

## ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

<sup>1,2</sup>**В.А. Ермолаев**, доктор технических наук, профессор

<sup>1</sup>Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

<sup>2</sup>Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

E-mail: ermolaevvla@rambler.ru

**Ключевые слова:** сахар, отходы, экологическая безопасность, утилизация, переработка, сушка, жом.

**Реферат.** Статья посвящена обзору литературных данных по проблеме экологической безопасности сахарного производства. Рассмотрены основные виды отходов, которые образуются при производстве сахара. Приведены некоторые направления переработки и утилизации отходов сахарного производства, таких как свекловичный жом, фильтрационный осадок, меласса, свекловичные хвосты и сточные воды. Свекловичный жом по большей части подвергается высушиванию и используется при изготовлении комбикормов для сельскохозяйственных животных. Его можно применять для получения порошкообразного полуфабриката в пищевой промышленности и производства удобрений. Фильтрационный осадок используется для повышения качества почвенно-биотического комплекса выщелоченного чернозема. Меласса также представляет собой побочный продукт сахарного производства, содержащий около 50 % сахарозы. Поэтому целесообразным становится извлечение сахара из мелассы при условии экономической выгоды. Из недорогих и несложных способов извлечения сахара из мелассы можно отметить известковую сепарацию, осаждение сахарозы с помощью уксусной кислоты, а также баритовый и стронциевый методы извлечения сахара из мелассы. Сточные воды заводов сахарного производства могут использоваться для орошения. Однако учитывая, что сезон переработки сахарной свеклы не совпадает с вегетационным периодом, то для орошения полей сточными водами для них нужно сооружать специальные пруды-накопители, отстойники, насосные и орошающие системы, что требует дополнительных затрат. При переработке сахарной свеклы образуется еще один вид отходов – свекловичные хвосты. В большинстве случаев этот вид отходов либо используется для получения дополнительного сахара, либо идет на корм сельскохозяйственным животным. Хвосты улавливаются на ротационном свеклоулавливателе, проходят через сортировочный классификатор и направляются на переработку. Мелкая фракция отправляется вместе с жомом на обезвоживание либо в жомовые ямы для кормления скота.

## SECONDARY RAW MATERIALS FOR SUGAR PRODUCTION AND DIRECTIONS FOR ITS PROCESSING

<sup>1,2</sup>**V.A. Ermolaev**, Doctor of Technical Sciences, Professor

<sup>1</sup>Kuzbass State Agricultural Academy

<sup>2</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

**Keywords:** sugar, waste, environmental safety, recycling, processing, drying, pulp.

**Abstract.** The article is devoted to a review of literature data on the problem of environmental safety of sugar production. The main types of waste generated during sugar production are considered. Some areas of processing and disposal of sugar production waste, such as beet pulp, filter cake, molasses, beet tailings, and wastewater, are given. Beet pulp is mainly dried and used to manufacture feed for farm animals. It can be used to obtain powdered semi-finished products in the food industry and the production of fertilizers. Filtration sediment is used to improve the quality of the soil-biotic complex of leached chernozem. Molasses is also a by-product of sugar production, containing about 50% sucrose. Therefore, it becomes advisable to extract sugar from molasses, subject to economic benefits. Inexpensive and uncomplicated methods for removing sugar from molasses include lime separation, precipitation of sucrose using acetic acid, and barite and strontium methods for extracting sugar from molasses. Wastewater from sugar factories can be used for irrigation. However, given that the sugar beet processing season does not coincide with the growing season, to irrigate fields with

wastewater, it is necessary to build unique storage ponds, settling tanks, and pumping and irrigation systems, which require additional costs. Another type of waste is generated when sugar beets are processed: beet tailings. This type of waste is usually used to obtain additional sugar or feed farm animals. The tailings are collected on a rotary beet catcher, passed through a sorting classifier, and sent for processing. The fine fraction is sent with the pulp for dehydration or to pulp pits for feeding livestock.

