

УДК 504.75:631.95

Поступила в редакцию 14.06.2024
Received 14.06.2024**А. М. Мазур¹, Е. В. Таразевич¹, Н. Н. Петюшев²**¹ Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь² РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ,
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СЫРЬЕ**

Аннотация. Перерабатывающая промышленность Беларуси является экспортно ориентированной отраслью экономики. Основными задачами, стоящими перед отраслью, являются повышение конкурентоспособности производственного сектора, создание новых высокотехнологических производств и увеличение экспорта отечественной продукции.

В статье представлены основные направления развития перерабатывающей промышленности Беларуси. Определены факторы, обеспечивающие экологическую безопасность перерабатывающих производств, где особое внимание уделяется выбранным технологическим процессам, внедрению новых безотходных экологически чистых технологий, применению инновационных методов обработки, освоению новых продуктов. Описаны источники и степень загрязнения сточных вод, а также источники, выделяющие вредные вещества в атмосферу, причины возникновения пожаров и взрывов на перерабатывающих предприятиях.

Для очистки сточных вод перерабатывающих предприятий предложены механические, химические биологические методы. Для снижения предельно допустимой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны необходимо обеспечение вентиляции и кондиционирование воздуха. Для обеспечения взрыво-, пожаробезопасности технологических процессов на каждом предприятии разработаны свои мероприятия по устранению источников возникновения пожаров и взрывов.

Ключевые слова: технологические процессы, отходы производства, вторичное сырье, методы очистки сточных вод, вредные вещества, взрыво-, пожаробезопасность, экологическая безопасность предприятия.

A. M. Mazur¹, E. V. Tarazevich¹, N. N. Petyushev²¹*Educational institution «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Minsk, Republic of Belarus*²*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy
of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus***ENVIRONMENTAL SAFETY OF ENTERPRISES PROCESSING
AGRICULTURAL RAW MATERIALS**

Abstract. The processing industry of Belarus is an export-oriented sector of the economy. The main tasks facing the industry are to increase the competitiveness of the manufacturing sector, create new high-tech production facilities and increase the export of domestic products.

The article presents the main directions of development of the processing industry of Belarus. The factors ensuring environmental safety of processing industries are determined, where special attention is paid to the selected technological processes, the introduction of new waste-free environmentally friendly technologies, the use of innovative processing methods, the development of new products. The sources and degree of wastewater pollution are described, as well as sources emitting harmful substances into the atmosphere, the causes of fires and explosions at processing plants.

Mechanical, chemical and biological methods are proposed for cleaning wastewater from processing plants. To reduce the maximum permissible concentration of harmful substances in the air of the

working area, it is necessary to provide ventilation and air conditioning. To ensure explosion and fire safety of technological processes, each enterprise has developed its own measures to eliminate sources of fires and explosions.

Keywords: technological processes, production waste, secondary raw materials, wastewater treatment methods, harmful substances, explosion and fire safety, environmental safety of the enterprise.

Введение. Перерабатывающая промышленность является стратегической отраслью экономики Беларуси, формирующей продовольственный рынок, обеспечивающей продовольственную экономическую безопасность, приносящей доходы от экспорта продукции [1].

Основными задачами, стоящими перед отраслью, являются повышение конкурентоспособности производственного сектора, создание новых высокотехнических производств, рост экспорта отечественной продукции.

Перерабатывающая промышленность Беларуси стабильно занимает первое место по объему производства продукции среди отраслей обрабатывающей промышленности страны. Ее удельный вес в структуре обрабатывающей промышленности за период с 2011 по 2020 год вырос с 19,6 % до 29,4 %.

Основными направлениями развития перерабатывающей промышленности являются:

- ♦ рост промышленного производства на основе технологий и оборудования, внедрения инноваций;
- ♦ применение технологий комплексной переработки сырья на основе внедрения безотходных технологий;
- ♦ экологизация производства путем внедрения мероприятий по экологической безопасности производства.

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из важнейших направлений в развитии производства и его положительном функционировании является внедрение экологической безопасности. Экологическая безопасность предприятия определяют следующие факторы:

- ♦ применяемые технологические процессы производства;
- ♦ организация машинной технологии перерабатывающего производства;
- ♦ вторичные продукты основного производства;
- ♦ сточные воды предприятий;
- ♦ источники загрязнения воздушной среды предприятий;
- ♦ взрыво- и пожаробезопасность перерабатывающего предприятия.

