



С.В. МАКАРОВ, Н.В. СТЕПЫЧЕВА, Т.Е. НИКИФОРОВА

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ
В МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Учебное пособие

Иваново 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации

Ивановский государственный химико-технологический университет

С.В. МАКАРОВ, Н.В. СТЕПЫЧЕВА, Т.Е. НИКИФОРОВА

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ
В МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Учебное пособие

Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области технологии продуктов питания и пищевой инженерии
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по профилю подготовки
«Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов»
направления подготовки бакалавра техники и технологии 260100
«Производство продуктов питания из растительного сырья»

Иваново 2011

УДК 665:502

Макаров, С.В. Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности: учеб. пособие / С.В. Макаров, Н.В. Степычева, Т.Е. Никифорова; Иван. гос. хим.-технол. ун-тет. – Иваново, 2011. – 240 с.
ISBN 978-5-9616-0404-4.

Учебное пособие включает основные положения лекционного курса по дисциплине «Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности», входящей в цикл предметов специальной подготовки студентов направления 260100 «Продукты питания из растительного сырья» по профилю «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов». В пособии приведены основные направления использования вторичных материальных ресурсов масложировой промышленности, представлены механические, физико-химические, биохимические методы очистки стоков и основные аппараты, применяемые для очистки воздуха на данных предприятиях. Пособие составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 260100 и с действующей учебной программой по указанному курсу.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по профилю подготовки «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» направления подготовки бакалавра техники и технологии 260100\«Производство продуктов питания из растительного сырья»

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета

Рецензенты:

кафедра безопасности жизнедеятельности Ивановского государственного энергетического университета;

кандидат технических наук О.Б. Колибаба (Ивановский государственный архитектурно-строительный университет)

ISBN 978-5-9616-0404-4

© Макаров С.В., Степычева Н.В.,
Никифорова Т.Е., 2011

© Ивановский государственный химико-
технологический университет, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшая задача пищевой промышленности в условиях рыночной экономики – дальнейшее совершенствование техники и технологии, тесно связана с обеспечением населения высококачественной, экологически чистой продукцией широкого ассортимента, с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды. Современные тенденции и подходы к развитию отдельных отраслей пищевой промышленности свидетельствуют о том, что вопросы производства, потребления и качества продукции должны быть взаимосвязаны с понятием «экологизация производства» и «экологизация технологий».

Экологизация производства – это процесс неуклонного и последовательного внедрения систем технических, управленческих, организационных и других решений, которые дают возможность повышать эффективность использования природных ресурсов, улучшать или сохранять качество природной среды на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Под *экологизацией технологий* понимают разработку и внедрение в производство таких технологий, которые при максимальном получении продукции высокого качества обеспечивали бы сохранение экологического равновесия в окружающей среде и природном круговороте веществ и энергии, не допускали загрязнения среды обитания [1].

Основу экологизации составляет разработка и внедрение малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также таких природоохранительных технологий, как очистка отработавшего воздуха и сточных вод.

Каждое из пищевых производств в той или иной степени загрязняет окружающую природную среду за счет выброса ряда вредных веществ в атмосферу, образования сточных вод и твердых отходов. Пищевая промышленность занимает 14-е место среди отраслей и производств промышленного цикла по уровню загрязнения окружающей среды [1].

В первой части учебного пособия приводится подробная характеристика вторичных материальных ресурсов масложировой промышленности и рассматриваются основные пути их рационального использования либо в этом производстве, либо в качестве сырья в другом технологическом процессе, что позволит экономить сырье, энергию и снизить степень загрязнения окружающей среды.

Вторая часть пособия касается вопросов, связанных с очисткой воздуха от пыли, аэрозолей, туманов и т.п. на предприятиях масложировой промышленности. В этом разделе рассматриваются вопросы, связанные с нормированием, классификацией видов загрязнений, методов и средств защиты воздушного бассейна. Приведены аппараты сухой и мокрой очистки газов, рассмотрена очистка газов методом фильтрации, электрическая, химическая, термическая и термokatалитическая очистка, рассмотрены перспективные методы очистки газов. Обобщен материал, связанный с очисткой воздуха на маслоэкстракционных предприятиях, трудности, возникающие при очистке маслосодержащей

пыли, приводятся пути их решения, которые касаются внедрения новых аппаратов очистки воздуха на данных производствах.

В третьей части пособия рассмотрены вопросы, связанные с очисткой сточных вод на предприятиях масложировой промышленности. Приводится обзор методов очистки сточных вод, эффективность их использования на предприятиях данной группы. Рассмотрены новые методы очистки сточных вод, такие как ультрафильтрация, биохимическая очистка, приведена эффективность их использования на ряде предприятий масложировой промышленности, в том числе на Ивановском маргариновом заводе.

Пособие необходимо для теоретической подготовки студентов по лекционному курсу «Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности» и также может быть полезно инженерам-технологам жироперерабатывающих производств, занимающихся решением проблем экологии и ресурсосбережения на производстве.

Часть 1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. СОЗДАНИЕ МАЛООТХОДНЫХ И РЕУТИЛИЗАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ

В основе подхода к экологизации технологического цикла (ресурсного цикла) любого производства заложен социозэколого-экономический принцип. Он сохраняется и в условиях рыночных отношений.

Пищевая промышленность принадлежит к числу материалоемких отраслей, так как использует значительное количество природных сырьевых топливно-энергетических и водных ресурсов. В большинстве отраслей пищевой промышленности удельный расход сырья и материалов, т. е. расход сырья и материалов на единицу выпускаемой продукции, достаточно велик. Этот показатель существенно влияет не только на развитие и размещение производства, формирование сырьевых зон и сроков переработки сырья, но и на экологичность производства в целом.

Среди первой, наиболее многочисленной группы производств, для которой характерны высокие удельные расходы сырья и материалов, – сахарные, спиртовые, крахмалопаточные, масложировые, консервные, винодельческие и другие заводы.

Ко второй группе относят отрасли, сырьем для которых обычно служат продукты других отраслей пищевой промышленности. Это кондитерские и макаронные фабрики, маргариновые и сахарорафинадные заводы.

Третью группу производств составляют такие, в которых масса готовой продукции значительно выше массы сырья. К ним относят производство хлеба, пива, ликероводочных изделий и другие отрасли. Как правило, они размещаются в районах потребления готовой продукции [1].

Современный уровень развития пищевой промышленности и состояние ее сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к проблеме использования ресурсов. Сущность этого подхода состоит в создании и внедрении малоотходных и реутилизационных технологий, позволяющих максимально и комплексно извлекать все ценные компоненты сырья, превращая их в полезные продукты, а также исключать или уменьшать ущерб, наносимый окружающей среде в результате выбросов отходов производства в воздух, воду и почву. В настоящее время переход на малоотходные и реутилизационные циклы производства рассматривается как одно из фундаментальных направлений в решении вопросов рационального использования природно-сырьевых ресурсов и охраны окружающей среды.

Проблема перевода процессов переработки сельскохозяйственного сырья на реутилизационный цикл производства имеет два взаимосвязанных аспекта – экономический и экологический.

Первый аспект связан с расширением ресурсных возможностей путем комплексной переработки сельскохозяйственного сырья и вовлечения неиспользованных отходов в качестве источника для получения продуктов питания, кормов и удобрений.

В пищевой промышленности при производстве продукции образуется значительное количество отходов и побочных продуктов – около 40 млн тонн в год [2]. В то же время эти отходы и побочные продукты содержат сотни тысяч тонн сахара, белка, масла, витаминов и других ценных веществ, производство которых осуществляется на специализированных предприятиях. Доказано наукой и подтверждено практикой, что можно высокоэффективно использовать практически все отходы и побочные продукты пищевой промышленности.

Организация реутилизационной производственной структуры переработки сельскохозяйственного сырья дает возможность наряду с традиционными продуктами питания получать более 100 наименований различной продукции.

Однако возможности пока еще не используются в полной мере. Промышленной переработке подвергаются не более 20 % образующейся массы отходов [3]. Капитальные вложения в развитие мощностей по производству продукции из отходов значительно ниже, чем на производство основной продукции: доля инвестиций на промышленную переработку отходов не превышает 1 % [4, 5].

Среди основных причин нерационального использования побочных продуктов и отходов производства пищевой промышленности можно выделить следующие [6]:

- слабая инвестиционная база для создания предприятий по утилизации и вторичной переработке;
- отсутствие производственных мощностей для их переработки;
- несовершенство правового эколого-экономического механизма использования вторичных сырьевых ресурсов;
- низкий уровень организации производства, устаревшие техника и технология производства основных и особенно побочных видов продукции на предприятиях отрасли;
- неприменение конкретных технико-экономических разработок по эффективной переработке вторичных ресурсов.

Очевидно, что решение задачи реутилизационной переработки сельскохозяйственного сырья требует существенной переориентации хозяйственной политики в направлении формирования прогрессивных экологически чистых технологий.

Второй аспект проблемы связан с учетом экологических факторов. Развитие промышленности сопровождается непрерывным ростом воздействия производства на окружающую среду. Антропогенные нагрузки на биосферу имеют определенные пределы, превышение которых ведет к нарушению равновесия в

природе и к дисбалансу в экологических системах. В общих чертах направления деятельности в области экологии пищевых предприятий можно сформулировать следующим образом: сокращение количества отходов на основе экономии используемого сырья и энергии; повышение уровня утилизации отходов; снижение выбросов, сбросов твердых отходов; увеличение инвестиций в охрану окружающей среды; минимизация экологических нарушений. Одним из основных путей решения проблемы является развитие малоотходных (МОТ) и реутилизационных экологически чистых технологий (РЭТ).

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕУТИЛИЗАЦИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ. КРИТЕРИИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ МАЛООТХОДНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Идея РЭТ родилась в свое время в СССР; ее высказывали академики Н. Н. Семенов, И. В. Петрянов-Соколов и др. в 1979 г. Официальное определение РЭТ принято на совещании ЕЭК ООН в Ташкенте в 1984 г.

РЭТ (реутилизационная экологически чистая технология) – это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле: первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы и любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

При этом основными функциями РЭТ являются:

- обеспечение комплексной переработки сырья;
- не столько отсутствие отходов производства вообще, сколько их рациональное использование либо в этом производстве, либо в качестве сырья в другом технологическом процессе;
- совокупность мероприятий и процессов по нейтрализации и недопущению негативного воздействия на окружающую среду.

На этой же конференции было принято и определение малоотходной технологии (МОТ):

МОТ – это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле: первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы, при котором воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, но при этом по техническим, организационным, экономическим или иным причинам часть сырья переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение [7].