Сахарная промышленность занимает важное место в мире в обеспечении населения продовольствием [1, 2]. Сахар не только входит в рацион питания человека, но и широко используется в кондитерской, хлебопекарной, молочной, консервной промышленности. В России за последние годы наблюдается изменение структуры товарного предложения сахара в сторону импортозамещения, увеличения производства сахара из свеклы и повышения доли экспорта (рис. 1) [3–6].

В ходе производства сахара и сахаросодержащих продуктов образуются такие вторичные ресурсы, как жом, ботва, патока-меласса, фильтрационный осадок и использованная вода. К сожалению, большая часть отходов сахарного производства не подвергается переработке и утилизируется. По некоторым данным, всего около 20 % отходов сахарной промышленности идет на переработку и дальнейшее использование [7]. Остальная часть отправляется на утилизацию. Она накапливается в отстойниках и отвалах, что приводит к загрязнению окружающей среды.

Сахарные заводы являются не только крупными потребителями воды, но и источником загрязнения сточных вод. Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах может превышать ПДК в 1,5 раза [7]. Из-за близости сахарных заводов к водоемам вышеуказанная проблема вызывает опасность загрязнения водных ресурсов ввиду недостаточной эффективности работы очистных сооружений.

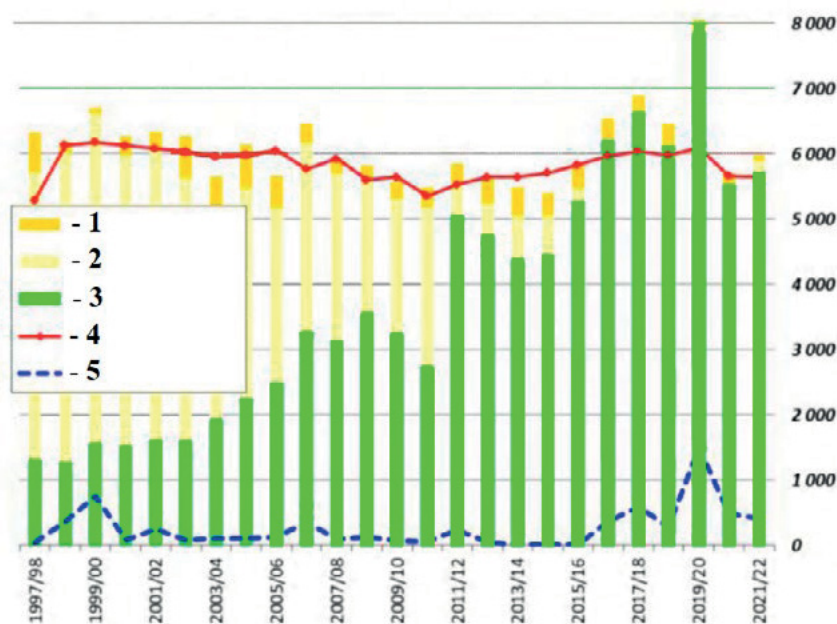


Рис. 1. Структура сахарного производства в России, тыс. т:

1 – импортный белый; 2 – из сырца; 3 – из свеклы; 4 – потребление; 5 – экспорт [3]

Structure of sugar production in Russia, thousand tons

1 – imported white; 2 – from raw material; 3 – from beets; 4 – consumption; 5 – export [3]

Согласно новым изменениям в экологическом законодательстве, например Постановлению Правительства Российской Федерации от 01.03.2022 № 274 «О применении в 2022 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду», повышаются ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду, что является дополнительным фактором, стимулирующим

щим развитие технологий переработки вторичного сырья сахарного производства. Рассмотрим существующие направления использования отходов сахарных заводов.

