

УДК 631.171

Поступила в редакцию 20.09.2019
Received 20.09.2019**О.В. Колоскова, О.К. Никулина, А.А. Шепшелев***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИФфуЗИОННОГО АППАРАТА
КОЛОННОГО ТИПА В ТЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕЗОНА**

Аннотация. В последние годы сахарные заводы Республики Беларусь активно проводят модернизацию свеклоперерабатывающего отделения, на некоторых предприятиях была произведена замена привычных наклонных диффузионных аппаратов на новые для Беларуси колонные диффузионные установки. С целью оценки эффективности работы диффузионных аппаратов колонного типа и в дальнейшем оптимизации диффузионного процесса сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проанализированы научно-исследовательские работы на ОАО «Скидельский сахарный комбинат»: проведен анализ данных физико-химических показателей диффузионного сока, жома и жомопрессовой воды за периоды переработки свеклы урожая 2017 и 2018 годов. В результате исследований установлено, что современная колонная диффузионная установка позволяет получать диффузионный сок хорошего и удовлетворительного качества (с чистотой не менее 88 % и содержанием общих несахаров 1,44–2,26 %) в течение всего сезона переработки сахарной свеклы при низких потерях сахара в жоме (0,18–0,2 %). Вместе с тем, наблюдается снижение чистоты диффузионного сока и жомопрессовой воды к концу производственного сезона, что коррелирует с ухудшением качества перерабатываемого сырья. Это свидетельствует о наличии резерва повышения эффективности диффузии и необходимости оптимизации действующего технологического режима, разработки корректирующих действий при изменении качества сырья.

Ключевые слова: колонный диффузионный аппарат, переработка сахарной свеклы, чистота диффузионного сока, чистота жомопрессовой воды, потери сахара в жоме

O.V. Koloskova, O.K. Nikulina, A.A. Shepshelev*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus***ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE WORK OF A DIFFUSION
APPARATUS OF A COLUMN TYPE DURING THE PRODUCTION SEASON**

Abstract. In recent years sugar factories of the Republic of Belarus have been actively modernizing the juice extraction station. At some enterprises the usual for our country inclined diffusion apparatus were replaced with new column diffusion apparatus. The analysis of quality indicators of diffusion juice, pulp press water and sugar losses in pulp for the periods of processing beets from the crops of 2017 and 2018 years were conducted in order to evaluate the efficiency of the column-type diffusion apparatus and to further optimize the juice extraction process in our conditions with sugar beet produced in our country. It was found that a modern column diffusion plant allows to obtain good and satisfactory quality diffusion juice (with a purity of at least 88 % and a total non-sugar content of 1.44–2.26 %) during the whole season of sugar beet processing with low sugar losses in beet pulp (0.18–0.25 %). At the same time, there is a decrease in the purity of diffusion juice and pulp press water by the end of the production season, which correlates with a deterioration in the quality of processed sugar beet. This indicates the presence of a reserve for increasing the juice extraction efficiency and the need to optimize current technological mode.

Key words: column-type diffusion apparatus, sugar beet processing, diffusion juice purity, the purity of pulp press water, sugar losses in beet pulp

Введение. Диффузионная установка представляет собой одну из важнейших составляющих технологической схемы получения сахара из свеклы. От режима ее работы в значительной степени за-

висят основные показатели работы сахарного завода в целом. Отклонения в работе диффузионной установки влияют на работу станции сокоочистки (повышенный расход основных и вспомогательных материалов), станции выпаривания (увеличение расхода энергоносителя), станции кристаллизации сахарозы (увеличение времени варки утфеля, ухудшение его кристаллоструктуры) [1–6]. Непременным же условием эффективной работы диффузионной установки является обеспечение оптимального режима процесса экстракции сахарозы из стружки.

На этапе перехода сахарной промышленности к реализации непрерывного процесса экстрагирования сахара из свеклы ведущие сахаропроизводящие страны пошли различными путями технической реализации. В Российской Федерации, как и ранее в СССР, широкое распространение получили колонные и наклонные шнековые диффузионные аппараты, в Англии и Франции – ротационные, в Германии – колонные [7].

Конструктивные особенности диффузионных аппаратов, использующихся в сахарной промышленности, нацелены на решение следующих задач: обессахаривание как можно более тонкой свекловичной стружки с равномерным её омытием экстрагентом; обеспечение строгого противоточного движения свекловичной стружки и сока с минимизацией рециркуляционных потоков; минимизация потерь сахара в жоме при высокой концентрации диффузионного сока и его высокой чистоте [7].