В ГОСТ Р 52104-2003 «Ресурсосбережение. Термины и определения» приведена стандартизация терминов по ресурсосбережению и даны их определения.

Реутилизационная технология – цепочка технологических процессов, когда отходы одного производства становятся сырьем для другого.

Такие технологии и производства (каскадные производства) в соответствии с концепцией «индустриального метаболизма» обеспечивают круговорот сырья, снижают негативное воздействие отходов на человека и окружающую среду, значительно сокращают в регионах объемы захоронения отходов.

Малоотходная технология – технология, позволяющая сократить до технически возможного в настоящее время минимума получение твердых отходов, жидких сбросов, газообразных и тепловых выбросов при производстве какой-либо продукции [8].

Таким образом, сущность концепции РЭТ и МОТ состоит не в создании высокоэффективных способов утилизации отходов “грязной” технологии, а в создании “чистых” процессов и производств с минимально возможным количеством отходов на данном этапе научно-технического прогресса.

И наконец, различают “рядовые” технологии. Они работают, нанося экологический ущерб, который компенсируется организацией и проведением мероприятий по восстановлению равновесия в экосистемах.

По статистическим данным, первое место в мире по реутилизационным технологиям (20 %) занимает Япония, малоотходные технологии в этой стране составляют 70 %, рядовые – только 10 %. Для России приведены следующие цифры: РЭТ – 1 %, МОТ – 24 %, рядовые – 75 % [9].

Изучение основных принципов и подходов к оценке уровня малоотходности технологических процессов ранее проводилось в различных отраслях народного хозяйства. С учетом этого опыта был найден показатель, характеризующий этот уровень применительно к пищевой промышленности. Таким показателем является уровень или коэффициент малоотходности [2].

Коэффициент малоотходности характеризует полноту использования материально-сырьевых ресурсов, а также интенсивность воздействия процесса или производства на окружающую среду и определяется по формуле:

$$K_M = G(K_C - K_Э), \quad (1.1)$$

где K_M – коэффициент малоотходности;

G – коэффициент, зависящий от типа предприятия (строящееся, развивающееся и т.д.); в большинстве случаев для действующих производств равен 1;

K_C – коэффициент полноты использования материально-сырьевых ресурсов;

$K_Э$ – коэффициент экологичности.

Коэффициент полноты использования материально-сырьевых ресурсов описывает степень замкнутости технологического процесса по отношению к окружающей среде и определяется как отношение массы произведенной продукции к израсходованной на ее получение массы материально-сырьевых ресурсов.

В произведенную продукцию входит основная, побочная продукция, продукция, изготавливаемая на данном предприятии из отходов, а также масса отходов, реализуемых на другие производства, где они являются либо исходным сырьем для получения продукции, либо готовой продукцией (корм).

Коэффициент полноты использования материально-сырьевых ресурсов рассчитывают по формуле:

$$K_c = \frac{\sum H_g V_n - O_H}{\sum H_g V_n}, \quad (1.2)$$

где H_g – фактический расход сырья, материалов на единицу производимой продукции;

V_n – объем производства продукции;

O_H – объем неиспользуемых отходов.

Коэффициент экологичности характеризует степень безопасности производства по отношению к окружающей среде; рассчитывается по формуле:

$$K_э = 1 - K_o, \quad (1.3)$$

где K_o – коэффициент отходоёмкости.

Коэффициент отходоёмкости определяется как отношение массы неиспользуемых побочных продуктов и твердых, жидких и газообразных отходов, поступающих в окружающую среду с учетом степени относительной опасности каждого вида, к единице продукции:

$$K_o = \frac{\sum O_H^i P_i}{\sum H_g V_n}, \quad (1.4)$$

где O_H^i – годовой объем неиспользуемого отхода i -го вида, размещаемого в окружающей среде;

P_i – показатель относительной опасности отхода i -го вида.

Значения коэффициентов малоотходности некоторых отраслей пищевой промышленности: спиртовой – 0,52; сахарной – 0,74; крахмалопаточной – 0,68.

Критерием малоотходности служит значение K_m при существующем объеме выпускаемой продукции. Процессы производства считаются [7]:

- реутилизационными при $0,9 \leq K_m \leq 0,98$;
- малоотходными при $0,80 \leq K_m \leq 0,9$;
- рядовыми при $K_m < 0,8$.

3. ЭКОЛОГО - ПОДОБНАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРНО - ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ РЕУТИЛИЗАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МАСЛОЖИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Человечество должно стремиться к созданию экотехнологий, т.е. технологий, построенных по типу природных процессов, для которых характерны три основных признака: комплексность, ступенчатость, замкнутость.

Комплекс технологических процессов масложирового производства относится к категории незамкнутых с экологической точки зрения систем, тесно связанных с биосферой. Переработка масличного сырья должна обеспечивать постадийное выведение сопутствующих веществ в виде продуктов с самостоятельной потребительской ценностью, чтобы предотвратить отрицательное воздействие производства на окружающую среду.

Обобщение опыта создания реутилизационных и малоотходных процессов в различных отраслях с использованием в качестве эталона природных экологических систем позволило предложить эколого-подобную модель структурно-функциональных связей технологических процессов масложирового производства (рис. 1.1) [10].

Основными направлениями ресурсосбережения в масложировом производстве являются [10]:

- 1) исследование взаимосвязей комплекса технологических процессов масложирового производства;
- 2) взаимодействие с регионами для создания так называемых реутилизированных связей, при которых отходы производства, приобретшие потребительскую ценность, служат сырьем или вспомогательным материалом для другого производства;
- 3) создание систем переработки отходов производства и потребления продукции, обеспечивающих максимальную сохраняемость, или приобретение конечным продуктом потребительской ценности без нарушения экологического равновесия;
- 4) создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;
- 5) оптимизация технологических режимов и аппаратурного оформления базовых технологических процессов;
- 6) создание замкнутых систем водоснабжения;
- 7) создание в перспективе реутилизационных производственных комплексов.

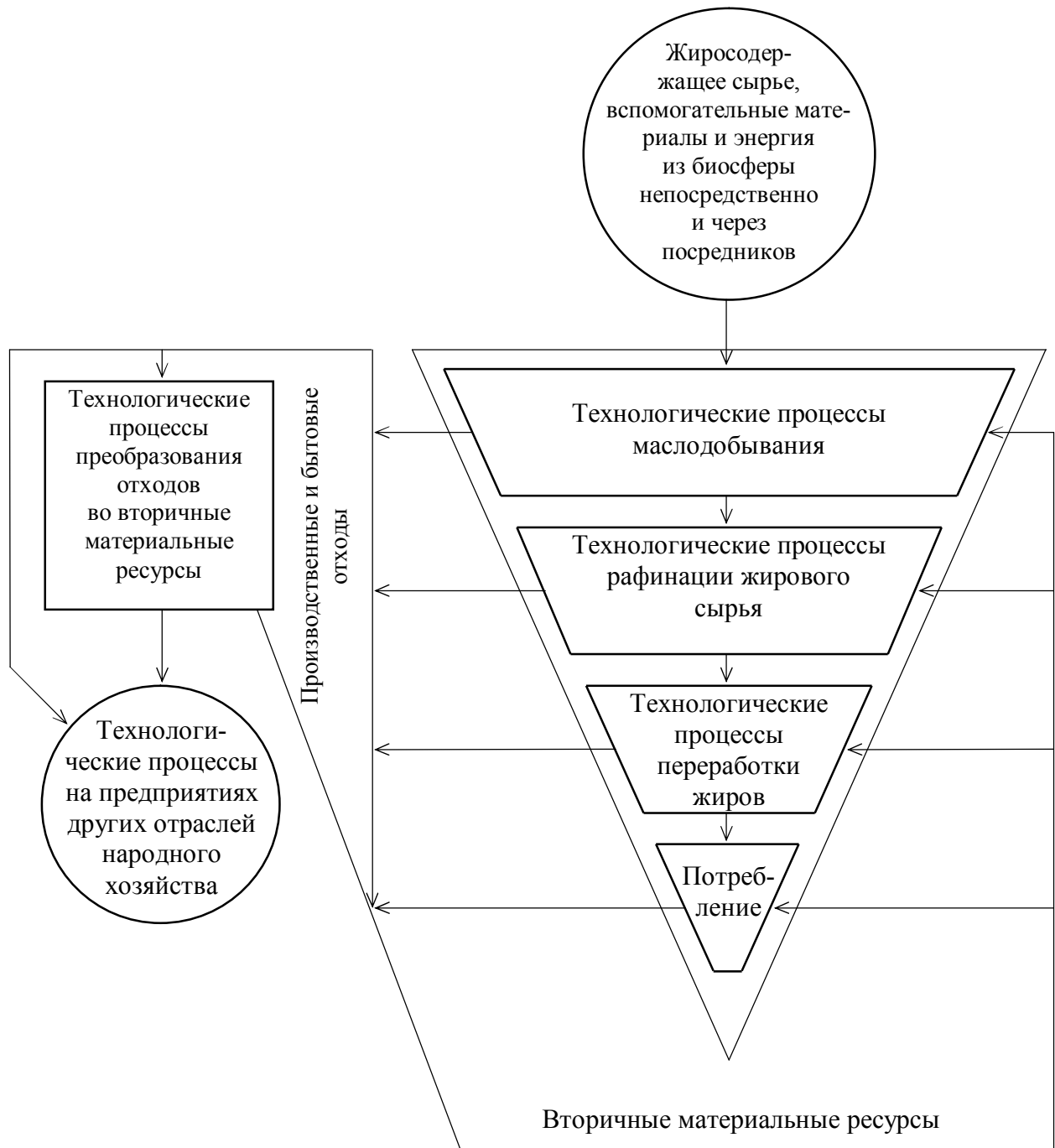


Рис. 1.1. Эколого-подобная модель структурно-функциональных связей реутилизационных технологических процессов масложирового производства

Для повышения уровня экологизации масложирового производства рекомендуются следующие технологии [11]:

- экстракция семян подсолнечника с использованием импортных комплектных линий, обеспечивающих получение дополнительно 3000 т масла при переработке 1530 тыс. т семян;
- бесщелочная рафинация масел и жиров с целью повышения выхода целевого продукта;
- рафинация (нейтрализация) масел в постоянном магнитном поле (без применения отбельных глин), позволяющая сократить количество неиспользуемых вторичных сырьевых ресурсов (ВСР);
- гидрирование жиров методом насыщения с целью улучшения экологического состояния воздушного и водного бассейнов;
- производство низкожирных маргаринов и майонезов, обеспечивающих экономию сырья и сокращение образования ВСР;
- технология получения изолированных соевых белков и модифицированных соевых белков с целью снижения их дефицита и объема импорта и более глубокой переработки сырья;
- очистка маслосодержащих сточных вод с применением ультрафильтрации, обеспечивающая повышение степени их очистки, извлечение дополнительных объемов жира для мыловарения;
- очистка подмыльного щелока, создание бессточного цикла мыловарения с целью увеличения степени очистки сырьевых ресурсов и возврата в производство хлористого натрия и других продуктов;
- очистка кислых жиросодержащих сточных вод, создание бессточной технологии производства при применении сернокислотной обработки стоков, позволяющих увеличить степень очистки сточных вод и вернуть в производство жиры и сульфат натрия.