Применяемые технологические процессы в перерабатывающей промышленности неразрывно связаны с научно-техническим прогрессом, основанном на реализации последних достижений науки и технологий, передового отечественного и зарубежного опыта. Основным фактором, определяющим выбор технологического процесса производства, является вид сельскохозяйственного сырья, используемого для переработки и получения из него широкого ассортимента продуктов. Объемы производства продукции зависят от количества, качества, стоимости сырья, технологии производства, технического оборудования. Качество сырья является определяющим фактором при выборе технологии производства и его эффективности, снижении расхода сырья и теплоэнергоресурсов более, чем в два раза. В современных условиях одним из путей интенсификации перерабатывающей промышленности является внедрение новых безотходных технологий, при этом безотходное производство должно обеспечивать комплексную переработку сырья, а также рационально перерабатывать отходы, используя все компоненты сырья [2,3].

В целях повышения эффективности перерабатывающей промышленности уделяется пристальное внимание вопросам безотходного производства продукции, в том числе внедрению инновационных методов обработки, расширению и обновлению ассортимента и улучшению качества продукции, освоению новых продуктов, повышению конкурентоспособности продукции.

Современные технологические решения с использованием инновационных методов обработки молока позволили обеспечить в Республике Беларусь переработку 99 % объемов молочной сыворотки. При этом в странах Европейского Союза перерабатывается 80-90 % молочной сыворотки, в России — 50 %.

В настоящее время довольно остро стоит вопрос в создании безотходных технологий производства при комплексном использовании сырья с учетом высокоэффективного использования всех отходов и вторичных ресурсов предприятия. Особое значение приобретает оцен-

ка воздействия перерабатывающих предприятий на окружающую среду и вопросы предотвращения загрязнения и обеспечения экологической безопасности [4].

Решая вопрос организации машинной технологии перерабатывающих производств, необходимо обратить внимание, что применяемое оборудование чрезвычайно разнообразно по назначению и конструкторским решениям технологических задач, что обусловлено многообразием технологических свойств сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения, а также многообразием потребительских свойств готовых продуктов [5,6].

В агропромышленном комплексе Советского Союза было разработано более 30 систем машин для всех перерабатывающих отраслей. В основе классификации отраслевых систем машин использовались виды выпускаемых изделий и производительность линии.

При создании машинной технологии необходимо предусмотреть максимальную механизацию и автоматизацию технологических процессов для замены тяжелого физического труда; замены вредных условий труда; повышения производительности и улучшения качества выпускаемой продукции.

Кроме того, технологический процесс должен иметь наименьшее число машин, что позволит разместить линию на наименьшей площади и сократить затраты на оборудование.

Имеются следующие требования к формированию технологических линий при внедрении машинных технологий.

На предприятиях небольшой мощности, выпускающих широкий ассортимент продукции (консервы, кондитерские изделия и др.), желательно устанавливать универсальные перенастраиваемые линии [7].

На крупных предприятиях целесообразно устанавливать специализированные линии (сахарные заводы, мельницы и др.).

Существует три способа создания поточных линий:

- ♦ из новых специализированных испытанных машин на других аналогичных производствах;
- ♦ из модернизированного и усовершенствованного оборудования данного технологического профиля;
- ♦ из отдельных типовых участков.

Главное условие формирования линий — это синхронизация работы машин по длительности каждой операции и производительности. В то же время целесообразно построенная машинная технология технологической линии должна удовлетворять эксплуатационным, энергетическим, технологическим, конструктивным, эстетическим, экономическим требованиям техники безопасности, изготовлена из недифицитных материалов с достаточной механической и антикоррозийной прочностью, что в конечном итоге будет соответствовать энергосберегающей конструкции аппарата и линии в целом.

Выход продукта при переработке сырья растительного и животного происхождения, составляет 75-99 % от массы переработанного сырья. Остальная часть сырья, содержащая значительное количество ценных и полезных веществ, переходит в так называемые отходы производства, которые часто являются вторичным сырьем для производства дополнительной продукции [8, 9].

Вовлечение в сферу производства огромных ресурсов промышленных отходов равносильно расширению сырьевой базы пищевой и перерабатывающей промышленности при одновременной экономии затрат труда, а выпуск дополнительной продукции из вторичного сырья означает снижение издержек производства на единицу конечной продукции при тех же затратах на сырье. Поэтому комплексное использование сырья и отходов является приоритетной задачей для пищевой и перерабатывающей промышленности. В процессе технологической переработки первичного сырья и вспомогательных производственных материалов получают основную, побочную продукцию, а также отходы производства [10].