Каждый из существующих типов диффузионных установок имеет свои достоинства и недостатки.

В последние годы сахарные заводы Республики Беларусь активно проводят модернизацию свеклоперерабатывающего отделения, в связи с чем на некоторых предприятиях была произведена замена привычных наклонных диффузионных аппаратов на новые для Беларуси колонные диффузионные установки.

Колонные диффузионные установки занимают небольшую производственную площадь, позволяют поддерживать высокую удельную нагрузку диффузионного пространства стружкой, имеют высокий коэффициент заполнения колонны стружкой, отличаются большой эксплуатационной стабильностью, позволяют получить диффузионный сок низкой температуры. Однако на их работу сильно влияет качество перерабатываемой стружки, снижение термоустойчивости сока за счёт его значительных рециркуляционных потоков, ухудшение технологических показателей при работе с производительностью меньше номинальной и др. [5, 7, 8, 9].

Недостаточное использование резервов повышения эффективности работы колонной диффузионной установки приводит к повышенным потерям сахара в жоме и ухудшению качества диффузионного сока.

Целью данной работы являлся анализ работы колонных диффузионных аппаратов в конкретных условиях и на отечественном сырье.

Согласно результатам исследований, проведенных на сахарных заводах России, Украины для колонных диффузионных установок высокая эффективность процесса диффузии наблюдалась только в сентябре месяце. Затем происходило ее снижение, и она практически не изменялась до конца сезона [7, 10, 11, 12, 13].

Данную проблему связывали с конструктивными особенностями аппаратов колонного типа. Наилучшая экстракция достигается при высоком (700 кг/м^3) удельном наполнении рабочего объема колонны стружкой, которое регулируется варьированием скорости вращения трубовала и, частично, изменением уровня жидкости в колонне. Для ритмичной работы диффузионного аппарата и поддержания оптимального уровня удельной нагрузки необходимо так же обеспечить хорошую фильтрацию сока (не менее 300–350 % к массе свеклы) через ситовой пояс колонны. Оба условия для большинства колонных аппаратов выполняются только в начальный период производства, когда свекловичная стружка имеет высокую упругость [7].

В начале октября упругость стружки снижается, и фильтрация сока затрудняется. Тогда работают при повышенных скоростях вращения трубовала, чтобы ситоочистители могли поддерживать на достаточном уровне фильтрующую способность сит. Однако при этом удельное наполнение колонны снижается до $500\text{--}600 \text{ кг/м}^3$, усиливается продольное перемешивание стружки, и снижается эффективность экстракции [7].

Предыдущие исследования проводились на диффузионных аппаратах старых конструкций. Современные диффузионные аппараты отличаются более совершенными транспортными системами, иной конструкцией ситового пояса колонны. В связи с этим, необходимо проведение исследований с целью оценки эффективности диффузии в современных аппаратах колонного типа на отечественном сырье.

Организация и методы исследований.

Анализ изменения физико-химических показателей продуктов диффузионного отделения в течение производственного сезона дает возможность оценить эффективность и стабильность работы диффузионной установки.

С целью оценки эффективности работы диффузионных аппаратов колонного типа и в дальнейшем оптимизации диффузионного процесса сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены научно-исследовательские работы на ОАО «Скидельский сахарный комбинат»: проведен анализ данных физико-химических показателей диффузионного сока, жома и жомопрессовой воды за периоды переработки свеклы урожая 2017 и 2018 гг.

Физико-химические показатели диффузионного сока, жома, жомопрессовой воды определяли по общепринятым методам согласно «Инструкции по химико-техническому контролю и учету сахарного производства».

Результаты исследований.

Для экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки и обеспечения производства диффузионным соком на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» установлена колонная диффузионная установка фирмы БМА с номинальной производительностью 10000 т/сут. По данным предприятия, в сезоны переработки сахарной свеклы урожая 2017–2018 гг. производительность колонной диффузионной установки составила 77–82 % от заявленной производителем.

Анализ данных физико-химических показателей диффузионного сока, жома и жомопрессовой воды за периоды переработки свеклы урожая 2017–2018 гг.

На рис. 1а–1г приведены гистограммы, отражающие изменение качественных показателей диффузионного сока в течение сезонов переработки сахарной свеклы урожая 2017–2018 гг. Анализ представленных данных показывает, что действующий технологический режим позволяет получить диффузионный сок хорошего и среднего качества (по классификации К. Вукова [15]) в течение всего сезона переработки, несмотря на меняющееся качество сырья.

