

УДК 631.35:636.085.51

**Э. В. Логвинова<sup>1</sup>, В. С. Болтовский<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ООО «Фермент»<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО КОНСЕРВАНТА  
ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Основным направлением развития кормовой базы жвачных животных является совершенствование методов заготовки трудносилосуемых трав и расширение кормовой базы. Одним из путей достижения может быть включение в рацион крупного рогатого скота малоценного растительного сырья – соломы зерновых и масличных культур. Перспективным методом повышения силосуемости трав в смеси с соломой является применение комплексного биоконсерванта, содержащего консорциум микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* и полиферментный препарат на основе целлюлазы, ксиланазы и пектиназы. Для повышения доступности ферментных препаратов к трудногидролизуемым полисахаридным компонентам солому измельчают и пропаривают. Это позволяет частично перевести гемицеллюлозы, целлюлозу и пектиновые вещества в декстрины и моносахара, которые сбраживаются молочнокислыми бактериями главным образом в молочную кислоту. Таким образом, достигается высокий консервирующий эффект, повышается усвояемость сырой клетчатки, улучшаются вкусовые свойства соломы, что повышает ее поедаемость по сравнению с использованием в сухом виде. Заготовка высококачественного корма как самого дешевого источника протеина и усвояемых сахаров позволяет снизить количество дорогостоящих концентратов и включить солому в рацион крупного рогатого скота.

**Ключевые слова:** растительное сырье, трудносилосуемые травы, разнотравье, силосование, солома, бактериальная закваска, полиферментный препарат, растительный корм.

**Для цитирования:** Логвинова Э. В., Болтовский В. С. Эффективность применения биохимического консерванта при заготовке кормов на основе растительного сырья // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2023. № 1 (265). С. 88–94. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-10.

**E. V. Logvinova<sup>1</sup>, V. S. Boltovskiy<sup>2</sup>**<sup>1</sup>OYSK "Ferment"<sup>2</sup>Belarusian State Technological University**THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF A BIOCHEMICAL PRESERVATIVE  
IN THE PREPARATION OF FEED BASED ON VEGETABLE RAW MATERIALS**

The main direction of the development of the feed base of ruminants is the improvement of methods of harvesting difficult-to-harvest grasses and the expansion of the feed base. One of the ways to achieve this may be the inclusion in the diet of cattle of low-value vegetable raw materials – straw of cereals and oilseeds. A promising method of increasing the silage capacity of herbs mixed with straw is the use of a complex bioconvert containing a consortium of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* microorganisms and a poly-enzyme preparation based on cellulase, xylanase and pectinase. To increase the availability of enzyme preparations to hard-to-hydrolyze polysaccharide components, the straw is crushed and steamed. This makes it possible to partially convert hemicelluloses, cellulose and pectin substances into dextrans and monosaccharides, which are fermented by lactic acid bacteria mainly into lactic acid. Thus, a high preservative effect is achieved, the digestibility of raw fiber increases, the fine properties of straw improve, which increases its digestibility compared to its use in dry form. Harvesting high-quality feed as the cheapest source of protein and digestible sugars allows you to reduce the amount of expensive concentrates and include straw in the diet of cattle.

**Keywords:** vegetable raw materials, hard-to-digest herbs, motley grass, silage, straw, bacterial starter culture, poly-enzyme preparation, vegetable feed.

**For citation:** Logvinova E. V., Boltovskiy V. S. The effectiveness of the use of a biochemical preservative in the preparation of feed based on vegetable raw materials. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2023, no. 1 (265), pp. 88–94. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-10 (In Russian).

**Введение.** В условиях рискованного земледелия актуальным является расширение кормовой базы для развития животноводства. Сложность силосования бобовых и бобово-злаковых трав в оптимальные фазы созревания заключается не только в высоком содержании белка и дефиците простых сахаров, но и высокой влажности. Для удаления свободной воды травы проявляют либо вносят проявленные злаковые культуры, намного реже добавляют солому, так как она снижает питательность растительного корма.

