

УДК 663. 331

Поступила в редакцию 14.08.2023  
Received 14.08.2023**А. М. Мазур<sup>1</sup>, Е. В. Таразевич<sup>1</sup>, Н. Н. Петюшев<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup> РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БЕЗОТХОДНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

**Аннотация.** В статье представлены научно-технические, экономические, экологические аспекты и основные направления, а также принципы создания безотходного производства. Разработаны мероприятия по организации безотходного производства. Предложена классификация отходов и количественный критерий в определении безотходности технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по организации безотходного производства в сахарной и крахмальной отраслях.

**Ключевые слова:** безотходная технология, отходы, вторичные продукты, интегральный показатель.

**A. M. Mazur<sup>1</sup>, E. V. Tarazevich<sup>1</sup>, N. N. Petyushev<sup>2</sup>**<sup>1</sup>EI “Belarusian State Agrarian Technical University”, Minsk, Republic of Belarus<sup>2</sup>RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,  
Minsk, Republic of Belarus**MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF WASTE-FREE  
TECHNOLOGIES AT AGRICULTURAL INDUSTRIAL PROCESSING  
ENTERPRISES**

**Abstract.** The article gives scientific, technical and economic aspects and main directions, as well as principles in the creation of non-waste production. Measures have been developed to organize non-waste production. A classification of wastes and a quantitative criterion in determining the non-wasteness of the technological process are proposed. Measures for the organization of non-waste production in the sugar and starch industries are considered.

**Keywords:** non-waste technology, waste, secondary products, integral index.

**Введение.** Современный уровень технологий и техники перерабатывающей промышленности АПК требует принципиально нового подхода к проблеме использования вторичных ресурсов и ресурсов сырьевой базы в целом.

Этот подход состоит в создании безотходных технологий производства, позволяющих максимально и комплексно извлекать все ценные компоненты сырья, превращая их в полезные и необходимые продукты, исключить ущерб, наносимый окружающей среде в результате производственных выбросов в воздух, воду и почву, а также обеспечить безопасность жизнедеятельности работников предприятия. В решении этой проблемы наряду с внедрением эффективных технологий переработки вторичного сырья основного производства, утилизации сточных вод и газовых выбросов большое значение приобрело совершенствование существующих и создание новых экологически чистых производств. Это направление — развитие последних достижений науки и техники в перерабатывающих отраслях АПК получило название безотходной технологии [1].

Переход перерабатывающих предприятий на основе безотходных технологий нужно рассматривать как одно из фундаментальных направлений в решении вопросов рационального использования природно-сырьевых ресурсов, защиты водной и воздушной среды от источников загрязнения и выполнить основные требования к обеспечению взрывопожаробезопасности технологического процесса и технологического оборудования.

Перестройка технологических процессов с целью комплексного безотходного использования сырья обусловлена требованием повышения эффективности перерабатывающей промышленности и максимального удовлетворения потребностей общества в отечественных качественных продуктах питания [2].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Научно-технический аспект создания безотходного производства непрерывно связан с реализацией последних достижений науки и технологии, передового отечественного и зарубежного опыта.

Определены основные факторы, влияющие на выбор производства. Установлено, что каждый вид сельскохозяйственного сырья пригоден для переработки и получения из него широкого ассортимента продуктов. Объемы производства продукции из сельскохозяйственного сырья зависят от количества, качества, стоимости сырья, технологии производства и состава технологического оборудования. Качество сырья является определяющим фактором при выборе технологии производства и его эффективности, снижая расходы сырья и теплоэнергоресурсов в 2 раза.

Технологии производства и применяемое оборудование определяют возможность безотходного, экологически чистого и рентабельного предприятия [3].

Экономический аспект связан с расширением производства за счет более глубокой, комплексной переработки сельскохозяйственного сырья и использования вторичных продуктов, как источник получения других продуктов питания, а также удобрений. Необходимо постоянно и непрерывно проводить обоснование и внедрение новых способов переработки вторичных отходов на основе физических, химических и биологических методов по извлечению и концентрированию необходимых пищевых веществ. Согласно исследованию, выполненным в России, только за счет таких подходов можно производить на 20-30% больше продуктов питания. При этом в России в пищевых производствах образуется 45 млн. тонн вторичных отходов, в том числе сахарной промышленности 16 млн. тонн, молочной 12 млн. тонн, спиртовой 16 млн. тонн, мукомольно-крупяной — 4,5 млн. тонн. Аналогичное состояние и в Республике Беларусь. [4].

Наукой доказано и практикой подтверждено, что при комплексном использовании сырья можно высокоэффективно использовать практически все отходы и вторичные продукты перерабатывающей промышленности.