В 2017 г. чистота диффузионного сока варьировалась от 89,1 до 91,1 % (рис. 1а), в 2018 г. от 88,96 до 90,72 % (рис. 1б), тогда как качество диффузионного сока считается нормальным, если его чистота не ниже 88 %.

По содержанию общих несахаров диффузионный сок, полученный в сезон переработки свеклы урожая 2017 г. (рис. 1б), соответствовал соку хорошего качества согласно классификации К. Вукова (содержание общих несахаров менее 2 % к массе свеклы), в сезон переработки 2018 г. – хорошего и среднего качества (рис. 1г). Более высокое содержание несахаров в диффузионных соках, полученных на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в 2018 г., объясняется более высоким содержанием в сырье редуцирующих веществ и α -аминного азота по сравнению с сахарной свеклой урожая 2017 г., что вероятно связано с климатическими условиями.

Более низкие показатели чистоты диффузионного сока наблюдались в начале и в конце производственного сезона (рис. 1), что коррелировало с изменением качества сырья: в начале сезона на переработку часто поступает свекла не достигшая технической зрелости, в конце сезона качество сырья ухудшается в результате длительного хранения.

Следует отметить, что в ноябре и декабре месяце было отмечено высокое содержание мезги в диффузионном соке (более 5 г/л). Наличие мезги отрицательно влияет на качество диффузионного сока, так как на станции очистки под воздействием высокой температуры и щелочности происходит интенсивный гидролиз мезги, сопровождающийся образованием растворимого пектина, повышающего вязкость сока, и органических кислот, образующих с кальцием растворимые соли [16].

Отмечено, что диффузионный сок в конце производственного сезона 2017–2018 гг. характеризовался низким значением рН (ниже 5,5), что может быть причиной инверсии сахарозы и образования редуцирующих веществ. Это в свою очередь приводит к увеличению неучтенных потерь на диффузии, а введение в технологический процесс дополнительного количества редуцирующих веществ может способствовать увеличению цветности сиропа и повышению содержания кальциевых солей.

Таким образом, динамика качественных показателей диффузионного сока на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» отражает чувствительность колонных диффузионных аппаратов к качеству сырья.

Важным показателем, характеризующим эффективность извлечения сахара из свеклы, являются потери сахара в жоме. В сезон переработки свеклы урожая 2017 г. на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» данный показатель составлял 0,15–0,23 % сахара к м. св. (рис. 2а), 2018 г. – 0,19–0,25 % сахара к м. св. (рис. 2б) при нормативной величине не более 0,4 %.

Следует отметить, что минимизация потерь сахара в жоме не всегда оправдана, так как более полному извлечению сахарозы из свеклы сопутствует переход в диффузионный сок большего количества несахаров, а это осложняет процесс сокоочистки, и приводит к увеличению потерь сахара в мелассе, ухудшению качества готового продукта [2].