Солома образуется при обмолоте зерна злаковых и масличных культур. Она является грубым кормом с высоким содержанием трудноусвояемой клетчатки и низким содержанием моносахаридов и протеина. В рационе крупного рогатого скота солома играет роль балластного корма, необходимого для придания надлежащего объема, и нормализует процесс пищеварения при наличии водянистых растительных кормов.

На подстилку для животных, запахивание в землю, постройку коттеджей, утепление ферм и укрытие буртов, на производство удобрений и топлива ориентировочно используется от 20 до 25% от всего объема производства соломы пшеницы [1, 2]. Больше половины остается невостребованной из-за несовершенства традиционных технологий утилизации.

Химический состав соломы неоднороден, колеблется в широком диапазоне и зависит от вида культуры (пшеница, рожь, овес, рапс и т. д.), климатической зоны и времени посева (яровая, озимая мягкая, озимая-стерновка). Основными компонентами растительных клеток являются целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин. Трудногидролизуемые полисахариды представлены целлюлозой, которой характерна высокая степень упорядоченности благодаря наличию межмолекулярных водородных связей и вандер-ваальсовых сил притяжения, обеспечивающих агрегацию линейных цепочек в микрофибриллы. Их количество в одной микрофибрилле доходит до сорока [3, 4].

Отходы переработки сельскохозяйственных культур содержат значительное количество (5,0–34,4%) лигнина [3]. Сочетание прочной кристаллической структуры целлюлозы с лигнином увеличивает прочность растительных клеток, а также придает химическую и микробиологическую стойкость соломе.

Наиболее ценной для кормления животных является солома яровых культур по сравнению с озимой, так как содержит меньше клетчатки. Благодаря высокому содержанию сырого протеина и жира отходы яровых культур могут служить полноценной заменой сене низкого качества, в то время как солома озимых отлично

подходит в качестве подстилки для животных и укрытия овощей при закладке в бурты на хранение в осенне-весенний период. Лучше всего использовать солому озимой ржи, так как она выполняет фитосанитарную функцию: благодаря высокому содержанию кальция подавляет развитие патогенной микрофлоры и отпугивает грызунов.

Гречишная солома по питательности близка к яровой, однако быстро плесневеет и может вызывать фагопироз (припухание и покраснение кожи) у животных. Она не нашла широкого применения в кормопроизводстве.

Качество кормов оценивается по уровню общей питательности, содержанию протеина, витаминов и микроэлементов. В кормовом отношении лучшей является солома бобовых вследствие высокого содержания протеина и минеральных веществ, а среди злаковых культур – овсяная и ячменная. При этом ячменная солома по питательности превосходит ржаную и пшеничную, но скармливать ее лучше после тепловой обработки, так как велик риск заражения плесневыми грибами.

Солома тритикале, являясь гибридом пшеницы и озимой ржи, нашла применение в качестве зеленого корма, силоса, сена. Поэтому проблема ее утилизации не стоит так остро.

Грубые корма, такие как солома зерновых культур, лузга подсолнечника, свекловичный жом и кукурузная кочерыжка, обязательно должны присутствовать в рационе животных, так как клетчатка оказывает благотворное влияние на пищеварительные процессы, стимулируя деятельность рубца.

**Основная часть.** В необработанном виде солома плохо поедается сельскохозяйственными животными, поэтому используют различные методы подготовки к скармливанию.

Наиболее широкое распространение получил физический способ (измельчение, пропаривание), который привлекателен простотой в исполнении и не предполагает больших вложений. Он улучшает органолептические показатели, но не повышает питательность. Химический метод способствует частичному разрушению сырой клетчатки и увеличивает доступность компонентов соломы. Биологический метод позволяет не только повысить усвояемость компонентов соломы, но и обогатить белком.

Предобработка соломы на различных видах мельниц (коллоидные, шаровые, вибромельницы), дробилках и дезинтеграторах разрушает кристаллическую структуру целлюлозы, что способствует значительному возрастанию ее реакционной способности и повышению поедаемости сельскохозяйственными животными.