Свекловичный жом является одним из основных отходов сахарного производства. Его питательная ценность заключается в высоком содержании микроэлементов, таких как железо, медь, барий, кобальт и др. По большей части он подвергается высушиванию и используется при изготовлении комбикормов для сельскохозяйственных животных. Высушенный жом обладает рядом преимуществ по сравнению со свежим: большая продолжительность хранения, меньший (примерно в 10 – 12 раз) объем и масса. Перевариваемость экстрактивных веществ и протеина сушеного жома составляет около 75 % [7].

Для сушки жома, как правило, используют теплоту отработанных газов котельной. При этом вначале жом может подвергаться обезвоживанию на шнековом прессе до влагосодержания 30 – 40 %, а затем подаваться в сушилку. Стоит отметить достаточно высокую температуру нагрева при сушке жома, которая обычно составляет порядка 200 °С [8]. Однако существуют технологии, предполагающие низкотемпературную сушку жома. Например, в одном изобретении [9] предлагается низкотемпературная сушка свекловичного жома атмосферным воздухом на открытых площадках, смешивание жома и фруктовых соков прямого отжима, ферментация в течение нескольких часов и повторная сушка при температуре не более 80 °С.

Ценность жома обусловлена не только микроэлементным составом, но также содержанием пектиновых веществ [10]. Поэтому еще одним направлением переработки жома является выделение из него пектина, который используется в пищевой промышленности при изготовлении кондитерских изделий, в фармакологии и медицине. Выделение пектина из свекловичного жома включает в себя несколько стадий: сушку жома; измельчение высушенного жома до размера частиц 1,5 – 2,0 мм для повышения эффективности извлечения пектина; гидролиз-экстрагирование раствором соляной кислоты. Образующаяся на последней стадии смесь проходит грубую и тонкую очистку на фильтр-прессах для получения экстракта. Далее экстракт проходит через катионитно-анионитный фильтр, осаждается в отстойнике, высушивается и измельчается [11, 12]. Стоит отметить, что пектин, получаемый указанным способом из свекловичного жома, хотя и пригоден для пищевой промышленности, но в медицине применяться не может ввиду недостаточной степени чистоты [13]. Получение высокоочищенного пектина для медицинских целей невозможно без соответствующих научных разработок.

Свекловичный жом можно использовать для получения порошкообразного полуфабриката, используемого в пищевой промышленности. Например, был разработан способ получения конфет функционального назначения с добавкой указанного полуфабриката [11, 14, 15]. Такие конфеты обладают пониженным содержанием сахара и повышенной хранимостпособностью.

Наконец, жом представляет собой ценное сырье для производства удобрений. Однако в чистом виде жом оказывает сильное окисляющее действие на почву, поэтому его рационально использовать в смеси с другими веществами, нейтрализующими кислотность, например, с дефекатом сахарного производства. Группой ученых проводились исследования [16, 17] по анализу влияния внесения указанного удобрения на урожайность яровой пшеницы и экономическую эффективность её возделывания, результаты которых приведены на рис. 2.

Представленный на рис. 2 график свидетельствует о том, что совместное внесение жома и дефеката способствует повышению урожайности и уровня рентабельности приблизительно в 1,5 раза по сравнению с контрольным образцом, где удобрение не вносили. Наибольшая рентабельность наблюдается в 7-м и 8-м вариантах, когда в почву вносили жом в количестве 150 т/га и дефекат в количестве 10 – 15 т/га [17].

Группа компаний «ЭФКО» и ЗАО «ЭФКО-НТ» занимается производством из свекловичного жома нанокристаллической целлюлозы, которая по своим прочностным свойствам близка к углеродным нанотрубкам. Нанокристаллическая целлюлоза может использоваться для обработки семян в целях предотвращения слипания, повышения устойчивости к механическим воздействиям при машинной обработке и посеве. Кроме того, нанокристаллическая целлюлоза при

обработке семян с защитно-стимулирующими препаратами способна повысить урожайность и скорость роста растений, снизить расход удобрений и тем самым уменьшить экологическую нагрузку на почву [11].