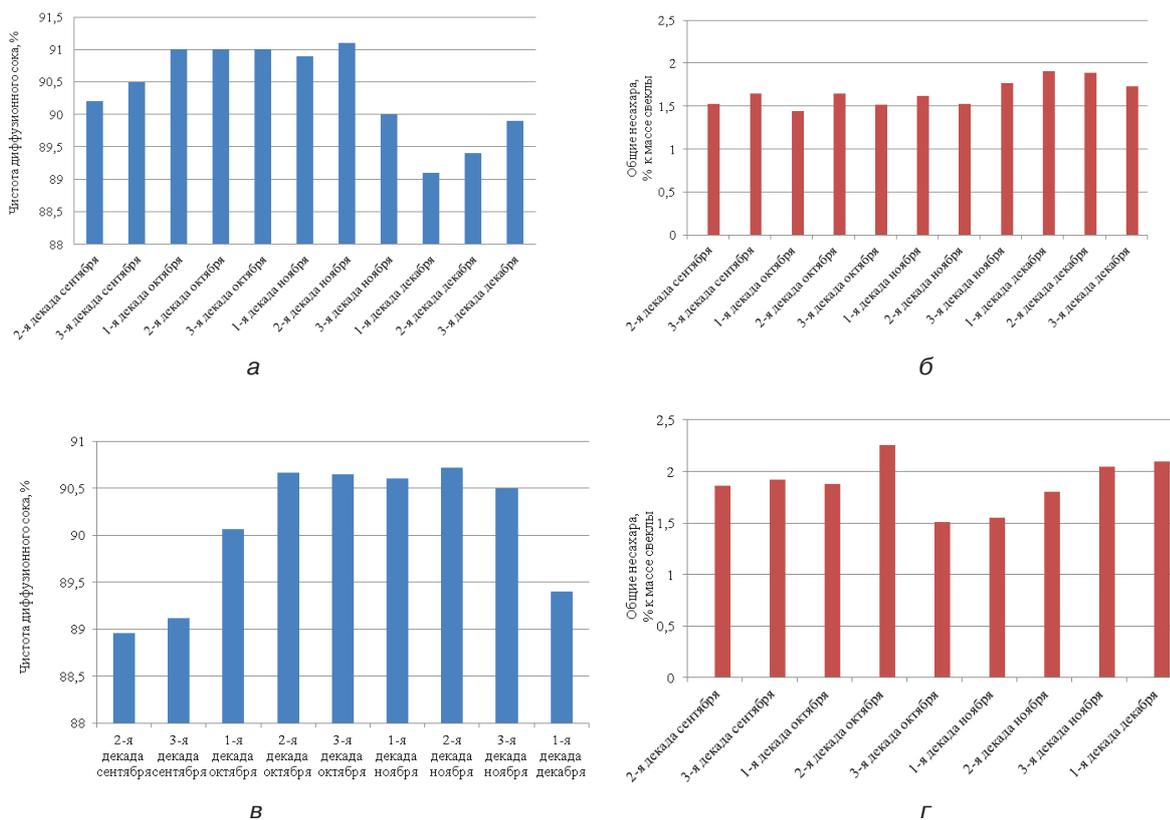
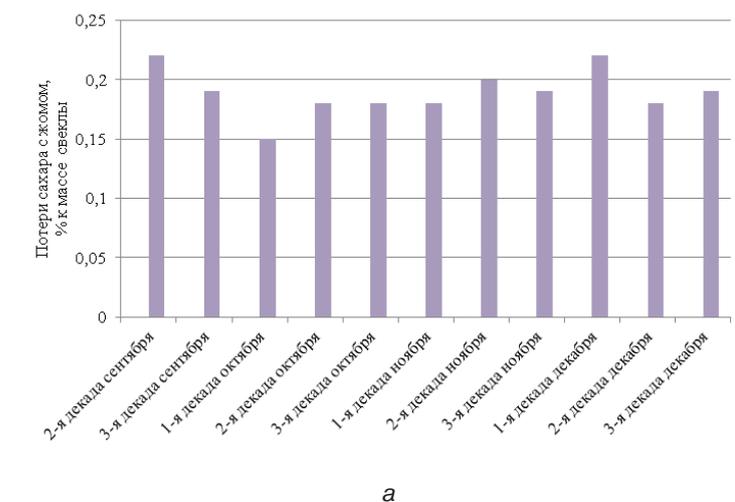


Рис. 1. Динамика качественных показателей диффузионного сока на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в сезоны переработки сахарной свеклы урожая 2017–2018 гг. (а, б – 2017 г., в, г – 2018 г.)

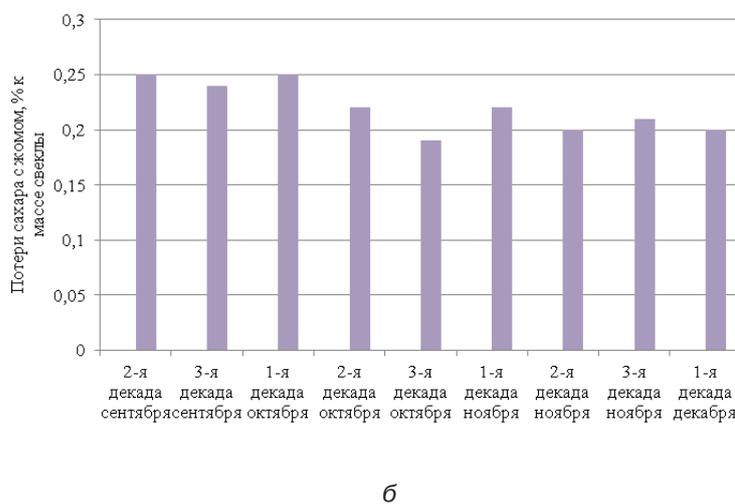
Fig. 1. Dynamics of indicators of quality of diffusion juice at JSC "Skidel Sugar Factory" in the seasons of sugar beet processing for the 2017 and 2018 harvest (a, b – 2017, c, d – 2018)