Особое значение приобретает использование вторичных материальных ресурсов, что позволяет экономить сырье, энергию и снижать степень загрязнения окружающей среды.

4. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ В ОБЛАСТИ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Термины и определения основных понятий в области материальных и энергетических ресурсов, включая вторичные материальные ресурсы, установлены государственными стандартами (ГОСТ Р 52104-2003 «Ресурсосбережение. Термины и определения»; ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения»; ГОСТ 25916-83 «Ресурсы матери-

альные вторичные. Термины и определения») и применяются в документации всех видов, научно-технической и справочной литературе [12-14].

Под основными продуктами (основной продукцией) понимаются те продукты, для получения которых создано данное производство.

В пищевой промышленности это сахар, растительное масло, спирт, ликероводочные изделия, пиво, виноградное вино, крахмал и крахмальная патока, глюкоза, консервы, сушеные овощи, диетические продукты и продукты детского питания, чай, табак и другие продукты питания и личного потребления. По окончании технологического процесса основной продукт становится товарным и имеет ГОСТ и цену.

Побочными продуктами производства считается дополнительная продукция, образующаяся при производстве основной продукции и не являющаяся целью данного производства, но пригодная как сырье в другом производстве или для потребления в качестве готовой продукции. Побочные продукты не относятся к отходам.

Побочные продукты, как правило, являются товарными, т.е. имеют ГОСТ или ТУ и установленную цену; их производство планируется. В пищевой промышленности к побочной продукции относят наиболее ценные отходы производства в их естественном виде (меласса, рафинадная патока, жмых, шрот, сивушное масло, эфиральдегидная фракция, винный камень, гидрол и др.) или прошедшие стадию доработки – сгущение, прессование, сушку, обогащение полезными добавками, брикетирование, гранулирование и т.д. (сушеный жом, жидкая углекислота и сухой лед, фосфатидные концентраты, соапстоки, госсипол, кормовые, хлебопекарные и пивные дрожжи, сухие кукурузные корма, кукурузный экстракт, сухой глютен, белково-витаминный концентрат и др.). Реализуются они в плановом порядке наряду с основной продукцией.

Сырье – природные или вторичные ресурсы, которые могут быть использованы или уже используются в каком-либо производственном процессе.

Вторичным сырьем считаются вторичные материальные ресурсы, для которых имеется реальная возможность и целесообразность использования в народном хозяйстве.

Вторичными материальными ресурсами (ВМР) называются отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых существует возможность повторного использования непосредственно или после дополнительной обработки.

К ним в первую очередь относятся отходы производства, остающиеся после использования сырья и вспомогательных производственных материалов для получения основной продукции данного производства.

Отходы производства – остатки сырья, материалов, веществ, изделий, предметов, образовавшиеся в процессе производства продукции, выполнения работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства.

В пищевой промышленности к отходам производства относятся: свекловичный жом, меласса, подсолнечная лузга и хлопковая шелуха, зернокартофельная и паточная барда, виноградные выжимки, пивная дробина, картофельная и кукурузная мезга, томатная и плодовая мякоть, семена и косточки, фильтрационные осадки, отстои и т.д. Все перечисленные отходы производства для данной отрасли народного хозяйства являются ВМР.

Отходами потребления называются остатки веществ, материалов, предметов, изделий, товаров (продукции или изделий), частично или полностью утративших свои первоначальные потребительские свойства для использования по прямому или косвенному назначению в результате физического или морального износа в процессах общественного или личного потребления (жизнедеятельности), использования или эксплуатации.

В промышленности к ним относят отходы производственно-хозяйственного (технического) потребления, а в целом по хозяйству – и отходы бытового потребления.

Отходы производства и потребления делят на используемые и неиспользуемые.

Используемые отходы – отходы, которые используют в народном хозяйстве в качестве сырья (полуфабриката) или добавки к нему для выработки вторичной продукции или топлива как на самом производстве, где образуются используемые отходы, так и за его пределами.

Неиспользуемые отходы – это отходы, которые в настоящее время не могут быть использованы в народном хозяйстве либо их использование экономически, экологически и социально нецелесообразно.

К вторичным материальным ресурсам не относятся следующие производственные понятия: возвратные отходы, безвозвратные отходы (потери) и отбросы.

Возвратными отходами называются отходы производства, используемые повторно без дополнительной (промежуточной) обработки как сырье при производстве одной и той же продукции.

Безвозвратные отходы (потери) – отходы производства, которые невозможно, нецелесообразно (неэффективно) или недопустимо использовать повторно.

Отбросы – это неиспользуемые промышленные, сельскохозяйственные, бытовые, учрежденческие, торговые, продовольственные и другие остатки, для которых в настоящее время отсутствуют условия утилизации.

5. КЛАССИФИКАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно обоснованная классификация ВМР призвана способствовать более совершенной системе планирования, учета и контроля их образования и ис-

пользования в данной отрасли, а также повышению общего уровня и эффективности использования ВМР в экономике.

Классификация ВМР пищевой промышленности осуществляется по двум признакам:

- источнику образования отходов;
- направлениям их использования.

По источнику образования отходов ВМР делятся на три группы:

- 1) первичной обработки растительного сырья (например, при получении растительного масла из семян масличных культур);
- 2) вторичной переработки продукции, извлеченной из сырья (при гидрогенизации жиров, производстве майонезной продукции);
- 3) промышленной обработки некоторых отходов производства (например, получение растительного масла из ростков кукурузы, томатных и др. семян, плодовых косточек и др.).

По направлению последующего использования все отраслевые ВМР – отходы пищевой промышленности – могут быть охарактеризованы следующим образом [15]:

- 1) отходы пищевого применения – крошка, лом и брак некоторых кондитерских изделий, частично рафинадная патока, мучные хлебные отходы (на квас) и др.;
- 2) кормовые отходы – сырой и сушеный свекловичный жом, меласса, зернокартофельная и мелассная барда, картофельная и зерновая мезга, сухие кукурузные и глютеносодержащие корма, подсолнечная лузга и хлопковая шелуха, жмых и шрот, виноградные выжимки и др.;
- 3) удобрительные туки и опыливающие средства для сельского хозяйства – дефекация (фильтрационный осадок свеклосахарного производства), бардяной шлам (гранульные органоминеральные удобрения мелассоспиртового производства), табачная пыль и др.;
- 4) отходы промышленного назначения – меласса (сырье для бродильных производств), кукурузный экстракт (сырье для производства антибиотиков в медицинской промышленности), ростки кукурузы, семена томатов, винограда, плодовые косточки (для извлечения масел), чайная пыль и крошка (для дополнительной чайной продукции), стержни кукурузных початков, подсолнечная лузга и хлопковая шелуха (для производства фурфурола и другой ценной продукции в гидролизной промышленности);
- 5) отходы строительного и дорожного применения – котельный шлак и зола, щебень в результате дробления известняка на сахарных заводах, стеклобой, подсолнечная лузга и хлопковая шелуха – для производства строительных и изоляционных плит и т.д.;
- 6) отходы, частично используемые в качестве топлива – подсолнечная лузга.

Объединяющими признаками для классификации ВМП пищевой промышленности могут быть:

- агрегатное состояние (твердое, жидкое, газообразное);
- воздействие на окружающую среду (безвредные, вредные);
- материалоемкость (многотоннажные отходы – условно свыше 10 тыс. тонн в год; малотоннажные – от 1 тыс. тонн до 10 тыс. тонн в год);
- степень использования (полностью, частично, совсем не используется).

6. ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Масложировая промышленность объединяет следующие основные производства: масла растительного всех видов (как пищевого, так и технического назначения), маргариновой продукции, майонеза, мыла и моющих средств, олифы, олеина, стеарина, глицерина, жирных кислот и некоторых других продуктов.

Сырьем для производства растительного масла являются масличные семена многих культур, в общем объеме переработки которых преобладают семена подсолнечника, хлопка и сои. В процессе производства масложировой продукции получают многочисленные отходы и побочные продукты, общее количество которых составляет примерно 3 млн т в год (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Количество отходов и побочных продуктов
масложировой промышленности России [16]

Наименование ВМП и отходов	Количество отходов, тыс. т			
	1995 г.	2000 г.	2002 г.	2010 г. (прогноз)
Маслодобывание:				
масличный сор	20,37	41,13	32,85	50,08
подсолнечная лузга	243,7	492,03	392,96	599,04
Жмых	653,45	1319,26	1053,62	1606,16
Шрот	740,46	1494,93	1193,92	1820,05
Жиропереработка:				
Фосфатиды	1,003	2,267	2,46	11,5
Соапстоки	32,08	67,70	92,25	207,00
отбельные глины	0,677	1,862	2,422	15,53
погоны дезодорации	1,123	2,437	3,690	8,280

