

уставаемости и ошибаемости применение описанной имитационной модели позволит для каждого отдельного работника оценить его способности к выполнению определенных видов работ, выбрать оптимальный режим нагрузки, установить критические точки воздействия на систему и т. д. Представляет интерес анализ модели по влиянию краткосрочных перерывов на увеличение работоспособности и уменьшение уровня ошибаемости оператора.

Список использованных источников

1. Доброборский, Б. С. Безопасность машин и человеческий фактор [Текст]: монография / под ред. С. А. Волкова. — СПб. : СПбГАСУ, 2011. — 111 с.
2. Вишневский, Д. А. Математическое моделирование взаимосвязи работоспособности, утомляемости и ошибаемости оператора металлургической отрасли с учетом управляемых и неуправляемых факторов / Д. А. Вишневский, Н. А. Бондарь, А. И. Гайдар // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического института. — 2022. — № 27(70). — С. 91–96.
3. Вишневский, Д. А. Математическое моделирование влияния человеческого фактора на безотказность оборудования машиностроительных цехов металлургических предприятий / Д. А. Вишневский, А. Л. Сотников // Journal of Advanced Research in Technical Science. — 2021. — № 24. — С. 41–46.

УДК 658.567.1

АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА

*Доминиковская И.В., к. х. н. Шибека Л.А.
УО «Белорусский государственный
технологический университет»,
Минск, Республика Беларусь*

***Аннотация.** В работе представлена характеристика основных крупнотоннажных отходов, образующихся при производстве сахара. Проведен анализ возможных направлений использования указанных отходов в различных сферах народного хозяйства с учетом их химического состава. Показана возможность расширения областей их применения.*

Производство сахара относится к числу стратегически важных отраслей промышленности любого государства, поскольку, с одной стороны, обеспечивает выпуск широкого перечня продуктов питания, с другой стороны, способствует развитию сельскохозяйственной отрасли народного хозяйства. В Республике Беларусь четыре предприятия (ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат», ОАО «Жабинковский сахарный завод», ОАО «Скидельский сахарный комбинат», ОАО «Городейский сахарный комбинат») осуществляют выпуск рассматриваемого вида пищевого продукта. Основным видом сырья для производства сахара является свекловичное сырье. Общая мощность переработки сахарной свеклы в сутки составляет 39,5 тыс. т [6].

В процессе изготовления сахара образуется значительное количество отходов, большинство из которых может рассматриваться в качестве вторичных материальных ресурсов.

Цель работы заключалась в анализе известных способов обращения и установлении химического состава крупнотоннажных отходов производства сахара для поиска новых направлений их применения в народном хозяйстве.

На предприятиях по изготовлению сахара образуются различные виды отходов: обломки свеклы, ботва от корнеплодов и другие растительные остатки, почва, захватываемая свеклой при ее заготовке, и др.

К крупнотоннажным отходам производства сахара в соответствии с классификатором отходов (ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» [5]) относят жом свекловичный, хвосты свекловичного корня (код 1141201), дефекат (код 1141202), меласса (код 1141203). В качестве отхода выделяют также прочие отходы производства сахара (код 1141209). Указанные отходы относятся к блоку 1 «Отходы растительного и животного происхождения», разделу 1 «Отходы пищевых и вкусовых продуктов», группе 4 «Отходы производства вкусовых продуктов» [5].

По степени опасности указанные виды отходов, за исключением отхода с кодом 1141209, относят к категории неопасных. Поскольку для прочих отходов производства сахара (код 1141209) степень опасности в соответствии с классификатором [5] не указан, то собственники данных отходов обязаны установить степень их токсичности.

Свекловичный жом (код 1141201) относится к числу основных побочных продуктов. Он представляет обессахаренную свекловичную стружку после извлечения из нее сахарозы экстрагированием. В составе жома содержится пектин, клетчатка, витамин С, минеральные вещества, безазотистые экстрактивные вещества, белок, незаменимые аминокислоты и др. [2].

Химический состав жома позволяет использовать данный отход в качестве добавки к корму сельскохозяйственных животных. Однако свежий жом обладает невысоким сроком хранения – не более 3 суток, что обусловлено интенсивным протеканием ферментативных процессов и образованием кислого жома, характеризующегося низкими потребительскими свойствами. Это вызвало необходимость разработки технологий получения высушенного жома. Различают два вида высушенного жома: рассыпной и гранулированный. Такой жом характеризуется длительным сроком хранения, что расширяет возможности его применения в различных сферах народного хозяйства.