Так как вся жомопрессовая вода, образующаяся после прессования свекловичного жома, используется в составе экстрагента на диффузии, от ее качества зависят показатели диффузионного сока. В сезон переработки сахарной свеклы урожая 2017 г. показатель чистоты жомопрессовой воды варьировался от 69,3 до 79,4 % (рис. 3а), в сезон переработки свеклы урожая 2018 г. – от 74,9 до 87,2 % (рис. 3б). Понижение показателя чистоты жомопрессовой воды наблюдалось к концу производственных сезонов (рис. 3), что обусловлено ухудшением качества перерабатываемого сырья.

Чистота жомопрессовой воды является важным производственным показателем. Так как вся жомопрессовая вода используется в качестве экстрагента, снижение ее чистоты приводит к уменьшению эффекта очистки на диффузии, и, следовательно, увеличению расхода извести на очистку, увеличению потерь сахара в мелассе. Значительную долю несахаров жомопрессовой воды составляют высокомолекулярные вещества, в частности белки и пектин [2, 15, 16]. Белки не оказывают негативного влияния на технологический процесс и легко удаляются в процессе очистки, что нельзя сказать о пектине [2, 17–20]. В процессе диффузии под действием фермента пектазы начинается процесс деэтерификации пектина, на стадии дефекации под действием высокой температуры и щелочной среды происходит полная деэтерификация пектина и расщепление образовавшейся пектовой кислоты на фрагменты с меньшей молекулярной массой. Взаимодействие пектовой кислоты с известью приводит к образованию пектатов, которые формируют желатинозный трудноотфильтровываемый осадок [2, 16]. Пектиновые вещества влияют не только на процесс фильтрации. Значительная часть пектиновых веществ не удаляется в процессе очистки и повышает вязкость сиропа, затрудняет процесс уваривания уфелей, способствует увеличению выхода мелассы и потерь сахара в ней. При переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом, в диффузионный сок попадают полисахариды, продуцируемые микроорганизмами, декстран и леван, которые так же как и пектин оказывают негативное влияние на фильтрование и повышают вязкость растворов [1, 2, 8].



а

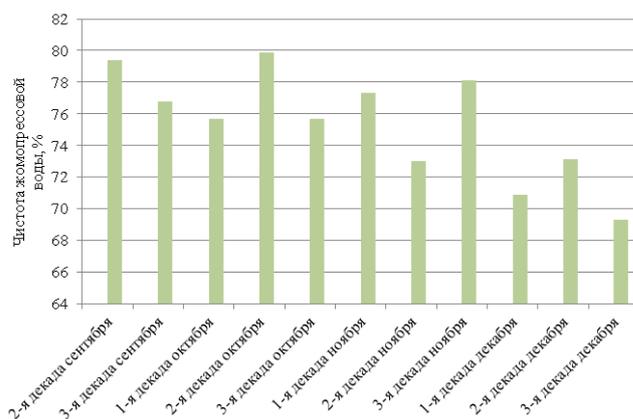


б

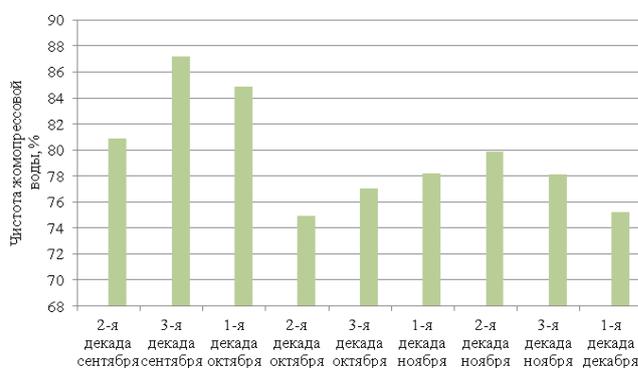
Рис. 2. Потери сахара в жоме на ОАО «Скидельский сахарный комбинат» в производственные сезоны 2017 (а) и 2018(б) года
 Fig. 2. Sugar losses in pulp at JSC “Skidel Sugar Factory” in production seasons 2017 (a) and 2018 (b)