Экологический аспект при внедрении безотходной технологии связан с непрерывным ростом воздействия производства на окружающую среду. Антропогенные нагрузки на биосферу, превышающие установленные нормативы, ведут к нарушению равновесия в природе и дисбалансу в экологических системах. Поэтому, в настоящее время особое значение приобретает оценка воздействия технических перерабатывающих отраслей на окружающую среду. И здесь необходимо обратить внимание на источники загрязнения и меры защиты воздушной и водной среды от выбросов предприятий перерабатывающих сельскохозяйственное сырье [5].

Безотходное производство — это совокупность технологических операций, процессов и производств, обеспечивающих максимальное и комплексное использование сырья и отходов с одновременным существенным уменьшением или исключением их воздействия на окружающую среду. При этом основными функциями безотходного производства является обеспечение комплексной переработки сырья, не столько отсутствие отходов вообще, сколько их рациональное использование в этом производстве, либо в качестве сырья в другом технологическом процессе, а также совокупность мероприятий по недопущению негативного воздействия на окружающую среду и жизнедеятельность человека. Основой безотходных технологий является комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов, а отходы производства — это недоиспользованная часть сырья [6].

Безотходное производство предусматривает, что экономия сельскохозяйственного продукта происходит на всех этапах производства — начиная от стадии подготовки семян, почвы до стадии переработки и реализации из этого сырья готового продукта.

Выход получения продукции из сырья растительного и животного происхождения составляет от 75% до 98% от массы переработанного сырья. Остальная часть сырья, содержащая значительное количество ценных и полезных веществ переходит в отходы производства.

Основные принципы безотходного производства заключаются в следующих мероприятиях:

- ♦ системность — каждый процесс производства является единством сложного механизма;
- ♦ совокупное использование ресурсов (сырьевых и энергетических) способствует применению сопутствующих компонентов;
- ♦ цикличность — замкнутый процесс производства, напоминающий круговорот в природе;
- ♦ рациональный подход и максимальное использование ресурсов, позволяющее минимизировать потери за счет использования отходов для дальнейшего производства;
- ♦ экологическая безопасность (для здоровья людей, окружающей среды, санитарных норм и т.д.);

- ♦ пожаровзрывобезопасность предприятия.

В перерабатывающих отраслях АПК основными направлениями в создании безотходных производств являются:

- ♦ Разработка прогрессивных технологических процессов. Получение новых видов пищевых продуктов и добавок, улучшающих пищевую и биологическую ценность продуктов.
- ♦ Разработка технических средств и процессов, обеспечивающих сокращение выбросов и перевод их в экологически чистые формы, уменьшение расхода свежей воды при внедрении систем оборотного водоснабжения, уменьшение загрязненности сточных вод, извлекая из них ценные вещества.

- ♦ Развитие инновационных технологий по увеличению ресурсов белка, биологически активных добавок, нутрицевтиков, функциональных продуктов питания.

Внедрение робототехники и автоматизации, использование 3D — принтеров и цифрового управления на технологических этапах производства продуктов питания [7,8].

Предложены следующие мероприятия по организации безотходных производств:

- ♦ организация производств с использованием сырья и энергии в замкнутом цикле: первичное сырье — производство — потребление — вторичное сырье (отходы) — переработка — готовая продукция, при этом

- ♦ все производственные процессы должны осуществляться при минимальном числе технологических этапов, поскольку на большинстве из них образуются отходы, и теряется сырье и полуфабрикаты;

- ♦ технологические процессы должны быть непрерывными, что позволяет наиболее эффективно использовать сырье и энергоресурсы;

- ♦ единичная мощность технологического оборудования должна быть оптимальной, что соответствует максимальному КПД и минимальным потерям;

- ♦ минимизировать источники загрязнения воздушной среды;

- ♦ обеспечить безопасность жизнедеятельности предприятия [11].

Способы переработки отходов отличаются по сложности, эффективности и затратам на их реализацию. Самым рациональным способом является, когда устанавливается контроль на каждой точке технологического процесса и постоянно проводится работа по предотвращению или уменьшению потерь отходов путем их переработки и использования.

Переход на новейшие сберегающие технологии требуют больших затрат, но могут быть весьма экономически эффективны и достаточно быстро окупаемые. В общем случае меры по сокращению отходов у источника их образования могут включать:

- ♦ изменение технологической схемы производства на уменьшение образования отходов;
- ♦ модернизацию оборудования с целью снижения отходов;
- ♦ переход на нетоксичные материалы в производственном процессе.

Необходимо обратить внимание на характер классификации отходов, качественные и экономические различия для определения эффективных способов их переработки. Основным признаком классификации отходов является их принадлежность к определенной отрасли. По этому признаку следует различать отходы: сахарной, крахмалопаточной, пивоваренной, спиртовой, масложировой, зерноперерабатывающей, плодоовощной, пищевых концентратной, хлебопекарной, чайной, табачной, молочной, мясной промышленности, производство пищевых кислот и ферментов [9].