По стадиям обработки сельскохозяйственного сырья перерабатывающая промышленность делится на первичные отрасли - это свеклосахарная, консервная, картофелеперерабатывающая, мукомольная, спиртовая, мясная, молочная и др., и последующие отрасли переработки сырья, полученного после обработки продуктов первичной отрасли — это хлебопекарная, макаронная, кондитерская и др.

Возможность определить предприятие, которое относится к первичной отрасли к безотходному производству усложняется такими факторами, как качество исходного сырья, по-

лучаемых вторичных продуктов, размерами неиспользованных отходов, применения химических реагентов при производстве. Эти факторы практически отсутствуют на предприятиях, относящиеся к последующим отраслям. Вместе с тем, в первичных отраслях, где широко применяются передовые достижения науки и технологии некоторые предприятия можно отнести к безотходным — это мукомольная, молочная и др.

Перерабатывающая промышленность Республики Беларусь является довольно крупным потребителем воды. Так, например, на нужды мясной отрасли расходуется до 16...25 м³, в сахарной — до 10 м³ на каждую тонну вырабатываемой продукции [11].

В результате выполнения производственных операций в сточную воду попадают различные загрязнения, среди которых преобладают отходы производства, унесенные водой компоненты сырья и материалов.

Сточные воды предприятий перерабатывающей промышленности подвергают механической и биологической (биохимической) очистке. С помощью механической очистки из сточных вод извлекают нерастворимые оседающие и всплывающие загрязнения. Механическая очистка необходима для предупреждения засорения канализационных трубопроводов большими массами отходов (песок, бой стекла, кость, шерсть) которые затрудняют последующую биологическую очистку.

В процессе биологической очистки сточные воды очищают от органических примесей, находящихся во взвешенном состоянии (бульоны, кровь, молоко, пахта, сыворотка, крахмал и др. [12].

Биологический метод очистки основан на способности различных микроорганизмов использовать для своего развития, содержащиеся в сточных водах, белки, углеводы, спирты, органические кислоты. При этом в результате так называемого аэробного биохимического процесса органические загрязнения интенсивно окисляются, минерализуются, выпадают в осадок, и образуется прозрачная незагнивающая жидкость, содержащая растворенный кислород, пригодная для сброса в водоем.

Очищенные сточные воды перед сбросом в водоем обеззараживают для уничтожения патогенных микроорганизмов. Для дезинфекции используют жидкий хлор, раствор хлорной извести или гипохлорит натрия; возможна дезинфекция сточных вод электроискровыми разрядами и озоном.

Сооружения для механической очистки сточных вод включают: решетки, навозоуловители, песколовки, грязеотстойники, бензо- и маслоуловители, жироловки, отстойники и дезинфекторы.

Степень загрязнения воды органическими веществами можно определить по количеству кислорода, необходимому для окисления органических веществ под воздействием аэробных микроорганизмов-минерализаторов, которые существуют в присутствии кислорода. Общее количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ аэробными микроорганизмами, называется биохимической потребностью в кислороде, обозначается БПК и выражается количеством кислорода в мг/л или г/м³.

В качестве основного показателя для расчета очистных сооружений служит величина БПК_{полн}, то есть количество кислорода, расходуемого для полного окисления биохимическим путем. Для многих видов сточных вод для проведения полного биохимического процесса необходимо 20 суток, то есть БПК_{полн} равна БПК₂₀.

Общее количество кислорода, необходимое для перевода углерода органических соединений в углекислый газ, водорода в воду, азота в аммиак, серы в серный ангидрид, называется химической потребностью в кислороде, обозначается ХПК.

Разность ХПК-БПК₂₀ может служить показателем прироста микробиальной среды (ила). Для хозяйственно-бытовых сточных вод эта разница не имеет существенного значения, так как БПК₂₀ в этом случае составляет примерно 86 % ХПК; однако производственные сточные воды имеют ХПК, превышающую БПК₂₀ на 50 % и более.

Соотношение между БПК₂₀ и ХПК указывает на необходимость применения биохимической очистки сточных вод предприятий перерабатывающей промышленности.

После механической очистки БПК сточной воды снижается на одну треть. Остальная часть органических загрязнений удаляется при помощи биологической очистки.

Различают полную и неполную биологическую очистку. После полной очистки получают сточную воду, имеющую БПК для окисления оставшихся растворенных загрязнений в размере 10...15 мг/л; после неполной очистки — 30...50 мг/л.