Учитывая вышеизложенное, становится очевидной актуальность повышения чистоты жомопрессовой воды, особенно при переработке сырья ухудшенного качества. В научно-технической литературе для снижения содержания высокомолекулярных коллоидных соединений (ВМС) в жомопрессовой воде рекомендуется использовать флокулянты [2, 8, 15]. Вместе с тем, введение в технологический процесс дополнительных технологических вспомогательных средств экономически не всегда оправдано и связано с рядом технологических осложнений. Уменьшить содержание ВМС можно за счет сокращения времени пребывания стружки в диффузионном аппарате, т.е. уменьшения степени обессахаривания стружки. Согласно экспериментальным данным, обессахаривание свекловичной стружки до 12 % сухих веществ с последующим глубоким прессованием до 24 % сухих веществ и более позволяет снизить концентрацию веществ коллоидной дисперсности в жомопрессовой воде более чем в 1,5 раза [2, 21]. Достижимый эффект можно объяснить тем, что свекловичная ткань частично обессахаренной свекловичной стружки с повышением степени ее прессования приобретает свойства фильтрующего слоя с более мелкими порами, обладающего высокой фильтрационной способностью, что препятствует переходу в жомопрессовую воду веществ коллоидной дисперсности.

Такой подход представляет интерес, так как позволяет не только повысить качество диффузионного сока, но и увеличить производительность диффузионного аппарата за счет сокращения времени пребывания стружки в нем, а так же уменьшить величину откачки.



а



б

Рис. 3. Динамика показателя чистоты жомпрессовой воды в сезон переработки свеклы урожаев 2017(а) и 2018(б) гг.

Fig. 3. The dynamics of the purity of pulp press water in the beet processing season of the crops in 2017 (a) and 2018 (b)

Заключение. Анализ данных производственных сезонов 2017–2018 гг. на ОАО «Скидельский сахарный комбинат», где введена в эксплуатацию колонная диффузионная установка фирмы БМА, показывает, что современный колонный диффузионный аппарат позволяет получать диффузионный сок хорошего качества в течение всего сезона переработки сахарной свеклы, несмотря на изменение качества сырья. Вместе с тем, снижение чистоты диффузионного сока и жомпрессовой воды к концу производственного сезона, свидетельствует о наличии резерва повышения эффективности диффузии и необходимости оптимизации работы диффузионной установки, разработки корректирующих действий при изменении качества сырья.

Список использованных источников

1. Бугаенко, И.Ф. Повышение эффективности сахарного производства. Часть II. Извлечение сахара из стружки / И.Ф. Бугаенко. – Москва, 2000. – 70 с.
2. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара: Учебник для студентов вузов / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. Ч.1. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 512 с.
3. Бугаенко, И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства / И.Ф. Бугаенко. – М. : ООО «Инмашпроект», 2003. – 285 с.
4. Даишев, М.И. Теоретические основы технологии сахара. Ч. 1. Технология получения диффузионного сока (современное состояние и перспективы развития) / М.И. Даишев. – Краснодар : Куб ГТУ, 1997. – 68 с.
5. Силин, П.М. Технология сахара / П.М. Силин. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 625 с.
6. Бугаенко, И.Ф. Основы сахарного производства / И.Ф. Бугаенко. – М. : ЗАО «Международная сахарная компания», 2002. – 355 с.