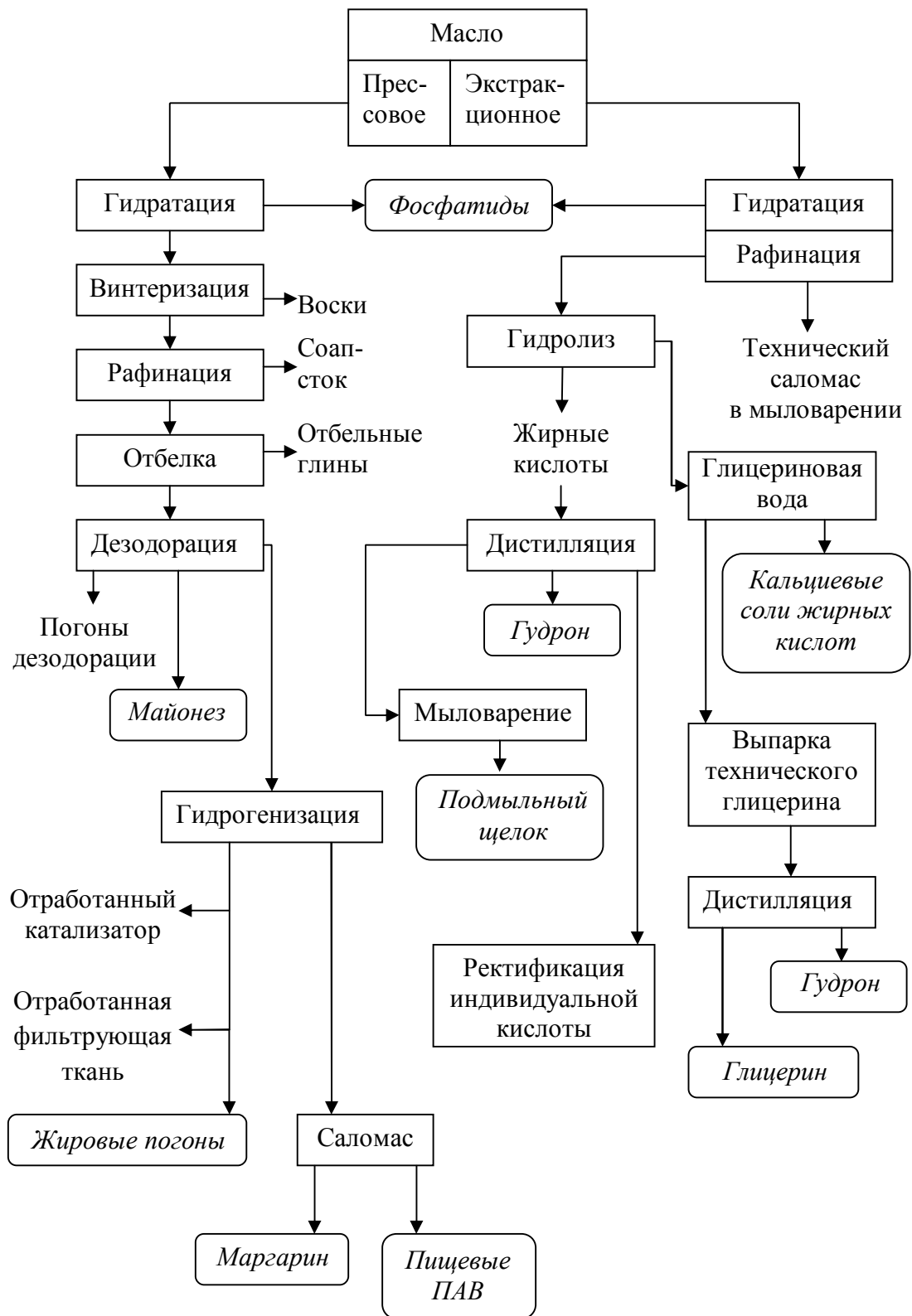


Рис. 1.2. Принципиальная схема жиропереработки [16]

Отходами масложировой промышленности являются: подсолнечная лузга и хлопковая шелуха; отработанные отбелные глины, фильтрующий порошок, отработанный катализатор гидрирования; гудрон (кубовый остаток от дистилляции жирных кислот и сырого глицерина) и др.

К побочной продукции масложировой промышленности относятся: жмыхи – при прессованном способе производства масел; шрот – при экстракционном способе производства; антранилат госсипола – при очистке сырого хлопкового масла; фосфатидные концентраты – при гидратации подсолнечного и соевого масел; соапстоки – при щелочной рафинации масел и жиров; сырой глицерин – при расщеплении жиров в мыловаренном производстве и при получении жирных кислот (рис. 1.2).

6.1. ПОДСОЛНЕЧНАЯ ЛУЗГА

6.1.1. Характеристика отходов

В МЖП ежегодно образуется более 400 тыс. тонн лузги. Лузга отделяется от семян подсолнечника в процессе их подготовки к извлечению масла. Подсолнечная лузга представляет собой одревеневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, с большим постоянством химического состава и физико-механических свойств. Химический состав ее представлен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Химический состав лузги различных сортов подсолнечника, % на абсолютно сухое вещество (СВ) [15]

Сорт семян подсолнечника	Содержание лузги в семенах	Липиды (эфирный экстракт)	Клетчатка	Зола
Луч	19,2	2,8	56,0	2,9
Передовик	19,9	2,4	57,0	2,7
ВНИИМК 8931	22,61	2,2	57,0	3,0
Круглик А-41	36,8...42,0	0,50...0,90	69,2	1,2

В лузге подсолнечника содержится 1,4 % богатого углеродом чрезвычайно устойчивого пигмента фитомелана.

Средний размер частиц лузги колеблется в пределах: длина 4,8 мм, ширина 1,5...3 мм; объемная масса лузги 85...145 кг/м³; гигроскопическая влажность лузги около 16 %.

Соотношение массы ядра и лузги в семенах подсолнечника колеблется в широких пределах в зависимости от его сорта. В семенах низкомасличных культур содержание оболочки (лузжистость) составляет более 40 % от массы

семян; в высокомасличных семенах подсолнечника лужистость семян в 1,5...2 раза ниже и составляет 22,5...30 %.

Уровень масличности лужги высокомасличных семян зависит от интенсивности и кратности механических воздействий на семена при подработке, сушке и транспортировке, а также от продолжительности их хранения. Технологический выход подсолнечной лужги всегда ниже содержания плодовой оболочки в семени и зависит от технологической схемы получения масла.

Лужга высокомасличных сортов более тонкая и менее грубая, чем низкомасличных; в ней четко обозначены пучки волокнистого слоя, обуславливающие прочность, и менее выражены поверхностный и панцирный слой. Такая лужга содержит меньше сырой клетчатки, больше сырого жира, фосфор- и азотсодержащих и безазотистых экстрактивных веществ, золы. В лужге высокомасличных сортов содержится (% на абсолютно сухое вещество): жира 1,63...2,3; сырой клетчатки 52,0...57,75; протеина 3,75...4,62; безазотистых экстрактивных веществ 38,23...39,55; золы 1,97...2,2 [17].

6.1.2. Области применения

Подсолнечная лужга находит ограниченное применение и часто вывозится на свалку. Однако возможные области использования лужги достаточно широки как на самих маслодобывающих предприятиях, так и в других отраслях. Для удобства хранения и перевозки отдельные предприятия брикетируют лужгу, что позволяет увеличивать ее объемную массу в 5...6 раз.

Основные пути использования лужги:

- *Комбикормовая промышленность*

Новым перспективным направлением использования подсолнечной лужги в связи с острым дефицитом белковых и жиросодержащих кормов является производство на ее основе полноценного корма для жвачных животных. В таком корме лужга заменяет ячменную солому, а введение в него жировых отходов подсолнечных семян увеличивает масличность этого корма до 8 %. Исследованиями было показано, что полнорационные гранулы, содержащие 50 % лужги, при скармливании откормочным бычкам и овцам вызывали приросты примерно на 10 % выше, чем аналогичные гранулы, содержащие 50 % соломы [16].

Рекомендуется обогащать лужгу гидратационным осадком – фосфатидной эмульсией или соапстоками [18], имеющими в своем составе липиды, и готовить кормосмеси из лужги или смеси лужги и шрота в соотношении 1 : 2. Тогда в этих кормах содержание сырого протеина увеличится соответственно до 10,5 и 33,6 %; сырого жира до 5,6 и 11,2 %; а содержание сырой клетчатки уменьшится до 42,6 и 22,6 %.

Обогащенная липидами лузга положительно влияет на продуктивность животных и птиц. В 1 кг такого корма содержится 0,19 кормовых единиц (к.е.; 1 к.е. = 2500 ккал, т. е. кормовые единицы характеризуют питательную ценность корма). При скармливании овцам такой смеси увеличивается настриг шерсти на 9...9,3 %, среднесуточные привесы молодняка возрастают на 10 % [19].

Технология изготовления гранулированной лузги, обогащенной липидами, следующая [17]:

- 1) измельчение подсолнечной лузги до частиц размером не более 3 мм;
- 2) нагревание соапстока до температуры 70...80°C;
- 3) смешение измельченной лузги с соапстоками до достижения однородности продукта;
- 4) гранулирование обогащенной лузги.

На ряде маслозаводов налажено производство гранулированной лузги, обогащенной соапстоками. Обогащение лузги соапстоком (4...6 % в расчете на жир) позволило довести общее содержание жира в гранулированной лузге до 8...10 % (в лузге производства до 4 %) и повысить насыпную массу гранулированной лузги в 3,5...4 раза по сравнению с насыпной массой натуральной лузги, которая составляет 85...145 кг/м³. Для крупного рогатого скота и овец кормовая ценность лузги, обогащенной соапстоком, находится на уровне 0,3...0,4 к. е. Производство кормовых гранул из лузги требует сравнительно несложного оборудования: смесителя для смешения лузги с соапстоком или масляными отходами, гранулятора и охладителя гранул с соответствующими передаточными механизмами. Такой корм выпускается непосредственно маслозаводами на основе отходов собственного производства.

На подсолнечную гранулированную обогащенную липидами лузгу разработаны и утверждены соответствующие технические условия, приведенные в табл. 1.3.

Одним из недостатков использования подобного корма является его ограниченное применение, т.к. плохо измельченные частицы лузги, попадая в организм, могут вызывать язвенные заболевания животных.

В связи с этим рекомендуется получать для кормовых целей муку из лузги, размалывая ее до частиц размером 100...200 мкм. При этом происходит механическая деструкция целлюлозы, что увеличивает долю легкоусвояемых углеводов и кормовую ценность лузги. В 1 кг такой муки содержится 0,29 к.е. и 12 г перевариваемого протеина. Состав муки из лузги (% к абсолютно сухому веществу): влага 9,8; сырой протеин 6,56; сырой жир 1,86; сырая клетчатка 40,12; безазотистые экстрактивные вещества 38,61; сырая зола 3,05 [20].

Разработан способ получения жмыховой муки, состоящей из смеси измельченных жмыхов (75 %) и тонко размолотой лузги (25 %) [21].