Кроме этого, вторичные продукты и отходы можно классифицировать по источникам образования, по агрегатному состоянию, по технологическим стадиям получения, по возможности повторного использования, по материальности, по степени использования, по степени воздействия на окружающую среду. Научно-обоснованная классификация отходов будет соответствовать более точному составлению их характеристик по научно-техническому, экономическому, экологическому аспектам, установления взрывопожароопасности производства, что повысит эффективность использования отходов.

Комаров В.И. и Мануилова Г.А. предложили [10], что количественным критерием в определении безотходности служит коэффициент  $K_b$  — интегральный показатель, учитывающий масштабы потребления природно-сырьевых ресурсов, объема производимой продукции, массу размещаемых в окружающей среде отходов и степень их опасности. Он формируется из следующих элементарных составляющих — коэффициента полноты использования материально-сырьевых ресурсов, характеризующего степень замкнутости технологического процесса на входе и выходе по отношению к окружающей среде, и коэффициента экологичности, характеризующего интенсивность воздействия процесса на окружающую среду. Кроме указанных коэффициентов, по нашему мнению, необходимо иметь поправочный коэффициент, учитывающий пожаровзрывоопасность производства. Технологии, имеющие  $K_b$  от 0,9 до 1,0 считать условно-безотходными, абсолютно безотходные технологии должны иметь

$K_b = 1$ . Технологии с коэффициентом безотходности от 0,7 до 0,9 считать малоотходными, а технологии, имеющие  $K_b$  менее 0,7 отнести к категории рядовых. При этом обязательным условием для условно-безотходных технологий является количество выбросов в окружающую среду загрязнений, объемы размещения отходов должны быть установленные в законодательном порядке согласно предельно допустимых экологических норм и нормативов по количеству загрязнения и предельно допустимых выбросов. Абсолютно безотходные технологии или производства должны быть замкнутыми по отношению к окружающей среде, то есть количество загрязнений должно равняться нулю, для малоотходных технологий количество выбросов, сбросов загрязнений, объемы размещения отходов должны быть равными предельно допустимым нормам, установленным для предприятий лимитами. Для разовых технологий количество выбросов, сбросов загрязнений и объемов размещения отходов устанавливается для предприятий утвержденными лимитами.

В перерабатывающем комплексе накоплен определенный опыт по использованию вторичного сырья. Проведем оценку сахарной и крахмальной отрасли на предмет безотходности производства

Рассмотрим сахарную отрасль [11], здесь вторичным сырьем является жом, меласса, фильтрационный осадок. С 1 тонны сахарной свеклы получают 160 кг сахара-песка, 60 кг жома, 50 кг мелассы, 60 кг фильтрационного осадка (в пересчете на сухое вещество). Жом идет на корм, меласса частично на производство дрожжей, лимонной кислоты, остальное на корм, фильтрационный осадок используется как удобрение. При этом производство дрожжей, лимонной кислоты и корма производятся на других предприятиях. Режим работы сахарного предприятия по утвержденным нормам — 90 суток из-за резкого снижения содержания сахара в свекле после 90 суток ее хранения, расход потребляемой воды 15–20 м<sup>3</sup> на тонну перерабатываемого сырья. Взрывопожароопасность определяется следующими применяемыми веществами: сахар, формалин, сернистый ангидрид. Если рассмотреть сахарное производство (предприятие) с точки зрения безотходного, экологически чистого предприятия необходимо:

- ♦ увеличить режим работы предприятия минимум до 250–300 суток, чтобы использовать существующие мощности, энергоресурсы, трудовой персонал, необходимое оборудование для организации на данном предприятии производства дрожжей, лимонной кислоты, спирта, молочной кислоты, изделий из сахара, продукт, заменяющий карамельную патоку и другие продукты. При этом карамельную патоку мы закупаем 100 %, изделия из сахара — 51,9 %;
- ♦ организовать на данном предприятии производство пектина и пектиновых веществ, которые закупаем 100 % для производства кондитерских изделий (мармелад, зефир и др.);
- ♦ организовать производство комбикормов, учитывая имеющиеся компоненты — жом и мелассу;
- ♦ провести работы по организации повторного водоснабжения на технологических станциях производства;
- ♦ проработать вопрос по замене вредных веществ, применяемых в производстве — сернистого ангидрида и формалина.

Это дает возможность создать высокоэффективное, безотходное производство с выпуском импортозамещенных дефицитных продуктов, и увеличив с коэффициента 0,7, технология считается малоотходной до условно-безотходной с коэффициента 0,9 до 1,0 %.

Если рассмотреть крахмальное производство: переработка картофеля на крахмал и переработка кукурузы на крахмал [12,13].