Внесение абразива (5%-ный карбонат натрия) в процессе механической активации позволяет получить более выраженные изменения морфологии клеточных стенок: усиливается их фрагментация, уменьшается размер фрагментов с образованием протяженных трещин размером около 500 нм [5].

Пропаривание соломы размером 1–3 мм в автоклаве позволяет повысить содержание редуцирующих веществ до 3,75% [6]. Запаривание не только улучшает вкусовые качества соломенной резки, которая приобретает приятный хлебный аромат и размягчает структуру, но и уничтожает плесневые грибы.

Смешивание измельченной соломы с зеленой массой кукурузы, свекольной ботвы, рапса, трав ранних фаз вегетации обеспечивает пропитку ее соком растений, обогащая растительный корм витаминами и минеральными веществами. Выделившиеся органические кислоты и ферменты повышают перевариваемость клетчатки и поедаемость соломы по сравнению с использованием в необработанном виде.

Обработка соломы щелочами (известью, аммиаком, каустической и кальцинированной содой) позволяет улучшить ее перевариваемость за счет ослабления и даже разрушения связей и деполимеризации полисахаридов, а также способствует подщелачиванию, что в совокупности создает благоприятные условия для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих бактерий в рубце крупного рогатого скота.

Экструдирование измельченной до 15 мм соломы, выдержанной в 20%-ном растворе щелочи 3 ч и смешанной с фуражным зерном, позволяет частично компенсировать дефицит зерна при откорме молодняка животных с неразвитой ферментативной системой [7].

Углеводно-белковый корм можно получить при щелочной обработке соломы тринарийфосфатом и аммиачной водой с последующей нейтрализацией соляной кислотой при температуре 95–100°C в течение 3 ч. В полученный гидролизат (10–12% моносахаридов) вносят дрожжи, твердый остаток соломы и смешивают [8].

Многоступенчатая технология диспергирования измельченной (2–4 см) ржаной соломы с различной кислотностью (рН 3–4 и 10–11) способствует повышению усвояемости компонентов грубого корма и позволяет включать его в рацион крупного рогатого скота в качестве кормовой добавки [9].

Более мягким способом обогащения соломы белком является гидролиз соломенной резки и льняного жмыха раствором поваренной соли

при температуре 20–30°C с последующей обработкой на валковом диспергаторе [10].

При закладке траншеи в неблагоприятные погодные условия влажность зеленой массы может достигать 80%, что неизбежно приводит к развитию гнилостных и маслянокислых бактерий. В таком случае даже применение химических консервантов не дает нужного эффекта, так как при трамбовке сок вместе с питательными веществами вытекает из траншеи. Поэтому рекомендуется добавлять от 8 до 20% измельченного сена или соломы даже при заготовке легкосилосуемой кукурузной массы [11].

Водоудерживающая способность соломы достигает 300% [5], поэтому внесение всего лишь 10% абсолютно сухой соломенной резки по массе позволяет убрать до 30% свободной влаги.

При силосовании кукурузы (влажностью 74,86%) с нативной соломой в количестве 25% от массы смеси с добавлением целлювиридина ГЗх (целлюлаза – 200 ед./г) с дозировкой 0,009–0,11% от массы силоса [12] получают корм с низкой питательностью. Причиной является высокое содержание малоценной нативной соломы, недоступной действию целлюлазы, и низкая активность фермента.

Внесение полиферментного препарата для повышения усвояемости сырой клетчатки нативной необработанной соломы также крайне неэффективно. Воздействию ферментов препятствует лигнин, который существенно снижает их активность, так как окружает волокна целлюлозы и сорбирует молекулы белка на своей поверхности.

Одним из самых безопасных и эффективных методов предобработки, повышающих реакционную способность компонентов соломы, является предварительное измельчение (расстирание).

Механическая активация приводит к появлению крупных фрагментов с трещинами вдоль направления волокон и расслоению клеточных стенок. Уже при первичном измельчении соломы пшеницы в шаровой мельнице до 0,4 мм с последующим гидролизом ферментным препаратом «Целлолюкс-А» степень конверсии достигает 62%. Третье измельчение способствует достижению значения степени конверсии до 95% [13].