Основные показатели гранулированной лузги [15]

Показатели	Нормы лузги	
	обогащенной соапсточными липидами	обогащенной масличными отходами
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	14,0	14,0
Массовая доля абсолютного жира в пересчете на абсолютно сухое вещество, %, не менее	8,0	8,0
Массовая доля азотсодержащих веществ в абсолютно сухом веществе в пересчете на сырой протеин, %, не менее	4,0	6,0

В Оренбургском государственном университете разработана технология производства кормосмесей и кормодобавок на основе подсолнечной лузги и пшеничных отрубей [22]. Технологическая линия предусматривает следующие основные операции: смешивание, химическая обработка смеси различными реагентами, экструдирование и сушка готового продукта (рис. 1.3). Дополнительные операции могут включать предварительное измельчение исходных компонентов и измельчение некондиционного продукта. Для снижения энергозатрат, улучшения условий труда, а также повышения качества готовой продукции рекомендуется проводить предварительное измельчение лузги под вакуумом.

- *Микробиологическая промышленность*

На пентозно-гексозных гидролизатах лузги после удаления фурфурола проводится выращивание кормовых дрожжей. Из 1 т лузги подсолнечника получают 180...190 кг сухих дрожжей. Причем кормовые дрожжи содержат протеина в 8...9 раз больше, чем израсходованная на их производство подсолнечная лузга. Таким образом, с точки зрения увеличения выработки ценных для животноводства высокобелковых кормовых продуктов и по показателям фондоотдачи использование подсолнечной лузги в производстве кормовых дрожжей считается экономически целесообразным [15].

Предгидролиз подсолнечной лузги раствором соляной кислоты в мягких условиях позволяет получить раствор пентозных сахаров с выходом до 20,5 % (от массы абсолютно сухого сырья). Метод может быть использован для получения питательных сред в производстве съедобных грибов [23].

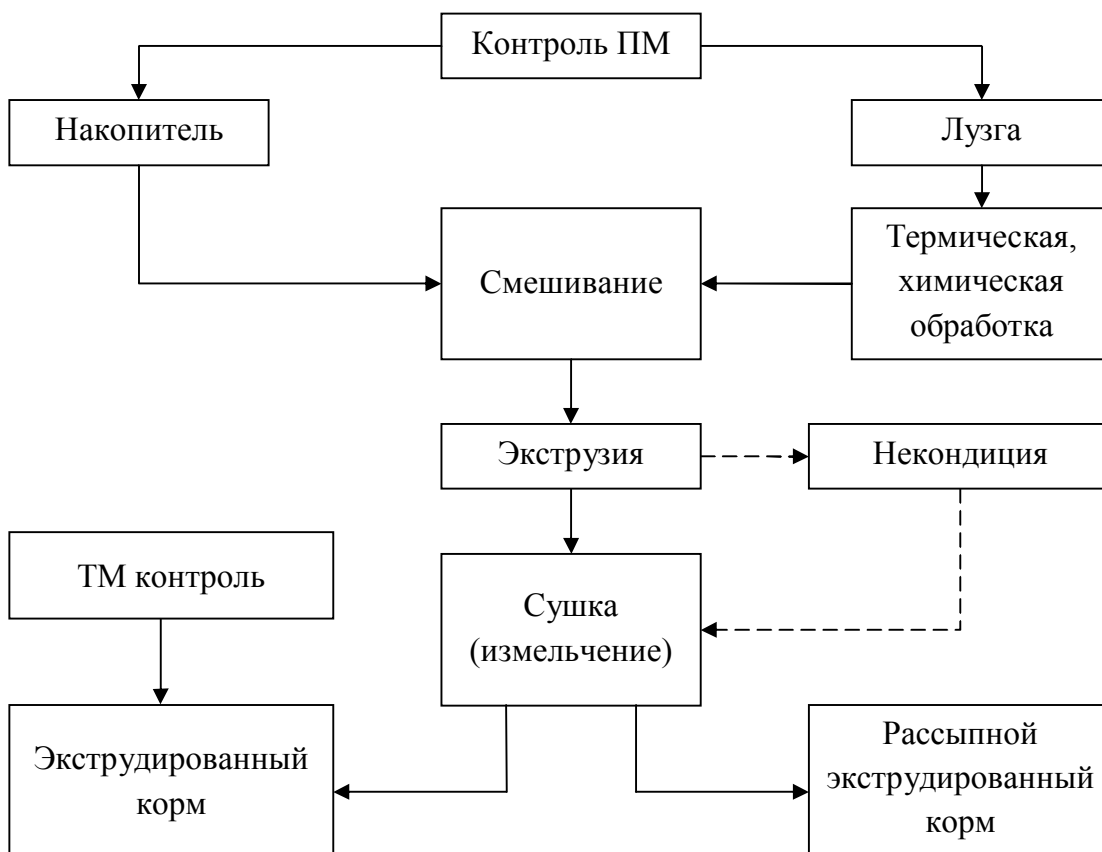


Рис. 1.3. Технологическая схема линии по производству кормосмесей и добавок на основе подсолнечной лузги

- *Промышленность строительных материалов*

Исследована возможность выпуска древесных плит, высоконаполненных полимерных композиций и изделий из них с применением в качестве наполнителя подсолнечной лузги.

В производственных условиях изготовлены образцы прессованных плит из лузги методом горячего прессования частичек лузги, смешанных со связующим веществом (карбамидоформальдегидной смолой КФ-МТ, отверждаемой хлористым аммонием). Массовая доля лузги в изделиях составляет 80 %. Такие плиты можно использовать в строительстве как теплоизоляционный материал, а при облицовке шпоном – в мебельной промышленности [24].

Возможно изготовление деталей различной длины и сечения (досок, уголков, желобов) из высоконаполненных полимерных композиций, содержащих 20...50 % лузги. Изделия легко обрабатываются всеми методами, имеют хорошую атмосферную и химическую стойкость, не подвержены гниению и могут служить строительным материалом. Промышленное производство таких изделий экономически выгодно, т.к. себестоимость лузги в 15...20 раз ниже себестоимости древесных опилок [25].

- *Масложировая промышленность*

Исследованы закономерности процесса фильтрации подсолнечного масла через слой лузги подсолнечных семян под действием сил гравитации. Показано, что лузгу подсолнечных семян целесообразно использовать для фильтрации промывного масла, полученного после дисковых фильтров на предприятиях МЖП [26].

- *Очистка сточных вод и водоподготовка*

Исследования показали, что протеин и клетчатка, содержащиеся в лузге, образуют протеиноуглеводный комплекс, способный к связыванию ионов тяжелых металлов. Для получения сорбента растительное сырье подвергается обработке, которая включает измельчение, мойку и гидратацию, рассев, фильтрацию, сушку.

Полученный из лузги сорбент имеет насыпную массу $0,26 \text{ г/см}^3$. Его сорбционная емкость по меди и кадмию составляет соответственно 3,9 и 4,4 мг/г, что дает возможность использовать данный сорбент при подготовке воды для питьевых и технологических целей, а также для очистки сточных вод в небольших локальных установках [27-28].

- *Топливная промышленность*

В условиях сокращения природных запасов традиционных видов топлива и интенсивного роста энергопотребления возникает необходимость поиска альтернативного топлива, в качестве которого может быть использована подсолнечная лузга. Благодаря высокому выходу летучих веществ, достигающему до 80 %, незначительному балласту (10...18 %) и хорошей парусности, лузга как топливо может быть отнесена к категории кондиционных, легковоспламеняющихся веществ. Средний состав горючей массы лузги представлен в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Средний состав горючей массы лузги [15]

Название компонентов	Состав, %
Углерод	51,0
Водород	5,9
Кислород и азот	43,0
Сера	0,1

Лузга используется в значительных количествах в качестве топлива на самих маслозаводах, где ее сжигают в специальных топках во взвешенном состоянии.

Чтобы регламентировать использование лузги в качестве топлива, был разработан отраслевой нормативный документ – ТУ 9147-468-00334534-2007 «Лузга подсолнечная для технических целей» [29]. Разработанные ТУ предусматривают выработку лузги трех видов (негранулированной, гранулированной и брикетированной) и устанавливают комплекс нормируемых физико-химических показателей, тем самым способствуя продвижению лузги на рынок как товара.

Возможна переработка лузги для производства твердого биотоплива на основе гранулирования. Это не только снижает расходы на утилизацию отходов и охрану окружающей среды, но и приносит существенный дополнительный доход предприятию. Получение гранул включает в себя измельчение сырья на дробильных машинах, собственно гранулирование (спрессовывание пропаренного продукта) и охлаждение готового продукта в противоточном охладителе. При этом в качестве связующего вещества может быть использован фосфатидный концентрат, полученный при гидратации подсолнечного масла [30]. В России разработкой комплектных грануляционных линий занимается ООО СП «Грантех» [31].

6.2. ХЛОПКОВАЯ ШЕЛУХА

6.2.1. Характеристика отходов

При переработке семян хлопчатника с целью извлечения из них масла в качестве отхода производства получают шелуху. Хлопковая шелуха образуется при шелушении хлопковых семян на шелушителях. При переработке средневолокнистых семян проводят двукратное шелушение, тонковолокнистых – однократное.

Шелуха состоит из оболочек семян и пуха. Выход и характеристика шелухи зависят от технологии переработки и качественной характеристики семян. При среднем выходе шелухи (около 34 % от массы переработанных семян) фактический объем ее образования составляет ежегодно около 1,5 млн т.

Состав хлопковой шелухи (% к абсолютно сухому веществу): сырой жир 1,58...2,14; сырая клетчатка 42,94...60,0; сырая зола 2,53...2,9; сырой протеин 1,97...2,12; безазотистые экстрактивные вещества 39,08...50,57. Химический состав шелухи хлопчатника изменяется в зависимости от его сортности, времени сбора урожая, метеорологических условий, вегетационного периода. Так, количество целлюлозы находится в пределах 36...48 %; лигнина 19...32 %; азотсодержащих веществ 3...9 %. Содержание дубильных веществ в шелухе зрелых семян доходит до 7,6 % от массы шелухи с делинтом, а в шелухе незрелых семян – примерно на 1 % выше. Объемная масса абсолютно сухой шелухи составляет 175...180 кг/м³, теплоемкость абсолютно сухой шелухи при опущенности 15 % равна 0,309 ккал/(кг · град) [15].

6.2.2. Области применения

- *Животноводство*

Хлопковая шелуха используется в качестве корма сельскохозяйственным животным. 1 кг хлопковой шелухи содержит 0,4...0,5 к. е., а по своему составу она похожа на пшеничную солому. Кормовая ценность 1 кг хлопковой шелухи характеризуется данными, приведенными в табл. 1.5.