По картофелекрахмальному производству мы имеем выход крахмала с 1 т картофеля 150–200 кг, остаток которого составляет мезга и клеточный сок — это 30 % от исходного сырья не используется и в большей части сбрасывается в естественные водоемы, нанося вред экологии. Расход воды составляет 7–10 м<sup>3</sup> на 1 тонну переработки картофеля. Здесь технология имеет коэффициент безотходности менее 0,7 и относится к категории рядовых. За рубежом полностью перерабатывают получаемые отходы, мезгу на клетчатку, клеточный сок на картофельный белок. Это дает возможность иметь безотходное экологически чистое высокорентабельное предприятие, а коэффициент  $K_b$  — 1- технология абсолютно безотходная

По кукурузо-крахмальному производству мы имеем с 1 т зерна кукурузы до 650 кг сухого крахмала при полной утилизации вторичных продуктов: экстракт после замачивания сырья идет на производство витаминов, выделяемый кукурузный зародыш на производство кукурузного масла 80–90 кг с 1 т кукурузы, мезга на производство корма, глютен на производство сухого белка. Предприятие работает по замкнутому циклу водоснабжения. Потери сухих веществ практически отсутствуют. Из приведенных данных видно, что кукурузо-крахмальное производство можно отнести к условно-безотходным с  $K_b = 0,95$ .

**Заключение.** Определены основные направления и принципы создания безотходного производства. Разработаны мероприятия по организации безотходного производства. Дано опре-

деление безотходного производства, как комплекса переработки сельскохозяйственного сырья, при экономии его на всех этапах производства, начиная от стадии подготовки семян и почвы до стадии переработки и реализации из этого сырья готового продукта.

Предложена классификация отходов и количественный критерий определения безотходности технологического процесса. Рассмотрено сахарное и крахмальное производство с позиции безотходного экологически чистого предприятия.

### Список использованных источников

1. *Арсенева, Т. П.* Безотходные технологии отрасли. Учебно-методическое пособие / Т.П. Арсенева. — СПб.: Университет ИТМО. — 2011. — 55 с.
2. Биотехнология / под ред. А.А. Баева. — М.: Наука, 1984. — 309 с.
3. Биотехнология: теория и практика / Н.В. Загорский, [и др.]. — М.: Изд. Оникс, 2009. — 296 с.
4. Биопрепараты: Сельское хозяйство. Экология. Практика применения. — М.: «Эм-кооперация», 2008. — 296 с.
5. *Жакова, К. И.* Современные тенденции развития технологий пищевых производств / К. И. Жакова, Н. П. Миронова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2022. — Т.15, №3 (57). — С. 6–13.
6. *Комаров, В. И.* Количественная оценка технологических процессов по степеням малой безотходности / В. И. Комаров, Т. А. Мануйлова // Пищевая промышленность. — 1995. — №3. — С. 19–26.
7. Картофель и картофелепродукты: наука и технология / З. В. Ловкис [и др.]. — Минск: Белорусская наука, 2008. — 537 с.
8. *Личко, Н. М.* Технология переработки продукции растениеводства / Н.М. Личко. — М.: КолосС, 2000. — 218 с.
9. *Мазур, А. М.* Основные факторы, влияющие на выбор технологии производства крахмала из картофеля / А. М. Мазур // Агропанорама. — 2019. — №2. — С.27–29.
10. Мазур, А. М. Исследование безотходной технологии переработки картофеля на крахмал / А. М. Мазур, Е. В. Таразевич // Агропанорама. — 2023. — №1. — С. 11–15.
11. *Неверова, О. А.* Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения / О. А. Неверова, Г. А. Гореликова. — М.: Сибирское университетское издательство, 2007. — 416 с.
12. *Степанова И.* Утилизация отходов агропромышленного комплекса / И. Степанова // Агропанорама. — 2019. — №2. — С. 7–11.
13. Сельскохозяйственная биотехнология / под ред. В. С. Шевелухи. — М.: Высшая школа, 2003. — 469 с.

### Информация об авторах

*Мазур Анатолий Макарович*, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: mam.pererab@bsatu.by

*Таразевич Елена Васильевна*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220012, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: tev.pererab@bsatu.by

*Петюшев Николай Николаевич*, кандидат технических наук, начальник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: petushev@belproduct.com

### Information about authors

*Mazur Anatoliy Makarovich*, Doctor of Technical Sciences, Professor Department of Technology and Mechanization of Livestock Husbandry and Agricultural Products Processing, Belarusian State Agrarian Technical University (99, Independence Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: mam.pererab@bsatu.by

*Tarazevich Elena Vasilievna*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Department of Technology and Mechanization of Livestock Husbandry and Agricultural Products Processing, Belarusian State Agrarian Technical University (99, Independence Ave., 220012, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: tev.pererab@bsatu.by

*Petyushev Nikolai Nikolaevich*, PhD (Engineering), Head of the Department of Technologies for Products from Root and Tuber Crops of the RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (Kozlova St., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: petushev@belproduct.com