Показано, что периодическая механическая обработка соломы кукурузы с новой порцией ферментного препарата позволяет довести конверсию полисахаридов до 90% [13].

Недостатками являются необходимость применения дорогостоящего оборудования и низкая сохранность готового растительного корма.

Установлено [14], что измельченная до 0,2–0,8 мм солома, дополнительно обработанная паром или азотной кислотой, с последующим культивированием микроскопических грибов *Trichoderma lignorum* 534-6-2А и *Chaetomium cellulolyticum* позволяет повысить выход сырого белка.

Наиболее эффективным является комбинированный способ, который подразумевает предварительную подготовку соломы: измельчение и пропаривание с последующим внесением бактериальных и/или ферментных препаратов.

Примером может служить способ приготовления растительного корма из травяной муки и пропаренной соломы с добавлением закваски на основе ферментных препаратов и содержимого рубца жвачных животных [15]. Однако способ отличается высокими затратами труда и времени (запаривание соломы, приготовление закваски).

Целью данной работы является исследование эффективности применения биохимического консерванта при заготовке кормов на основе смеси зеленой массы и соломы. В настоящее время в Республике Беларусь увеличены посевы рапса. Поэтому для расширения кормовой базы крупного рогатого скота при силосовании использовали солому рапса. Биоконсервация смеси зеленой массы разнотравья и пропаренной соломы рапса проводилась с комплексным биоконсервантом на основе консорциума микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* в количестве  $1 \cdot 10^{11}$  КОЕ/г и полиферментного препарата на основе целлюлазы – 300–10 000 ед./г, ксиланазы – 500–70 000 ед./г, пектиназы – 500–15 000 ед./г в соотношении (1–5) : (6,1–10,2) : (1,5–4,4).

Для приготовления рабочего раствора в 1 л воды с температурой от 20 до 40°C разводили 5–300 г порошка на 1 т силосуемой массы. Для удобства закладки в лабораторных условиях ра-

бочий раствор разводили в 10 раз и выдерживали 1 ч для активации сухих молочнокислых бактерий и ферментов.

Солому рапса измельчали до 3–4 см, пропаривали при 100°C в течение 1–2 ч для уничтожения патогенной микрофлоры, снижения механической прочности соломы и, как следствие, повышения доступности ферментов.

Зеленую массу разнотравья с влажностью свыше 60% измельчали до 3–4 см и орошали биоконсервантом, смешивали с пропаренной соломой резкой в соотношении (8,5–9,5) : 1, что позволяет предотвратить утечку сока из силоса благодаря высокой гигроскопичности соломы и снизить потери питательных веществ.

Силосование зеленой массы с добавлением соломы более 15% значительно снижает питательность растительного корма из-за наличия прочного трудноперевариваемого лигноцеллюлозного комплекса.

Опытные образцы измельченного разнотравья без добавок (контроль), с рабочим раствором «Биосила» и с рабочим раствором комплексного биоконсерванта закладывали в вакуумные пакеты, а затем удаляли воздух для создания анаэробных условий и помещали в прохладное темное место без доступа света на 60 дней.

Силос оценивали по внешнему виду (цвет, запах, консистенция), содержанию сухого вещества, сырой клетчатки, сырого протеина, сырой золы, кислотности, масляной кислоты (табл. 1), согласно СТБ 1223-2000. Содержание сырой клетчатки, сырого протеина и сырой золы рассчитывали на абсолютно сухое вещество.

Исходная смесь разнотравья и соломы рапса содержала: сухое вещество – 42,2%; сырую клетчатку – 17,9%; сырой протеин – 3,84%; сырую золу – 8,1%; pH 5,6.

Опытные образцы обладали приятным ароматом квашеных овощей, цвет и консистенция характерны исходному сырию.