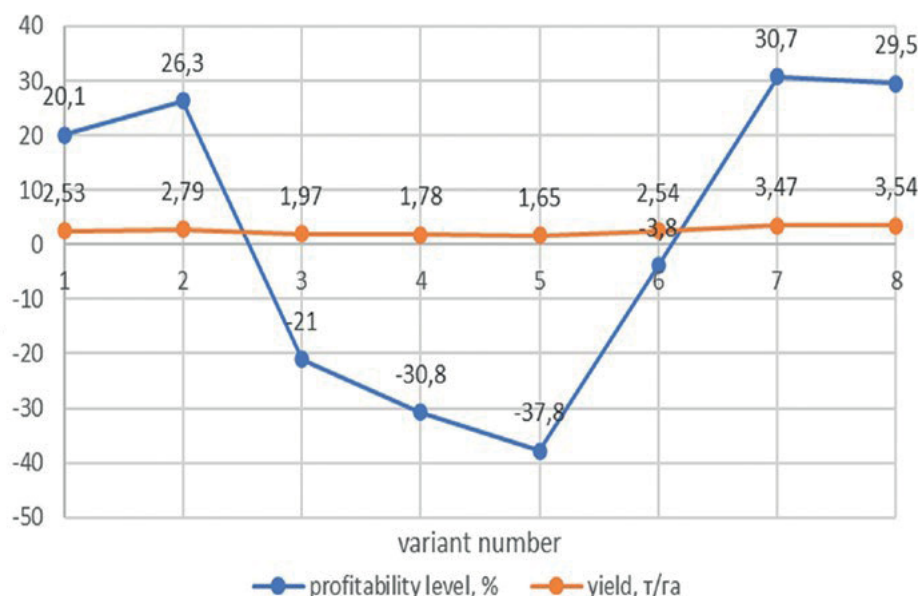


Рис. 2. Влияние внесения удобрения на основе дефеката и свекловичного жома на урожайность яровой пшеницы и её рентабельность при возделывании: 1 – контроль (без внесения жома); 2 – 50 т/га жома; 3 – 100 т/га жома; 4 – 150 т/га жома; 5 – 200 т/га жома; 6 – жом 150 т/га + дефека́т 5 т/га; 7 – жом 150 т/га + дефека́т 10 т/га; 8 – жом 150 т/га + дефека́т 15 т/га [17]

The influence of applying fertilizer based on defecate and beet pulp on the yield of spring wheat and its profitability during cultivation: 1 – control (without adding pulp); 2 – 50 t/ha of pulp; 3 – 100 t/ha of pulp; 4 – 150 t/ha of pulp; 5 – 200 t/ha of pulp; 6 – pulp 150 t/ha + defecate 5 t/ha; 7 – pulp 150 t/ha + defecate 10 t/ha; 8 – pulp 150 t/ha + defecate 15 t/ha [17].

Фильтрационный осадок (дефека́т) является еще одним видом отходов сахарного производства, практическое использование которого, к сожалению, находится на низком уровне несмотря на достаточно большие объемы выработки – до 2,5 млн т в год [18]. По своему химическому составу сухое вещество фильтрационного осадка близко к природным известнякам, поэтому он используется для получения извести, цемента и газобетона, а также для обогащения кормов сельскохозяйственных животных и в качестве удобрения.

Было установлено, что внесение фильтрационного осадка влечет за собой повышение качества почвенно-биотического комплекса выщелоченного чернозема [19]. Наличие в осадке карбоната кальция способствует нейтрализации кислотности почвы, разрыхлению, улучшению ее структуры, активизации жизнедеятельности полезных микроорганизмов [20].

Разрабатываются различные рецептуры удобрительных смесей из фильтрационного осадка. Так, например, Л.В. Кирейчева, Е.Ю. Шилова [21] исследовали воздействие на почву удобрения, в состав которого входили фильтрационный осадок, торф, солома, NPK-удобрения и молочнокислые бактерии. Было обнаружено, что внесение разработанной смеси в почву позволяет повысить урожайность овса и викоовсяной смеси, а также улучшить показатели плодородия почвы.