Таблица 1.5
Кормовые свойства хлопковой шелухи [15]

Хлопковая шелуха	Кормовых единиц в 1 кг	Перевариваемого протеина, г	Кальция, г	Фосфора, г	Каротина, мг
Неделинтированных семян	0,21	10,0	1,9	0,9	0,5
Делинтированных семян	0,14	5,0	3,1	1,1	—

Для улучшения кормовых свойств шелухи с целью детоксикации госсипола ее рекомендуют подвергать влаготепловой обработке, однако запаривание не повышает кормовых достоинств хлопковой шелухи. Содержание госсипола в ней незначительно (0,01 %) и не опасно для крупного рогатого скота и овец. Нормы скармливания: коровам 6...8 кг, овцам 1,5...2 кг [32].

- *Очистка сточных вод*

Рассмотрена возможность использования хлопковой шелухи в качестве адсорбентов для токсичных металлов, присутствующих в промышленных сточных водах. Установлено, что использование подобных адсорбентов позволяет удалить до 96 % токсичных металлов [33].

- *Прочие направления использования*

Эффективным использованием хлопковой шелухи является получение на ее основе кормовых дрожжей и различных химических продуктов [15].

Из 1 тонны абсолютно сухой хлопковой шелухи может быть получено:
фурфурола 70...80 кг, кормовых дрожжей 80...110 кг;
или

кристаллической ксилозы 70 кг, спирта этилового 100 % 60...80 л, жидкой углекислоты 28...38 кг, лигниновых брикетов 300...320 кг.

Лигниновые брикеты могут быть переработаны на активированный уголь, химические продукты и строительные материалы.

Для удобства хранения и транспортировки хлопковую шелуху брикетируют, что позволяет увеличивать ее объемную массу. Перед брикетированием хлопковая шелуха подвергается влаготепловой обработке в пропарочном агрегате. Масса брикетов составляет 7,2...8,9 кг на 1 погонный метр ленты, выходящей из прессы.

6.3. ЖМЫХИ И ШРОТЫ

Масложировая промышленность России ежегодно перерабатывает около 10 млн т масличного сырья и, наряду с выработкой около 3 млн т растительного масла, выпускает до 4,5...5 млн т шротов и жмыхов. Жмыхи и шроты относятся к побочной продукции МЖП.

Жмыхи образуются в процессе отжима масла из семян прессовым способом, шроты – при экстрагировании. Ценность жмыхов и шротов обусловлена высоким содержанием в них белковых веществ (от 30 до 50 % от массы сухих веществ). В их состав входят такие аминокислоты, как лизин, метионин, цистин, триптофан, аргинин, гистидин, тирозин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты и др. [34].

Благодаря высокому содержанию белка жмыхи и шроты являются перспективным сырьем для получения растительных белковых продуктов, которые представлены в основном мукой, белковыми концентратами и изолятами, а также продуктами их дальнейшей переработки [35].

Мука – растительный белковый продукт, получаемый из сырья путем удаления целлюлозных соединений, а также таких небелковых компонентов, как крахмал или масло. Содержание белка в муке обычно составляет 50...65 % (в пересчете на $N \times 6.5$) от массы сухого обезжиренного вещества.

Белковые концентраты – продукты, полученные из муки избирательным экстрагированием небелковых, антипитательных или других нежелательных соединений, растворимых в водных растворителях. Содержание белков в концентратах может достигать 60...90 %.

Изоляты – это продукты, которые получают в ходе отделения нерастворимых веществ от растворенных (или избирательно растворяемых) белков с последующей избирательной регенерацией этих белков. Обычно они содержат более 90 % азотистых веществ (в пересчете на $N \times 6.5$) от сухой массы сырья.

Благодаря своей высокой пищевой ценности и функциональным свойствам получаемые белковые продукты находят широкое применение в пищевой промышленности.

6.3.1. СОЕВЫЙ ЖМЫХ И ШРОТ

6.3.1.1. Характеристика побочного продукта

Соевый жмых и шрот образуются при переработке семян сои по полной технологической схеме. В настоящее время семена сои перерабатываются экстракционными заводами. Переработка соевых семян на маслоэкстракционных заводах проводится без предварительного съема масла путем экстрагирования сырого лепестка с получением пищевых и кормовых шротов (рис. 1.4). Такая схема переработки соевых семян позволяет получать шроты с заданным соотношением растворимых и нерастворимых белков. При получении пищевого шрота производят обрушивание семян, отделение оболочки и зародыша от ядра и их переработку [15].

Соевый шрот содержит до 45...50 % протеина, богатого незаменимыми аминокислотами. Протеин соевого шрота и продуктов на его основе по содержанию незаменимых аминокислот превосходит многие протеины растительного и животного происхождения (табл. 1.6).

Таблица 1.6
Аминокислотный состав продуктов из сои, г/16 г азота [35]

Аминокислота	Семена	Шрот	Мука	Концентрат	Изолят
Треонин	3,7...4,2	4,05	4,3	4,3	3,8
Валин	4,9...5,4	5,5	5,4	5,0	5,2
Изолейцин	4,8...5,5	5,1	5,1	4,9	5,0
Лейцин	7,5...8,3	7,9	7,7	8,0	7,9
Фенилаланин	4,8...5,3	5,4	5,0	5,3	5,9
Метионин	1,5...1,6	1,3	1,6	1,3	1,3
Цистин	1,5...1,8	1,6	1,6	1,6	1,0
Лизин	5,8...6,5	6,6	6,9	6,6	5,7
Триптофан	1,2...1,4	1,3	1,3	1,4	1,0

Действующими государственными стандартами [36-39] предусмотрены следующие основные показатели для жмыхов и шротов, приведенные в табл. 1.7 и 1.8.

Кормовая и пищевая ценность белков соевого шрота зависит от степени инактивации ингибиторов протеолитических ферментов и лектинов. В семенах сои содержится ряд нежелательных веществ, исключающих возможность применения шротов в кормовых и пищевых целях без дополнительной обработки. К ним относятся ферменты – уреаза, липаза и липоксигеназа и антипитательные вещества – трипсиновый ингибитор, соин, сапонин [40].

Для удаления из шрота нежелательных веществ его подвергают влаготепловой обработке. В кормовых продуктах, предназначенных для нежвачных животных и птиц, должно быть инактивировано не менее 80 % ингибиторов.

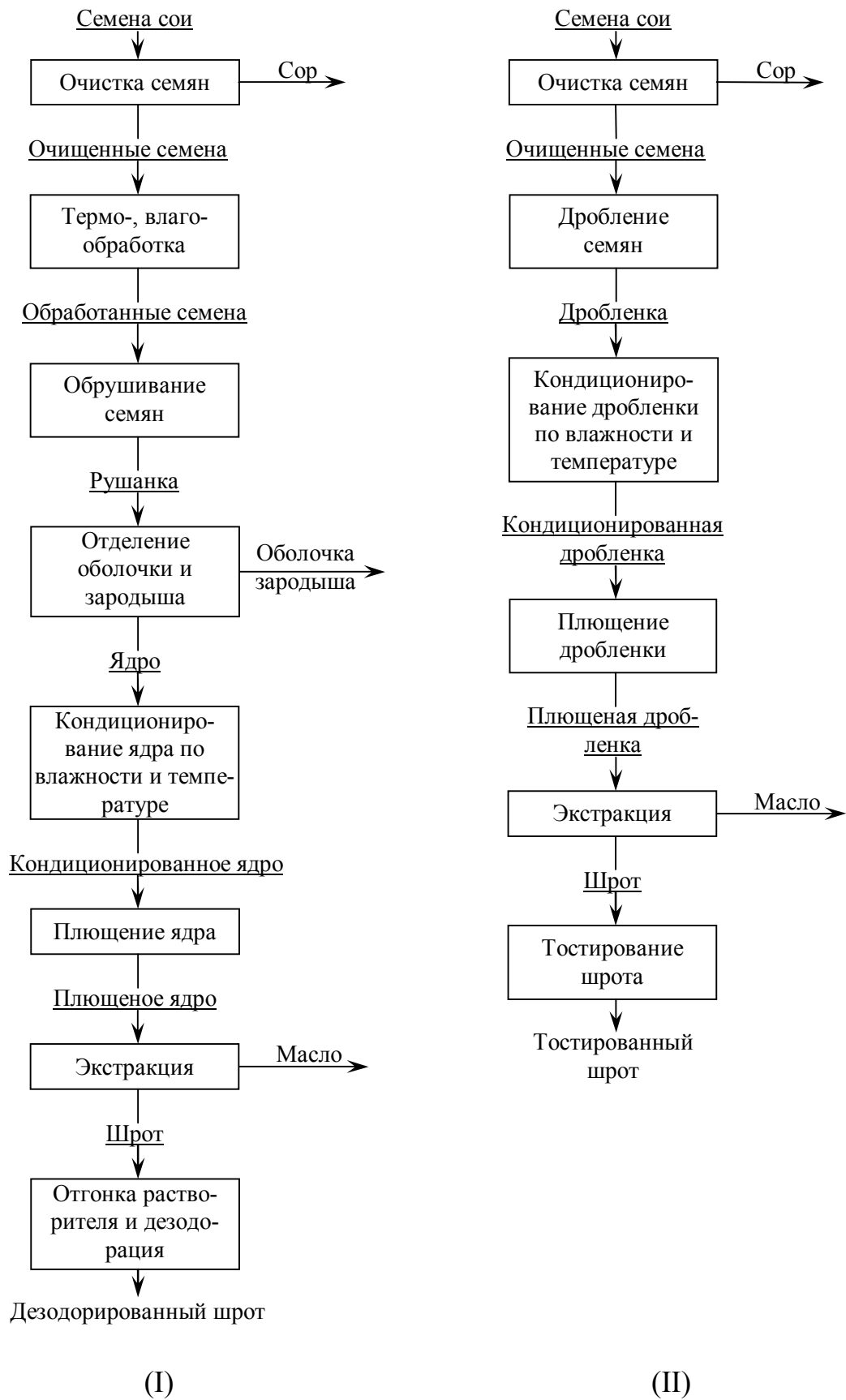


Рис. 1.4. Схемы получения пищевого (I) и кормового (II) соевых шротов

Таблица 1.7

Основные показатели соевых шротов

Наименование показателя	Шрот соевый	
	пищевой ГОСТ 8056-96	кормовой тостированный ГОСТ 12220-96
Цвет	Не темнее темно-кремового	От светло-желтого до светло-коричневого
Запах	Свойственный соевому шроту, без посторонних запахов	Свойственный соевому шроту без посторонних запахов
Вкус	Свойственный соевому шроту, без посторонних привкусов	–
Содержание микотоксинов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более:		
афлатоксина В ₁	0,005	0,025
Т-2 токсина	–	0,1
зеараленона	1,0	1,0
Активность уреазы (изменение рН за 30 мин), не менее	0,1	0,1...0,2
Содержание нитратов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	–	450
Содержание нитритов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	–	10
Содержание металлопримесей размером до 2 мм, мг/кг, не более	7,0	0,01
Массовая доля остаточного количества растворителя (бензина), %, не более	0,08	0,1
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	8,5...10,0	8,5...10,0
Массовая доля сырой золы (в пересчете на а.с.в.), %, не более	6,5	–
Массовая доля золы, нерастворимой в соляной кислоте (в пересчете на а.с.в.), %, не более	0,5	1,5
Массовая доля сырого протеина (в пересчете на а.с.в.), %, не менее	50,0	45,0
Массовая доля сырого жира (в пересчете на а.с.в.), %, не более	2,0	–
Массовая доля сырой клетчатки (в пересчете на а.с.в.), %, не более	5,0	7,0
Проход через сито с отверстиями диаметром 10 мм, %, не менее	100	–
Общая энергетическая питательность (в пересчете на сухое вещество) к.е., не менее	–	1,18
Примечание. Допускается изготавливать негранулированный кормовой соевый шрот с массовой долей влаги и летучих веществ до 12 %.		