Таблица 1

Питательная ценность силоса

Способ заготовки	Содержание, %					pH
	Сухое вещество	Сырая клетчатка	Сырой протеин	Сырая зола	Масляная кислота	
Без добавок (контроль)	34,3	18,1	3,28	8,0	0,1	5,0
Ферментный препарат «Биосил»	36,6	17,5	3,35	7,9	0	4,8
<i>Lactobacillus plantarum</i> + + <i>Lactobacillus casei</i> + поли- ферментный препарат	40,3	16,0	3,65	7,7	0	4,1

Таблица 2

**Потери питательных веществ опытных образцов силоса  
по сравнению с исходным сырьем**

Способ заготовки	Содержание, %			
	Сухое вещество	Сырая клетчатка	Сырой протеин	Сырая зола
Силос без добавок	18,7	0	14,6	11,2
Ферментный препарат «Биосил»	13,3	2,2	12,8	22,5
<i>Lactobacillus plantarum</i> + + <i>Lactobacillus casei</i> + поли- ферментный препарат	4,5	10,6	44,9	33,8

Растительный корм с комплексным биоконсервантом на основе *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* согласно требованиям СТБ 1223-2000 «Силос из кормовых растений. Технические условия» по содержанию сырой золы (11%), сырой клетчатки (25%) и масляной кислоты (0%) соответствовал высшему классу, по сухому веществу (25%) – первому, а по протеину (7%) – третьему. При комплексной оценке качества по СТБ 1223-2000 получился корм второго класса (1,7), но из-за низкого значения сырого протеина был отнесен к третьему классу.

В контрольном образце обнаружено незначительное количество масляной кислоты (0,1%), которое указывает на развитие маслянокислых бактерий, снижающих качество растительного корма. Значение pH (активной кислотности) в образце без добавок не достигло оптимальной величины и составляет 5,0.

Для оценки эффективности предложенного способа силосования был проведен расчет потерь питательных веществ опытных образцов силоса по сравнению с исходным сырьем, который представлен в табл. 2.

В опытном образце с применением комплексного биоконсерванта наблюдались незначительные потери питательных веществ по сравнению с исходным растительным сырьем, которые составили по сухому веществу 4,5%, по сырому протеину 4,9%, по сырой золе 3,8%. Потери сухих веществ в опытных образцах с использованием ферментного препарата «Биосил» и комплексного биоконсерванта составили 13,3 и 4,5% соответственно, по сырому протеину – 12,8 и 4,9% соответственно по сравнению с исходным сырьем. Таким образом, потери питательных веществ были снижены более чем в 2,5 раза по сравнению с применением препарата «Биосил».

Самые высокие потери сухого вещества (18,7%) и сырого протеина (14,6%) обнаружены в силосе без добавок.

Показателем эффективности полиферментного препарата является снижение содержания сырой клетчатки на 10,6%. Комплексное воздействие ферментов способствует повышению содержания простых сахаров, чем создает благоприятные условия для жизнедеятельности молочнокислых бактерий, синтезирующих достаточное количество молочной кислоты. Таким образом, снижается значение pH до оптимального уровня 4,1, эффективно подавляющего жизнедеятельность патогенной микрофлоры, в отличие от силоса с препаратом «Биосил» (pH 4,8).

Предложенный способ силосования разнотравья, включающий использование измельченной и пропаренной соломы рапса, позволяет снизить потери питательных веществ растительного корма до 5%, повысить силосуемость и усвояемость сырой клетчатки.

Для заготовки в силосных сооружениях допускается послойная укладка пропаренной соломы высотой 10–40 см и зеленой массы растительного сырья высотой 30–50 см, уплотнение и орошение каждого слоя раствором комплексного биоконсерванта.

**Заключение.** Таким образом, комплексный биоконсервант на основе *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei*, обогащенный полиферментной композицией (ксилаказы, целлюлазы, пектиназы), эффективен при заготовке разнотравья в смеси с пропаренной соломенной резкой и позволяет повысить силосуемость растительного корма, снизить потери питательных веществ до 5%, повысить усвояемость сырой клетчатки, улучшить вкусовые свойства соломы рапса по сравнению с использованием в сухом виде.