К наиболее простым и дешевым в строительстве и эксплуатации сооружениям для биологической очистки сточных вод относятся: 1) поля орошения и фильтрации; 2) биологические пруды; 3) циркуляционные окислительные каналы или аэроканалы. Более эффективными, но сложными и дорогими в исполнении, являются биологические фильтры и аэротенки различных типов.

На предприятиях перерабатывающей промышленности имеются источники, выделяющие вредные вещества в атмосферу. К таким источникам относятся: 1) технологическое оборудование; 2) системы вентиляции; 3) автотранспорт; 4) организованные и неорганизованные выбросы; 5) неприятно пахнущие вещества и т.д. Выбросы вредных веществ в атмосферу могут быть: 1) стационарные постоянного и периодического действия; 2) точечные и линейные; 3) высокие и низкие; 4) нагретые и холодные.

Состав и объем выброса зависит от источника выброса и от транспортирования выброса.

В выбросах в атмосферу от вентиляции содержится сероводород, аммиак, фенолы, оксид углерода, диоксид серы, кетоны, сажа, древесная и костная пыль и др. В зависимости от мощности и технологических особенностей производства изменяется количество выбрасываемого воздуха и концентрация вредных веществ.

На перерабатывающих предприятиях наряду с газо- паровыми вредными веществами образуется значительное количество пыли, выбрасываемой вентиляционными системами в воздушную среду. Вредные вещества при систематическом и продолжительном воздействии на организм человека наносят вред, способствуя возникновению различных заболеваний, поэтому их объединяют общим названием — вредности, или вредные вещества. Степень их вредного воздействия на человека зависит от физико-химических свойств и содержания вредных веществ в единице объема воздуха в рабочей зоне производственного помещения.

Для снижения концентрации вредных веществ на предприятиях осуществляют следующие мероприятия:

- 1) замена токсичных материалов менее токсичными;
- 2) герметизация оборудования, арматуры и трубопроводов, по которым транспортируются эти материалы;
- 3) устройство местных отсосов над отверстиями или проемами, через которые могут поступать в помещение вредности;
- 4) улавливание пыли в местах ее выделения и смачивание ее;
- 5) устройство тепловой изоляции и придание ей ровной поверхности;
- 6) окраска в светлые тона теплоотдающих поверхностей оборудования для уменьшения теплопередачи и излучения и т.д. Несмотря на принятые меры, часть вредностей поступает в помещение, и вентиляция предназначена для того, чтобы снизить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны до такой концентрации, при которой они не вызвали бы заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего в течение всего его рабочего дня. Такая концентрация вредных веществ называется предельно допустимой концентрацией (ПДК), ее величина установлена для различных вредных веществ.

Вентиляция и кондиционирование воздуха обеспечивают установленными нормами условия и чистоту воздуха в помещении.

Особую опасность для воздушной среды представляют аварийные (залповые) выбросы газообразных веществ, образующихся при авариях, неполадках и других причинах. Организованными выбросами называют выбросы, удаляемые от возникновения с помощью систем воздухопроводов и газоходов. К таким системам относятся общеобменные и местные вентиляционные системы, дымовые трубы, шахты и т.п.

Выбросы в атмосферу перерабатывающих предприятиями, которых тесно связано с взрыво- и пожароопасными свойствами газов, жидкостей, твердых веществ и пыли. Взрыво- и пожароопасные свойства веществ зависят от их агрегатного состояния, физико-химических свойств, условий хранения и применения [13].

Пример экологической безопасности предприятия по производству сахара из сахарной свеклы.

По сахарному производству взрыво-, пожароопасными определяются следующими свойствами применяемых веществ:

- ♦ сахар — горючее вещество, которое повышает температуру 1100-1200 °С, а находящаяся в воздухе сахарная пыль взрывоопасная;
- ♦ формалин — используется на диффузионных аппаратах для предотвращения брожения продуктов, но это горючая жидкость с резким запахом и температурой вспышки 67 °С;

♦ сернистый ангидрид, который используется для очистки сахарного сиропа, и получают его из кусковой серы путем сжигания. Сера — горючее вещество с температурой воспламенения 207 °С. В измельченном виде воспламеняется от искры.

Пожароопасными процессами при производстве сахара является сушка, упаковка, сортировка, хранение сахара.