Таким образом, можно выделить следующие основные направления использования свекловичного жома:

- в сельском хозяйстве для корма животных;
- в качестве мелиоранта-рекультиванта;
- в качестве сырья для производства пектина и др.

Меласса (код 1141203) – оттек, отделяемый при центрифугировании утфеля на последней ступени кристаллизации [2]. В составе мелассы

присутствуют сахара, а также растворимые компоненты свекловичного сока, в том числе органические кислоты, катионы металлов, карбонаты, сульфаты, фосфаты и др.

Известны следующие направления использования мелассы:

- в качестве сырья для производства продуктов микробиологического синтеза (хлебопекарных дрожжей, лимонной и молочной кислот, этилового спирта и др.);
- в сельском хозяйстве для корма животных;
- при производстве пластмасс, клеящих средств и других видов химической продукции;
- в цветной металлургии, бумажной, мебельной, нефтеперерабатывающей, строительной промышленности и др.

Дефекат (код 1141202) образуется при очистке свекловичного сока. Дефекат называют также фильтрационным осадком. Сухой дефекат может содержать 60-75% CaCO_3 , 10-15% органических веществ, 0,2-0,7% N, 0,2-0,9% P_2O_5 , 0,3-1% K_2O , а также микроэлементы [1].

Дефекат (фильтрационный осадок) предлагается использовать:

- в качестве мелиоранта в отношении кислых почв;
- средства для увеличения степени усвояемости минеральных удобрений растениями;
- в качестве подкормки для сельскохозяйственных животных;
- в качестве средства-рекультиванта для отработанных карьеров и нарушенных земель;
- при производстве строительных материалов и др.

Рассмотренные виды крупнотоннажных отходов на большинстве предприятий по производству сахара находят применение в качестве вторичного материального ресурса в обозначенных выше сферах народного хозяйства. Несмотря на существующие многочисленные направления использования данных видов отходов поиск новых сфер их применения продолжается. Это обусловлено их химическим составом и отсутствием токсичности.

Среди прочих отходов производства сахара (код 1141209) можно выделить транспортно-мочный осадок или моченик, который образуется, главным образом, при мойке свеклы. В составе данного отхода присутствуют частицы почвы, растительные остатки ботвы, части свеклы и др. Моченик применяется для обваловки карт полей фильтрации, в качестве мелиоранта почв, рекультиванта земель.

Для поиска новых направлений использования транспортно-мочного осадка в работе был определен химический состав данного вида отхода. В частности определено количественное содержание отдельных катионов и анионов. Определение основных показателей, характеризующих химический состав отходов, проводили по методикам, представленным в [3, 4]. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика химического состава транспортно-моечного осадка

Показатель	Значение показателя
рН солевой вытяжки	7,52
Влажность, %	48,55
Зольность, %	85,8
гидрокарбонаты, мг/кг	109,8
хлориды, мг/кг	0,448
сульфаты, мг/кг	0,0036
нитраты, мг/кг	128,92
фосфаты, мг/кг	40,1
железо, мг/кг	68,57
цинк, мг/кг	3,356
калий, мг/кг	161,8

Результаты исследований свидетельствуют о присутствии в составе транспортно-моечного осадка значительного количества питательных элементов: калия, азота, фосфора. Учитывая присутствие в составе отхода растительных остатков можно предположить возможность получения из него компоста. Указанное предположение в дальнейшем планируется подтвердить результатами исследований, которые планируется провести в ближайшее время.

Таким образом, анализ химического состава и известных направлений использования основных крупнотоннажных отходов производства сахара свидетельствуют о том, что сферы применения указанных материалов будут расширяться в будущем. Это обусловлено ценными свойствами данных отходов. Вовлечение указанных отходов в хозяйственный оборот позволит снизить негативное воздействие отходов производства сахара на компоненты окружающей среды и уменьшить потребление отдельных видов природных ресурсов.

Список использованных источников

1. Дефекат // ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sugar.by/products/defekat/>. – Дата доступа: 21.03.2023.
2. ИТС 44-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство продуктов питания. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 417 с.
3. Лихачева А.В., Шибека Л.А. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студ. – Минск: БГТУ, 2011. – 204 с.
4. Мониторинг окружающей среды: лабораторный практикум / сост. Т.А. Жарская, А.В. Лихачева. – Минск: БГТУ, 2006. – 214 с.
5. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 9 сент. 2019 г., № 3-Т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934631p&p1=1>. – Дата доступа: 21.03.2023.
6. Сахарная отрасль // Белорусский государственный концерн пищевой промышленности «Белгоспищепром» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bgp.by/ru/shugar-ru/>. – Дата доступа: 21.03.2023.