Фильтрационный осадок ввиду высокого содержания минеральных веществ, особенно кальция, может использоваться для подкормки птицы и сельскохозяйственных животных. Установлено, что включение кормовой добавки, содержащей бентонит и фильтрационный осадок, в рацион ремонтных тёлочек в количестве 3 % от нормы сухих веществ способствует увеличению их живой массы на 4 %, среднесуточного прироста – на 12 %, а также снижению затрат кормов на производство единицы продукции на 11 % [18].

Меласса также представляет собой побочный продукт сахарного производства, содержащий около 50 % сахарозы. Поэтому целесообразно извлечение сахара из мелассы при условии



экономической выгоды. Из недорогих и несложных способов извлечения сахара из мелассы можно отметить известковую сепарацию, осаждение сахарозы с помощью уксусной кислоты, а также баритовый и стронциевый методы [22, 23].

Помимо обессахаривания мелассы, ее можно также подвергать сбраживанию дрожжами при комнатной температуре. При этом образуются углекислый газ и спирт. Выход спирта – около 30 % от массы мелассы. Из мелассы также производят дрожжи, молочную, глутаминовую и лимонную кислоту, глутамат натрия, бетаин, витамин B<sub>12</sub>, комбикорма и премиксы [11].

Сточные воды заводов сахарного производства могут использоваться для орошения. Однако учитывая, что сезон переработки сахарной свеклы не совпадает с вегетационным периодом, то для орошения полей сточными водами нужно сооружать специальные пруды-накопителя, отстойники, насосные и орошающие системы, что требует дополнительных затрат [7].

При переработке сахарной свеклы образуется еще один вид отходов – свекловичные хвосты. В большинстве случаев этот вид отходов либо используется для получения дополнительного сахара, либо идет на корм сельскохозяйственным животным. Хвосты улавливаются на ротационном свеклоулавливателе, проходят через сортировочный классификатор и направляются на переработку. Мелкая фракция отправляется вместе с жомом на обезвоживание либо в жомовые ямы для кормления скота.