Следующим примером по взрывопожарным помещениям являются предприятия по переработке зерна. Все технологические операции на элеваторах и мельницах, крупозаводах и предприятиях по выработке комбикормов связаны с перемещением, очисткой, измельчением зерна, которое сопровождается значительным выделением зерновой и мельничной пыли. Содержание пыли в воздухе помещений при плохой работе вентиляции достигает 320 мг/м³, при предельно допустимой концентрации для воздуха рабочей зоны ПДК для зерновой пыли составляет 2-4 мг/м³, то есть превышение составляет в сотни раз. Для предотвращения выделения пыли в рабочее помещение их оснащают система отсасывающей вентиляции — аспирация пыли установками, предупреждающая возникновение пылевых взрывов, эффективность пылеулавливающего оборудования, применяемого на предприятиях хранения и переработки зерна, достигает 90-99 %, но суммарных выбросов пыли в атмосферу велики и достигают для крупных предприятий до 40-60 т в год.

Причина возникновения пожаров и взрывов на перерабатывающих предприятиях:

- ♦ несоблюдение технологических режимов производства;
- ♦ неисправность технологического, электроустановок и другого оборудования;
- ♦ неосторожное обращение с огнем;
- ♦ несоблюдение санитарно-гигиенических условий.

Для обеспечения взрыво-, пожаробезопасности технологических процессов проводят:

- ♦ рациональный подбор компонентов, исходя из условия максимального снижения или исключения образования взрыво-, пожароопасных смесей;
- ♦ выбор значений параметров технологической среды (состав, давление, температуры, снижающих ее взрыво-, пожароопасность;
- ♦ определением допустимых значений скорости, давления, температуры, участвующих в процессах, с учетом их взрывоопасных характеристик и физико-химических свойств;
- ♦ установление автоматических систем противоаварийной защиты, предупреждающие образование взрывоопасной среды в технологическом оборудовании.

Заключение. Экологическая безопасность определяет нормальное функционирование перерабатывающего предприятия и должно определяться выбранной технологией, машинами и аппаратами для создания высокоэффективного безотходного и экологически чистого предприятия с максимальной переработкой отходов производства, с утилизацией загрязнений воздушной и водной среды предприятия, соблюдать взрыво-, пожаробезопасность.

Список использованных источников

1. 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.
2. Арсеньева, Т. П. Безотходные технологии отрасли. Учебно-методическое пособие / Т.П. Арсеньева. — СПб.: Университет ИТМО. — 2011. — 55 с.
3. Мазур, А. М. Современные тенденции развития безотходных технологий на перерабатывающих предприятиях АПК / А.М. Мазур, Е.В. Таразевич, Н.Н. Петюшев // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2023. — Т. 16, №4 (62). — С. 30–34.
4. Безопасность жизнедеятельности / А.А. Белов [и др.]. — М.: Высшая школа, 2003. — 343 с.
5. Красников, В. Я. Поточные технологические линии переработки сельскохозяйственной продукции: учебное пособие / В.Я. Красников. — Курск: Издательство Курской гос. с-х. академии, 2010. — 220 с.
6. Машины и аппараты для переработки мяса и молока / А.А. Курочкин [и др.]. — Пенза, 2000. — 208 с.
7. Курочкин, А. А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств: учебное пособие / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков. — Москва: КолосС, 2006. — 320 с.
8. Степанова, И. Утилизация отходов агропромышленного комплекса / И. Степанова // Агропанорама. — 2019. — №2. — С.7–11.
9. Славянский, А. А. Проектирование предприятий отрасли: учебник / А.А. Славянский. — Москва: ФОРУМ, 2015. — 320 с.
10. Биотехнология: технология и практика / Н.В. Загорный [и др.]. — М.: Издательство «Оникс», 2009. — 296 с.

11. Проектирование предприятий мясомолочной отрасли и рыбообработывающих производств. Теоретические основы общестроительного проектирования: учебное пособие / Ю.Н. Виноградов, В.Д. Косой, О.Ю. Новик. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005. — 336 с.
12. *Хозяев, И. А.* Проектирование технологического оборудования пищевых производств: учебное пособие / И.А. Хозяев. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 272 с.
13. Охрана труда: учебное пособие / В.Г. Андруш [и др.]. — Минск: РИПО. — 2017. — 333 с.

Информация об авторах

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр-т Независимости, 99, 220023, 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, ведущий научный сотрудник 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 Nikolay Nikolaevich, PhD (Engineering), Leading Researcher of the department of technology for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: petushev@belproduct.com