Таблица 1.8

Основные показатели соевых жмыхов

Наименование показателя	Жмых соевый пищевой ГОСТ 8057-95	Жмых соевый кормовой ГОСТ 27149-95
Цвет	От желтого до светло-бурого. Наличие частиц более темного цвета не является браковочным фактором	От желтого до светло-бурого. Наличие частиц более темного цвета не является браковочным фактором
Запах	Свойственный жмыху без специфического бобового и других посторонних запахов	Свойственный соевому жмыху без постороннего запаха (затхлости, плесени, горелости)
Вкус	Свойственный жмыху, без специфического бобового привкуса	–
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, в пределах	6,0...8,0	7,0...10,0
Массовая доля золы, не растворимой в соляной кислоте (в пересчете на а.с.в.), %, не более	0,6	1,5
Содержание металлопримесей размером до 2 мм, мг/кг, не более	7,0	0,01
Активность уреазы, разность рН	–	0,1...0,3
Содержание микотоксинов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более:		
афлатоксина В ₁	0,005	0,005
зеараленона	1,0	не допускается
Т-2 токсина	0,1	0,1
Содержание нитратов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	–	450
Содержание нитритов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	–	10
Массовая доля сырого жира (в пересчете на а.с.в.), %, не более	8,0	–
Массовая доля сырого протеина (в пересчете на а.с.в.), %, не менее	44,0	42,5
Массовая доля сырой клетчатки в обезжиренном продукте (в пересчете на а.с.в.), %, не более	5,5	7,0
Проход через сито с отверстиями диаметром 15 мм, %, не менее	100	–
Проход через сито с отверстиями диаметром 1 мм, %, не более	–	7,0
Общая энергетическая питательность, к.е. (в пересчете на а.с.в.), %, не менее	–	1,26
Примечание. Увеличение массовой доли сырого жира до 9 % в пересчете на а.с.в. не является браковочным фактором		

6.3.1.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность* [15]

Основное количество шротов используется для производства комбикормов. В дальнейшем будет развиваться производство специализированных тостированных шротов для отдельных видов животных и птиц. Проводятся работы по выработке специализированных соевых шротов для звероводческих ферм, где их применение позволит снизить расход мяса и рыбы, используемых в кормовых рационах зверей.

На ряде маслоэкстракционных заводов смонтированы линии обогащения липидами соевого тостированного шрота с последующей его грануляцией [41], что позволяет повысить кормовую ценность шротов, предотвратить слеживаемость, увеличить насыпной вес. Исходным сырьем является шрот соевый кормовой тостированный и соапсточные липиды, полученные при рафинации соевого и подсолнечного масла.

- *Производство концентрированных белковых продуктов* [42-46]

Создание промышленных технологий производства концентрированных белковых продуктов из растительного сырья – одно из основных направлений увеличения ресурсов продовольствия и кормов, совершенствования структуры питания населения. Продукты и ингредиенты из семян сои и соевого шрота в настоящее время являются одним из важных растительных источников пищевого белка. Схема получения пищевых белков из семян сои представлена на рис. 1.5. Вопросы, связанные с промышленным получением растительного белка и его очисткой, более подробно рассмотрены в специальной литературе [35,47].

На современном рынке пищевых ингредиентов соевые белки представлены изолятами, концентратами, текстурированными соевыми продуктами и различными видами соевой муки или крупки.

Обезжиренную соевую муку получают в результате помола и отсева обезжиренных соевых лепестков. Мука содержит около 28 % общих углеводов, в том числе 15 % растворимых моно- и олигосахаридов и 13 % полисахаридов, которые могут быть в дальнейшем извлечены при получении белковых концентратов или изолятов. В России обезжиренная соевая мука в первую очередь идет на производство текстуратов, используется в хлебопекарной и кондитерской промышленности [48]. Добавление соевой муки в тесто при выпечке хлеба заметно повышает его питательные свойства, улучшает его внешний вид и удлиняет срок хранения [49]. Существуют рекомендации по использованию соевой муки при приготовлении различных кондитерских масс для широкого ассортимента (конфет, карамели, пастиломармеладных изделий, драже, халвы и т.п.) с целью замены традиционного сырья (сахар, сухое и сгущенное молоко, какао-порошок, орехоплодное сырье).

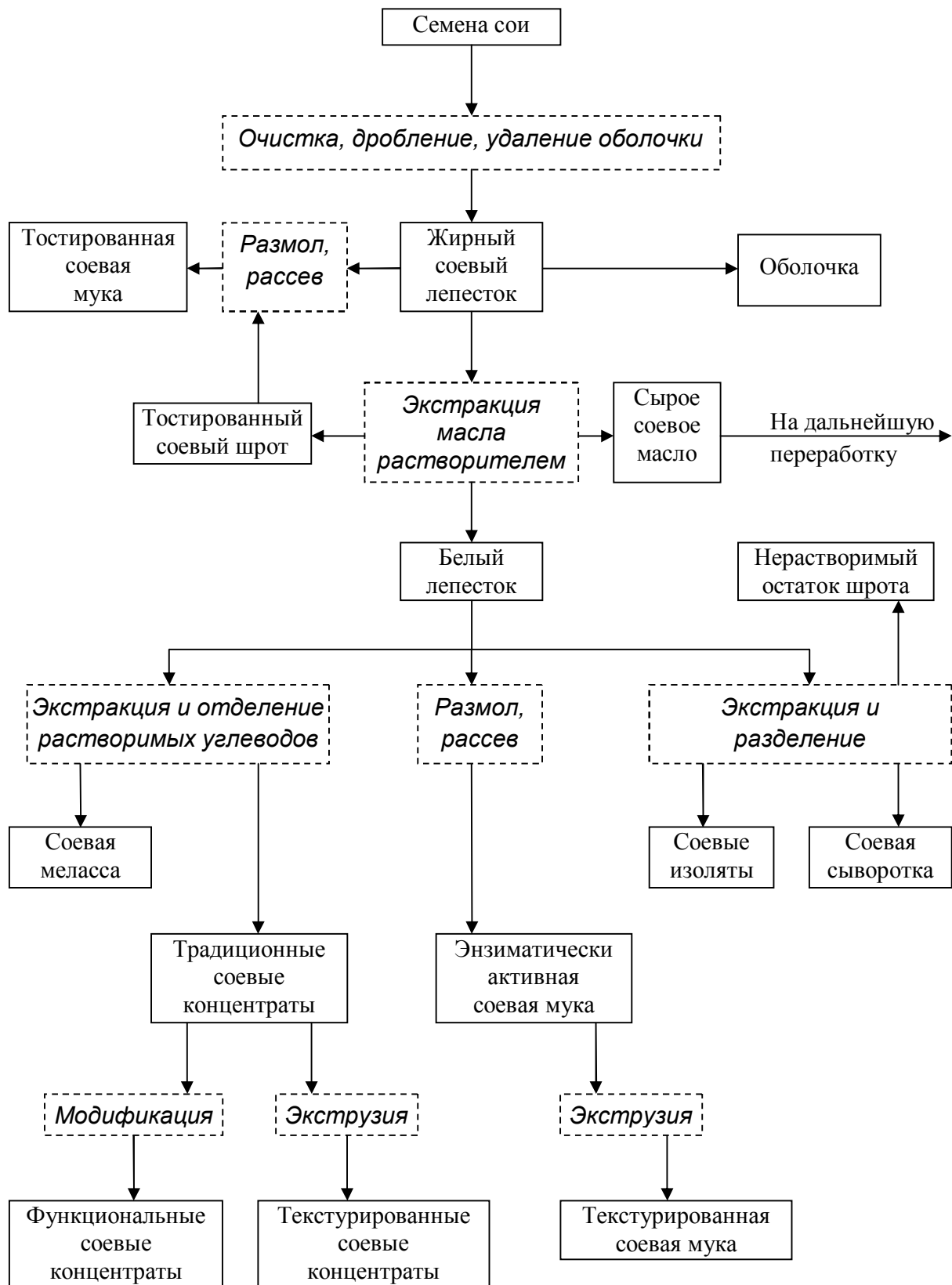


Рис. 1.5. Схема переработки семян сои с получением пищевых белков [42]

Крупнейшим производителем обезжиренной соевой муки и пищевого шрота (крупки) в России является ОАО «Иркутский масложиркомбинат» [44]. Он выпускает обезжиренную соевую муку с различным гранулометрическим составом и степенью термообработки марки «Союнта» и соевую крупку «Союнта-текс», специально выпускаемую как сырье для отечественных производителей текстурированных соевых белков. Кроме того, ряд фирм занимается измельчением соевого шрота и производит обезжиренную соевую муку «под заказ» в количестве 50...100 т в месяц.

В последние годы в мире активно развивается производство соевых белковых концентратов, получаемых в результате дальнейшей обработки соевой муки. Содержание протеина в соевых концентратах составляет 65...72 % в зависимости от качества исходного сырья и технологии производства. Концентраты используются в супах, высокобелковых напитках, соусах для придания продуктам определенной консистенции и удержания влаги.

Производство функциональных белковых смесей и концентратов с использованием отечественных и импортных ингредиентов уже освоено рядом российских компаний (ГК «Техномол», ГК «Торговый дом ПТИ» и др.); планируется также запуск новых предприятий по переработке сои с выпуском концентратов соевых белков [44].