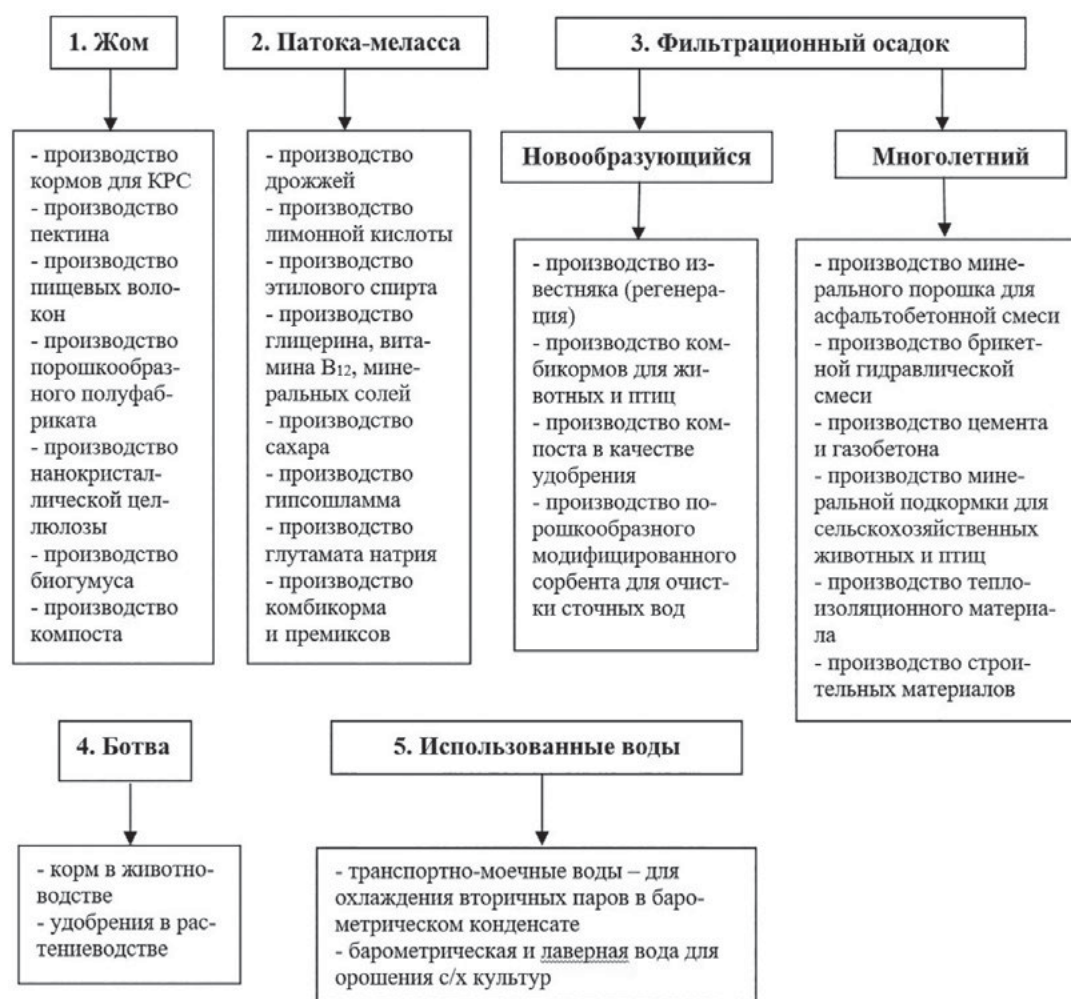


Рис. 3. Потенциально возможные направления использования вторичного сырья сахарного производства [22]  
Potentially possible areas for using secondary raw materials from sugar production [22]

В работе Д.С. Чериковой, Ж.Д. Шамыраниева [24] предложена сформулирована классификационная схема по потенциально возможным направлениям внедрения технологий переработки отходов сахарного производства (рис. 3).

