut.by](mailto:kordikova@tut.by)

**Спиглазов Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механики материалов и конструкций. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: spiglazov@belstu.by

#### **Information about the authors**

**Kravchenya Halina Nikolaevna** – engineer, the Department of Material and Construction Mechanics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kravchenyagn1994@gmail.com

**Kordikova Elena Ivanovna** – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Material and Construction Mechanics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kordikova@tut.by

**Spiglazov Aleksandr Vladimirovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Material and Construction Mechanics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: spiglazov@belstu.by

*Поступила 25.04.2017*