При закладке в траншею с послойной укладкой зеленой массы трав и соломы рекомендуется обратить внимание на качество последней. Солома, предназначенная для кормовых целей, должна обладать свежим запахом с цветом, характерным данному типу трав, не должна содержать ядовитых растений и земли. Недоброкачественная солома с признаками порчи может

стать источником микотоксинов (которые не разлагаются даже при длительном термическом воздействии), а также патогенной микрофлоры при отклонении от технологии пропаривания. При снижении содержания соломы до 5% допускается орошение только зеленой массы рас-

тительного сырья, которая проводится в процессе уборки.

Предложенный способ дает возможность расширить ассортимент кормовых культур для консервирования растительного сырья и снизить себестоимость рациона крупного рогатого скота.

### Список литературы

1. Родькин О. И. Экологическая оценка и потенциал использования соломы зерновых культур в качестве биотоплива // Вестник технологического университета. 2015. № 10. С. 66–76.
2. Быков В. А., Головин В. В., Корольков И. И. Перспективы производства растительно-углеводного корма на основе гидролиза древесины и других растительных материалов // Гидролизная и лесохимическая промышленность. 1982. № 5. С. 4–6.
3. Харина М. В., Терехова Л. М., Емельянов В. М. Состав, структура и перспективы энергоресурсосберегающей переработки соломы злаковых культур // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 24. С. 168–174.
4. Исследование процесса переработки пшеничной соломы в ароматические альдегиды и левулиновую кислоту / В. Е. Тарабанько [и др.] // Химия растительного сырья. 1998. № 3. С. 59–64.
5. Изменение клеточной стенки при механической активации растительной и дрожжевой биомассы / А. Л. Бычков [и др.] // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 49–56.
6. Предварительная обработка растительного сырья и отходов сельскохозяйственного производства с целью повышения выхода редуцирующих веществ / Р. М. Нуртдинов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 9. С. 264–267.
7. Способ переработки растительного сырья: пат. RU 2141229 / В. В. Богомолов, О. П. Гончаров, З. И. Данилина, Е. К. Ильюкевич, Г. З. Пальмина, Н. Д. Сурушкин. Оpubл. 20.11.1999.
8. Трофимов А. Н., Белоусов А. М. Получение углеводно-белкового корма на основе соломы // Химия растительного сырья. 2003. № 4. С. 69–72.
9. Способ получения кормовой добавки из грубого растительного сырья: пат. RU 2091039 / В. В. Вольф, А. Н. Панов, Н. Е. Галинуров. Оpubл. 27.09.1997.
10. Способ получения соломобелкового корма для жвачных животных: пат. RU 2268610 / А. Н. Стеблинин, И. Э. Миневиц, А. В. Исакова, А. Л. Григорьева. Оpubл. 27.01.2006.
11. Гракун В. В., Заневский А. К., Попков Н. А. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации. Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2017. 77 с.
12. Способ силосования растительного сырья: пат. ВУ 2004161 / Э. В. Удалова, П. И. Тищенко, Л. В. Рыженко, Г. А. Ахмедов, О. А. Бетерсултанов, В. А. Бондарев, А. А. Симонов, М. В. Фисун, А. А. Панов, Б. Б. Ицыгин. Оpubл. 15.12.1993.
13. Голязимова О. В., Политов А. А., Ломовский О. И. Механическая активация ферментативного гидролиза лигноцеллюлозы // Химия растительного сырья. 2009. № 2. С. 59–64.
14. Солома – отход агропромышленного комплекса как перспективное сырье для получения кормовых и белковых препаратов / Р. Т. Валеева [и др.] // Вестник технологического университета. 2016. № 6. С. 137–140.
15. Способ приготовления корма из растительного сырья: пат. SU 1287829 / Ю. И. Юдин, К. А. Турганов, М. Н. Деревякин, П. А. Леснов, С. А. Абдиев, И. А. Шнайдер. Оpubл. 07.02.1987.