Таким образом, были рассмотрены основные направления использования отходов сахарного производства. Разработка новых безотходных и малоотходных технологий переработки вторичного сырья сахарных заводов позволит повысить эффективность данной отрасли и улучшить экологическую обстановку в целом. Это является важной задачей, решить которую можно на основе целенаправленных научных исследований в данной области.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Panasenko N.A.* Food security of Kuzbass: State, problems, and prospects // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 949 (1).
2. *Panasenko N., Izhmulkina E., Ascheulova A.* Development of crop production in the Kemerovo region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 403 (1).
3. *Лёвина М.В., Соломахин М.А., Греков А.Н.* Особенности функционирования рынка сахара в условиях экономической нестабильности // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (69). – С. 224–227.
4. *Bychkova S., Makarova N., Zhidkova E.* Measurement of information in the subsystem of internal control of the controlling system of organizations of the agro-industrial complex // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2018. – Vol. 6 (1). – P. 35–43.
5. *Structural shifts and reform of the agrarian sector of the Russian economy under the conditions of the import substitution policy / I.V. Zhupley, T.A. Potenko, S.V. Gubarkov [et al.]* // Space and Culture, India. – 2018. – Vol. 6 (4). – P. 25–35.
6. *Structural shifts and reforms for import substitution: The case of the Russian agrarian sector / I.V. Zhupley, T.A. Potenko, S.V. Gubarkov [et al.]* // International Journal of Economics and Business Administration. – 2018. – Vol. 6 (2). – P. 56–67.
7. *Редченко М.А., Сарафанкина Е.А.* О направлениях переработки и использования отходов свекло-сахарной промышленности в отраслях АПК // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8, № 1 (45). – С. 108–111.
8. *Теплофизический расчет сушки свекловичного жома / В.А. Ермолаев, А.А. Славянский, Д.П. Митрошина, Д.Е. Фёдоров* // Сахар. – 2022. – № 4. – С. 20–24.
9. *Патент РФ № 2751593* Способ получения чая из свекловичного жома с соком фруктов и/или ягод. МПК А23F 3/34 / А.М. Черников. – Заявл. 21.08.2020; Опубл. 15.07.2021.
10. *Риянова Э.Э., Кострюкова Н.В.* Получение пектина из свекловичного жома // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 4-1 (58). – С. 98–101.
11. *Перспективные направления использования отходов сахарного производства / М.В. Протасова, С.Ю. Миронов, О.В. Лукьянчикова, Л.А. Бабкина* // Auditorium. – 2016. – № 2 (10). – С. 32–41.
12. *Ермолаев В.А.* Разработка технологии вакуумной сушки обезжиренного творога: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2008. – 134 с.
13. *Зеленукин Ю.И., Зеленукин С.Ю.* Переработка отходов свеклосахарного производства // Сахар. – 2022. – № 2. – С. 26–31.
14. *Курбанова М.Г., Ермолаев В.А.* Исследование гигроскопических свойств и активности воды молочнокислых концентратов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 8. – С. 233–236.
15. *Просеков А.Ю., Ермолаев В.А.* Подбор остаточного давления для вакуумного концентрирования жидких молочных продуктов // Достижение науки и техники АПК. – 2010. – № 6. – С. 69–70.
16. *Гурин А.Г., Гнеушева В.В.* Изменение агрохимических свойств почвы и ее биологической активности при использовании отходов сахарного производства на посевах яровой пшеницы // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 1 (70). – С. 3–7.
17. *Гурин А.Г., Резвякова С.В.* Анализ экономической эффективности использования отходов сахарного производства на посевах яровой пшеницы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 162–168.

18. Смольянова А.П. Перспективы переработки отходов свеклы для получения кормовой добавки // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2016. – № 1 (29). – С. 90–92.
19. Прокопова Л.В., Коноплина Е.А. Воздействие фильтрационных осадков на почвенно-биотический комплекс чернозема выщелоченного // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1 (28). – С. 31–35.
20. Bioenergy production by anaerobic digestion. Using agricultural biomass and organic wastes / N. Korres, P. O'Kiely, J. Benzie, J. West. – London and New York: Earthscan from Routledge, 2013. – P. 127–128.
21. Кирейчева Л.В., Шилова Е.Ю. Влияние новой удобрительно-мелиорирующей смеси из отходов сахарного производства на плодородие почвы [Смесь фильтрационного осадка, торфа и сена, обработанная культурой молочнокислых бактерий и дрожжей] // Вестник РАСХН. – 2013. – № 1. – С. 45–48.
22. Славянский А.А. Проектирование предприятий сахарной и крахмалопаточной отраслей. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 364 с.
23. Славянский А.А. Специальная технология сахарного производства. – СПб.: Лань, 2020. – 216 с.
24. Черикова Д.С., Шамыралиев Ж.Д. Перспективные направления безотходного производства в сахарной промышленности Кыргызской Республики // Проблемы современной науки и образования. – 2021. – № 4 (161). – С. 48–51.