7. Верхова, Л.А. Критерии оценки эффективности процесса в диффузионных установках / Л.А. Верхова, Н.Н. Пушанко // Сахар. – 2007. – № 5. – С. 25–29.
8. Технологические отклонения в сахарном производстве / перевод с чешского Бугаенко И.Ф. – М.: Агропромиздат, 1986. – 262 с.
9. Причины технологических отклонений в сахарном производстве, методы их устранения / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 168 с.
10. Коваль, Е.Т. Испытание непрерывно действующего диффузионного аппарата фирмы БМА производительностью 15000 ц свеклы в сутки / Е.Т. Коваль, А.Я. Загорулько, А.К. Бурьма, В.Г. Ярмилко, В.Я. Вайлов // Труды ЦИНСа. – Москва, 1963. – Вып. XI. – С. 84–104.
11. Валовой, Б.Н. Комплексная оценка основных типов диффузионных установок свеклосахарного производства / Б.Н. Валовой [и др.] // Сахар. – 2016. – № 11. – С. 24–31.
12. Коваль, Е.Т. Испытание непрерывно действующего диффузионного аппарата Буккау-Вольф на Саливонковском сахарном заводе / Е.Т. Коваль, А.Я. Загорулько, А.А. Липец // Труды ЦИНСа. – Москва, 1960. Вып. VII. – С. 19–42.
13. Обобщение опыта внедрения непрерывно действующих диффузионных установок на сахарных заводах Украинской ССР / Издание второе. Укргипросахар. – 1962. – 77 с.
14. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства: Утв. М-вом пищ. пром-ти СССР 27.07.81. – К.: Издана ВНИИ сахарной пром-ти. – 1983. – 476 с.
15. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 232 с.
16. Даишев, М.И. Влияние рН на переход пектиновых веществ в диффузионный сок / М.И. Даишев, Н.П. Троянова // Сахарная промышленность. – 1970. – № 7. – С. 17–20.
17. Лосева, В.А. Коллоиды в продуктах свеклосахарного производства / В.А. Лосева, Р.П. Лисицкая // Известия вузов. Пищевая технология. – 1986. – № 2 – С. 21.
18. Рева, Л.П. Очистка диффузионного сока от белков / Л.П. Рева, Г.А. Симакова, В.М. Логвин // Известия вузов. Пищевая технология. – 1983. – № 5. – С. 52.
19. Рева, Л.П. Коагуляция белков и продуктов деструкции на предварительной дефекации / Л.П. Рева, Г.А. Симакова, В.М. Логвин // Сахарная промышленность. – 1985. – № 1. – С. 25.
20. Добжицкий, Я. Очистка соков в сахарном производстве / Я. Добжицкий // Пищевая промышленность. – 1964. – № 3. – С. 27.
21. Семенихин, С.О. Совершенствование технологии извлечения сахарозы из свекловичной стружки: автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. техн. наук. / С.О. Семенихин. – Краснодар, 2015. – 138 с.

References

1. Bugayenko, I.F. Povysheniye effektivnosti sakharnogo proizvodstva. Chast' II. Iz-vlecheniya sakhara iz struzhki [*Improving the efficiency of sugar production. Part II Extraction of sugar from chips*] / I.F. Bugayenko. – Moskva, 2000. – 70 s.
2. Bugayenko, I.F. Obshchaya tekhnologiya otrasli: Nauchnyye osnovy tekhnologiy sakhara: Uchebnik dlya studentov vuzov [*General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students*] / I.F. Bugayenko, V.I. Tuzhilkin. CH.1. – Spb.: GIORD, 2007. – 512 s.
3. Bugayenko, I.F. Printsipy effektivnogo sakharnogo proizvodstva [*General industry technology: Scientific foundations of sugar technology: Textbook for university students*] / I.F. Bugayenko – М.: ООО «Inmashproyekt», 2003. – 285 s.
4. Daishev, M.I. Teoreticheskiye osnovy tekhnologii sakhara. CH. 1. Tekhnologiya polu-cheniya diffuzionnogo soka (sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya) [*Theoretical foundations of sugar technology. Part 1. The technology of obtaining diffusion juice (current status and development prospects)*]. – Krasnodar: Kub GTU, 1997. – 68 s.
5. Silin, P.M. Tekhnologiya sakhara [*Technology of sugar*] / P.M. Silin. – М.: Pishchevaya promyshlennost', 1967. – 625 s.
6. Bugayenko, I.F. Osnovy sakharnogo proizvodstva [*Fundamentals of sugar production*] / I.F. Bugayenko. – М.: ЗАО «Mezhdunarodnaya sakharnaya kompaniya», 2002. – 355 s.
7. Verkhova, L.A. Kriterii otsenki effektivnosti protsessa v diffuzionnykh ustanovkakh [*Criteria for assessing the effectiveness of the process in diffusion plants*] / L.A. Verkhova, N.N. Pushanko // Sakhkar. – 2007. – № 5. – S. 25–29.
8. Tekhnologicheskiye otkloneniya v sakharnom proizvodstve [*Technological deviations in sugar production*] / perevod s cheshskogo Bu-gayenko I.F. – М.: Agropromizdat, 1986. – 262 s.
9. Prichiny tekhnologicheskikh otkloneniy v sakharnom proizvodstve, metody ikh ust-raneniya [*Causes of technological deviations in sugar production, methods for their elimination*] / Z.V. Lovkis [i dr.]; pod obshch. red. Z.V. Lovkisa. – Minsk: IVTS Minfi-na, 2016. – 168 s.