### References

1. Rod'kin O. I. Ecological assessment and the potential of using grain straw as biofuel. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2015, no. 10, pp. 66–76 (In Russian).
2. Bykov V. A., Golovin V. V., Korol'kov I. I. Prospects for the production of vegetable-carbohydrate feed based on the hydrolysis of wood and other plant materials. *Gidroliznaya i lesokhimicheskaya promyshlennost'* [Hydrolysis and wood chemical industry], 1982, no. 5, pp. 4–6 (In Russian).
3. Kharina M. V., Terekhova L. M., Yemel'yanov V. M. Composition, structure and prospects of energy-saving processing of cereal straw. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2014, no. 24, pp. 168–174 (In Russian).
4. Tarabanko V. E., Koropachinskaya N. V., Kudryashev A. V., Pervyshina E. P., Kuznetsov B. N., Polyakov S. V., Zolotukhin V. N. Investigation of the process of processing wheat straw into aromatic

aldehydes and levulinic acid. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 1998, no. 3, pp. 59–64 (In Russian).

5. Bychkov A. L., Korolev K. G., Ryabchikova E. I., Lomovskiy O. I. Changes in the cell wall during mechanical activation of plant and yeast bio-mass. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2010, no. 1, pp. 49–56 (In Russian).

6. Nurtdinov R. M., Valeyeva R. T., Mukhachev S. G., Kharina M. V. Pretreatment of plant raw materials and agricultural waste in order to increase the yield of reducing substances. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2011, no. 9, pp. 264–267 (In Russian).

7. Bogomolov V. V., Goncharov O. P., Danilina Z. I., Il'yukevich E. K., Pal'mina G. Z., Surushkin N. D. Method of processing vegetable raw materials. Patent RU 2141229, 1999 (In Russian).

8. Trofimov A. N., Belousov A. M. Obtaining carbohydrate-protein feed based on straw. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2003, no. 4, pp. 69–72 (In Russian).

9. Volf V. V., Panov A. N., Galinurov N. E. Method for obtaining a feed additive from coarse vegetable raw materials. Patent RU 2091039, 1997 (In Russian).

10. Steblinin A. N., Minevich I. E., Isakova A. V., Grigor'yeva A. L. Method of obtaining straw-protein feed for ruminants. Patent RU 2268610, 2006 (In Russian).

11. Grakun V. V., Zanevskiy A. K., Popkov N. A. *Tekhnicheskoye obespecheniye tekhnologiy zagotovki vysokokachestvennykh kormov: rekomendatsii* [Technical support of technologies for harvesting high-quality feed: recommendations]. Minsk, RUP “NPTs NAN Belarusi po zhivotnovodstvu” Publ., 2017. 77 p. (In Russian).

12. Udalova E. V., Tishenkov P. I., Ryzhenok L. V., Akhmedov G. A., Betersultanov O. A., Bondarev V. A., Simonov A. A., Fisunov M. V., Panov A. A., Itsygin B. B. Method of silage of vegetable raw materials. Patent BY 2004161, 1993 (In Russian).

13. Golyazimova O. V., Politov A. A., Lomovskiy O. I. Mechanical activation of enzymatic hydrolysis of lignocellulose. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2009, no. 2, pp. 59–64 (In Russian).

14. Valeyeva R. T., Krasilnikova O. V., Shurbina M. Yu., Nuretdinova E. I. Straw-waste from the agro-industrial complex as a promising raw material for the production of feed and protein preparations. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2016, no. 6, pp. 137–140 (In Russian).

15. Yudin Yu. I., Turganov K. A., Derevyakin M. N., Lesnov P. A., Abdiyev S. A., Shnayder I. A. Method of preparation of feed from vegetable raw materials. Patent SU 1287829, 1987 (In Russian).

#### Информация об авторах

**Логвинова Эра Викторовна** – инженер-технолог. ООО «Фермент» (220062, г. Минск, пр-т Победителей, 117, Республика Беларусь). E-mail: irulent@tut.by

**Болтовский Валерий Станиславович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: v-boltovsky@rambler.ru

#### Information about the authors

**Logvinova Era Viktorovna** – engineer. OYSK “Ferment” (117, Pobediteley Ave., 220062, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: irulent@tut.by

**Boltovskiy Valeriy Stanislavovich** – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v-boltovsky@rambler.ru

Поступила 07.11.2022