## REFERENCES

1. Panasenko N.A. Food security of Kuzbass: State, problems, and prospects, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, Vol. 949 (1).
2. Panasenko N., Izhmulkina E., Ascheulova A., Development of crop production in the Kemerovo region, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, Vol. 403 (1).
3. Lyovina M.V., Solomahin M.A., Grekov A.N., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 2 (69), pp. 224–227. (In Russ.)
4. Bychkova S., Makarova N., Zhidkova E., Measurement of information in the subsystem of internal control of the controlling system of organizations of the agro-industrial complex, *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 2018, Vol. 6 (1), P. 35–43.
5. Zhupley I.V., Potenko T.A., Gubarkov S.V., Tretyak N.A., Grafov R.A., Structural shifts and reform of the agrarian sector of the Russian economy under the conditions of the import substitution policy, *Space and Culture*, India, 2018, Vol. 6 (4), P. 25–35.
6. Zhupley I.V., Potenko T.A., Gubarkov S.V., Tretyak N.A., Grafov R.A., Structural shifts and reforms for import substitution: The case of the Russian agrarian sector, *International Journal of Economics and Business Administration*, 2018, Vol. 6 (2), P. 56–67.
7. Redchenko M.A., Sarafankina E.A., *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 2019, Vol. 8, No. 1 (45), pp. 108–111. (In Russ.)
8. Ermolaev V.A., Slavyanskij A.A., Mitroshina D.P., Fyodorov D.E., *Sahar*, 2022, No. 4, pp. 20–24. (In Russ.)
9. Chernikov A.M. *Patent RF № 2751593 Sposob polucheniya chaya iz sveklovichnogo zhoma s sokom fruktov i/ili yagod. MPK A23F 3/34* (RF Patent No. 2751593 Method of Obtaining Tea from Beet Pulp with Fruit and/or Berry Juice. MPC A23F 3/34), Zayavl. 21.08.2020; Opubl. 15.07.2021. (In Russ.)
10. Riyanova E.E., Kostriyukova N.V., *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2017, No. 4-1 (58), pp. 98–101. (In Russ.)
11. Protasova M.V., Mironov S.Yu., Luk'yanchikova O.V., Babkina L.A., *Auditorium*, 2016, No. 2 (10), pp. 32–41. (In Russ.)
12. Ermolaev V.A. *Razrabotka tekhnologii vakuumnoj sushki obezzhirennogo tvoroga* (Development of a technology for vacuum drying of low-fat cottage cheese), Dissertation of Candidate's thesis of Technological Sciences, Kemerovo, 2008, 134 p. (In Russ.)
13. Zelepukin Yu.I., Zelepukin S.Yu., *Sahar*, 2022, No. 2, pp. 26–31. (In Russ.)
14. Kurbanova M.G., Ermolaev V.A., *Vestnik KrasGAU*, 2011, No. 8, pp. 233–236. (In Russ.)
15. Prosekov A.Yu., Ermolaev V.A., *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*, 2010, No. 6, pp. 69–70. (In Russ.)

16. Gurin A.G., Gneusheva V.V., *Vestnik agrarnoj nauki*, 2018, No. 1 (70), pp. 3–7. (In Russ.)
17. Gurin A.G., Rezvyakova S.V., *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. – 2020, No. 2 (26), pp. 162–168. (In Russ.)
18. Smol'yanova A.P. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 2016, No. 1 (29), pp. 90–92. (In Russ.)
19. Prokopova L.V., Konoplina E.A., *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, No. 1 (28), pp. 31–35. (In Russ.)
20. Korres N., O'Kiely P., Benzie J., West J. Bioenergy production by anaerobic digestion. Using agricultural biomass and organic wastes, London and New York: Earthscan from Routledge, 2013, P. 127–128.
21. Kirejcheva L.V., Shilova E.Yu., *Vestnik RASKHN*, 2013, No. 1, pp. 45–48. (In Russ.)
22. Slavyanskij A.A. *Proektirovanie predpriyatij saharnoj i krahmalopatochnoj otraslej* (Design of enterprises in the sugar and starch industries), Moscow: INFRA-M, 2019, 364 p.
23. Slavyanskij A.A. *Special'naya tekhnologiya saharnogo proizvodstva* (Special technology of sugar production), Saint Petersburg: Lan', 2020, 216 p.
24. Cherkova D.S., Shamyraliev Zh.D., *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*, 2021, No. 4 (161), pp. 48–51. (In Russ.)