10. Koval' Ye.T., Zagorul'ko A.YA., A.K. Buryma, V.G. Yarmilko, V.YA. Ispytaniye na nepreryvnost' diffuzionnogo apparata firmy BMA 15 000 rabochikh dney v sutki [*Testing a continuously operating diffusion apparatus of the BMA company with a productivity of 15,000 centners of beets per day*] // Trudy TSINSA. – Moskva, 1963. – Vyp. XI. – S. 84–104.
11. Valovoy, B.N. Kompleksnaya otsenka osnovnykh tipov diffuzionnykh ustanovok sveklosakharnogo proizvodstva [*A comprehensive assessment of the main types of diffusion plants for sugar beet production*] / B.N. Valovoy [i dr.] // Sakhar. – 2016. – № 11. – S. 24–31.
12. Koval' Ye.T., Zagorul'ko A.YA., Lipets A.A. Ispytaniye nepreryvno deystvuyushchego diffuzionnogo apparata Bukkau-Vol'f na Salivonkovskom sakharnom zavode [*Testing a continuously operating diffusion apparatus Bukkau-Wolf at the Salivonkovsky sugar factory*] // Trudy TSINSA. – Moskva, 1960. Vyp. VII. – S. 19–42.
13. Obobshcheniye opyta vnedreniya nepreryvno deystvuyushchikh diffuzionnykh ustanovok na sakharnykh zavodakh Ukrainoy SSR [*Generalization of the experience of introducing continuously operating diffusion plants in sugar factories of the Ukrainian SSR*] / Izdaniye vtoroye. Ukrgiprosakhar. – 1962. – 77 s.
14. Instruksiya po khimiko-tehnicheskomu kontrolyu i uchetu sakharnogo proizvodstva [*Instructions for chemical-technical control and accounting of sugar production*]: Utv, M-vom pishch. prom-ti SSSR 27.07.81. – K. : Izdana VNII sakharnoy prom-ti. – 1983. – 476 s.
15. Ochistka diffuzionnogo soka v sakharnom proizvodstve [*Purification of diffusion juice in sugar production*] / Z.V. Lovkis [i dr.]; pod obshch. red. Z.V. Lovkisa. – Minsk: Belarus. navuka, 2013. – 232 s.
16. Daishev, M.I. Vliyaniye pH na perekhod pektinovykh veshchestv v diffuzionnyy sok [*The effect of pH on the transition of pectin substances into diffusion juice*] / M.I. Daishev, N.P. Troyanova // Sakharnaya promyshlennost'. – 1970. – № 7. – S. 17–20.
17. Loseva, V.A. Kolloidy v produktakh sveklosakharnogo proizvodstva [*Colloids in sugar beet products*] / V.A. Loseva, R.P. Lisitskaya // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 1986. – №2 – S. 21.
18. Reva, L.P. Ochistka diffuzionnogo soka ot belkov [*Purification of diffusion juice from proteins*] / L.P. Reva, G.A. Simakova, V.M. Logvin // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 1983. – №5. – S. 52.
19. Reva, L.P. Koagulyatsiya belkov i produktov destruktzii na predvaritel'noy defe-katsii [*Coagulation of proteins and degradation products on preliminary defecation*] / L.P. Reva, G.A. Simakova, V.M. Logvin // Sakharnaya promyshlennost'. – 1985. – №1. – S. 25.
20. Dobzhitskiy, YA. Ochistka sokov v sakharnom proizvodstve [*Juice purification in sugar production*] / YA. Dobzhitskiy // Pishchevaya promyshlennost'. – 1964. – №3. – S. 27.
21. Semenikhin, S.O. Sovershenstvovaniye tekhnologii izvlecheniya sakharozy iz sveklovichnoy struzhki [*Improving the technology for the extraction of sucrose from beet chips*]: avtoref. diss. na soiskaniye uch. st. kant. tekhn. nauk. / S.O. Semenikhin. – Krasnodar, 2015. – 138 s.

Информация об авторах

Колоскова Ольга Владимировна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: jkz-85@tut.by

Никулина Оксана Константиновна – заведующая научно-исследовательской лабораторией сахарного производства, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sugar@belproduct.by

Шепшелев Александр Анатольевич – кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: shepshelev@belproduct.com

Information about authors

Koloskova Olga V. – Ph.D. (Engineering), Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jkz-85@tut.by

Nikulina Oksana K. – Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sugar@belproduct.by

Shepshelev Aleksandr A. – Ph.D. (Engineering), Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shepshelev@belproduct.com