Соевые изоляты получают химическим выделением белка из обезжиренного шрота. Они содержат до 92 % белка и имеют очень низкую влажность. Изоляты используются при выпечке хлеба [50], в производстве кондитерских [51] и макаронных изделий, напитков, десертов, супов, являются основным компонентом многих молочных продуктов, включая сыр, детское, послеоперационное, диетическое питание [45]. Продукты, приготовленные с использованием изолятов, отличаются особенно высоким содержанием белка, низким содержанием жира и холестерина. В России соевый белок в виде изолятов не вырабатывают. Для удовлетворения потребностей промышленности и населения в изолятах их ввозят из Дании, США, Китая.

Производство текстурированных белков. Часто при использовании белковых продуктов возникает необходимость придать им определенную структуру, в связи с чем их подвергают текстурированию. В зависимости от применяемой технологии конечными продуктами могут быть текстурированная мука и концентраты, получаемые с использованием экструдеров [52], а также «волоконистые» изоляты, получаемые методом «прядения» [47].

Важными показателями качества текстурированных белковых продуктов являются отсутствие постороннего привкуса и запаха, способность не искажать вкус и запах применяемых добавок, а также способность образовывать устойчивые во времени структуры аналогов пищевых продуктов. Основными направлениями их использования являются производство мясных наполнителей для колбасно-сосисочных и рубленых изделий, а также имитация структуры дорогостоящих мясopодуKтов (бифштексов, ветчины, куриного мяса).

В России производство текстурированных белков, получаемых из обезжиренного пищевого шрота, активно развивается. Осуществлен пуск новых экструзионных линий высокой производительности в Санкт-Петербурге и Дзержинске. Крупными отечественными производителями текстуратов являются компании ООО «Гислав М», «ГК Техномол» и др. [44].

- *Пищевая промышленность*

Возможна замена до 1 % яичного порошка в рецептуре майонеза сырым и обжаренным соевым шротом [53]. На Уссурийском масложировом комбинате частичная замена яичного порошка соевым шротом позволила по традиционной технологии получить майонез, не уступающий по органолептическим показателям майонезу «Провансаль». Показано, что при хранении майонеза соевый шрот проявляет и антиокислительные свойства.

Изучена возможность использования мелко перемолотого соевого шрота (сырого и обжаренного) в качестве антиокислителя жиров (в частности, растительных масел) при хранении [54]. Шрот добавляли в количестве 100 % к весу масла. Образцы хранили в течение трех месяцев при температуре 20°C. Показано, что применение соевого шрота в качестве антиокислителя удлиняет сроки хранения масла, при этом более эффективное действие оказывает обжаренный соевый шрот.

Предлагается использовать соевый шрот в качестве добавки в пищевые продукты, требующие сохранения влаги, поскольку шроты обладают большой влагопоглощаемостью [55]. Разработаны рецептуры и технологические схемы производства рубленых изделий из мяса, рыбы, содержащие около 12 % соевого шрота. Введение последнего в фарш приводит к увеличению влагоудерживающей способности, что, в свою очередь, способствует уменьшению потерь массы при тепловой обработке в 2 раза. Кроме того, готовая продукция содержит все незаменимые аминокислоты в благоприятном соотношении, имеет оптимальный состав минеральных веществ. По органолептическим показателям исследуемые блюда не уступают контрольным образцам.

Предложен способ приготовления загустителя, придающего стабильную вязкость котлетам и другим подобным изделиям, что обеспечивает однородность их качества в условиях массового промышленного изготовления [56]. Для получения загустителя в пшеничную муку добавляют 3...10 % соевых жмыхов.

Установлено, что соевый шрот в количестве не более 20 %, включенный в рецептуру листовых вафель взамен пшеничной муки [57], позволяет получить изделия, не уступающие по потребительским свойствам контрольной продукции. Вафли с 20 % содержанием соевого шрота (большее содержание шрота затрудняет технологический процесс) отличаются пористой структурой и хорошо

выраженным приятным вкусом. Пищевая ценность вафель с соевым шротом обусловлена высоким содержанием белков – 21,2 % и минеральных веществ – 1,4 %. Так как белки соевого шрота на 44 % состоят из водосолерастворимых фракций, богатых незаменимыми аминокислотами, а в минеральном составе преобладают К, Mg, Fe, можно сделать вывод о высокой биологической ценности созданных изделий.

Разработана аминокислотная добавка [58], содержащая в качестве одного из компонентов измельченный соевый жмых, которая может быть использована в качестве пищевой добавки и в лечебном питании, т.к. она содержит 18 важных для организма человека аминокислот, большой набор витаминов и минеральных веществ.

В лабораторных и полупромышленных условиях апробирована технология получения сухого порошкообразного продукта для детского питания из соевого шрота, сухого обезжиренного молока и сухого ячменного солода [59]. Готовый продукт содержит 25 % белков (в том числе из сои 17,3 %) и 18 % жира (из сои 6,5 %).

Разработана технология производства молочно-растительных концентратов из обезжиренной соевой муки, соевого шрота и молочной сыворотки [60]. Данный продукт может найти широкое применение при создании комбинированных молочных продуктов.

- *Микробиологическая промышленность*

Можно использовать водорастворимую фракцию белкового изолята из соевого шрота как питательную среду при выращивании кормовых дрожжей и культивировании бактерий [61].

Рассматривается возможность получения пищевых белковых препаратов из жмыха масличных семян путем синтеза белков одноклеточными организмами (бактериями и дрожжами), выращенными на различных небелковых средах (углеводных или углеводородных) [62].

6.3.2. ПОДСОЛНЕЧНЫЙ ЖМЫХ И ШРОТ

6.3.2.1. Характеристика побочной продукции

Подсолнечный жмых получается при отжиге масла из семян на прессах, шрот – при экстракции семян в экстракторах.

В составе шротов и жмыхов кроме 38...39 % сырых протеинов содержится жир (в шроте – до 1,5 %, в жмыхах – до 10 %), фосфорсодержащие соединения, витамины, клетчатка и др. Некоторые характеристики жмыха и шрота приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Основные показатели подсолнечных жмыхов и шротов [63-64]

Наименование показателя	Жмых подсолнечный ГОСТ 80-96	Шрот подсолнечный ГОСТ 11246-96	
		обыкновенный	тостированный
Цвет	От серого различных оттенков до коричневого различных оттенков	Серый, различных оттенков	Серый с коричневым оттенком
Запах	Свойственный подсолнечному жмыху без постороннего запаха	Свойственный подсолнечному шроту без постороннего запаха (затхлости, плесени, горелости и др.)	
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	8,5	7,0...10,0	9,0...11,0
Массовая доля золы, не растворимой в соляной кислоте, в пересчете на а.с.в., %, не более	1,0	1,0	1,0
Массовая доля металлопримесей размером до 2 мм, %, не более:	0,01	0,01	0,01
Содержание микотоксинов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более:			
дезоксиниваленола	1,0	1,0	1,0
Т-2 токсина	0,1	0,1	0,1
зеараленона	1,0	1,0	1,0
Массовая доля остаточного количества растворителя (бензина), %, не более	–	0,1	0,08
Содержание нитратов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	450	450	450
Содержание нитритов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	10	10	10
Массовая доля сырого протеина в пересчете на а.с.в., %, не менее	38,0	39,0	39,0
Массовая доля растворимых протеинов в шроте к общему содержанию протеина, %	–	–	68,0±3
Массовая доля сырой клетчатки в обезжиренном продукте в пересчете на а.с.в., %, не более	20,0	23	23
Общая энергетическая питательность в пересчете на сухое вещество, к.е., не менее	1,04	0,968	0,968

Качество жмыхов и шротов как источников концентрированного растительного протеина определяется, прежде всего, пищевой ценностью содержащегося в них белка. Аминокислотный состав белков, приведенный в табл. 1.10, свидетельствует о достаточно высокой биологической ценности подсолнечного шрота.

Таблица 1.10

Аминокислотный состав подсолнечного жмыха и шрота [15]

Аминокислоты, г в 1 кг продукта	Жмых	Шрот
Протеин, %	39,8	39,8
Лизин	16,3	16,3
Метионин	7,9	7,9
Цистин	6,4	6,4
Триптофан	5,2	5,2
Аргинин	28,6	28,6
Гистидин	11,5	11,5
Лейцин + изолейцин	36,6	36,6
Фенилаланин	17,5	17,5
Треонин	15,1	15,1
Валин	21,1	21,1
Глицин	26,3	26,3
Аланин	—	17,1
Серин	15,9	15,9
Аспарагиновая кислота	32,6	32,6
Глутаминовая кислота	82,4	82,4
Тирозин	11,5	11,5

Однако получение пищевого подсолнечного белка осложняется присутствием хлорогеновой кислоты (до 4,17 %) и других фенольных соединений, вызывающих потемнение продуктов при тепловой обработке [40]. Содержание фенольных соединений в подсолнечном шроте составляет 3...3,5 г на 100 г обезжиренной муки. Из них до 70 % – хлорогеновая и кофейная кислоты, до 15 % – соединения, подобные п-кумариловой, изоферуловой и синапсовой кислотам, а также эфиры оксикоричной кислоты. Водорастворимая хлорогеновая кислота связана с низкомолекулярными полипептидами (68 % по водородным и 32 % по ковалентным связям). Освобождение белковых продуктов от хлорогеновой кислоты и других фенольных соединений возможно путем обработки шрота бутанолом, подкисленным соляной кислотой, а также янтарным ангидридом. Хлорогеновая кислота образует с последним растворимые в воде комплексы, которые удаляются при последующем промывании шрота водой. В таком шроте возрастает количество общего белка, т.к. одновременно удаляются олигосахариды, и потемнение белков исключается.

6.3.2.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность*

Основное количество жмыхов и шротов (от 4 до 50 % в зависимости от целевого назначения) используется для производства комбикормов. В состав белково-витаминных добавок их включают в количестве 40...50 %. Они с успехом дополняют ячмень, кукурузу, овес, пшеницу и другие кормовые культуры. Если сравнить по содержанию белка (протеина) различные кормовые культуры и шроты (табл. 1.11), можно отметить, что наиболее богаты белками шроты. По кормовым единицам шроты практически не уступают фуражным культурам, а по содержанию белка значительно превосходят их.

Таблица 1.11

Кормовая ценность различных продуктов

Источник белка	Кормовые единицы	Содержание протеина, %	В том числе усвояемого, %
Фуражный ячмень	1,21	11,6	8,1
Овес	1,00	10,7	8,5
Кукуруза (зерно)	1,34	9,3	7,8
Шроты:			
подсолнечный	1,02	42,0	36,3
соевый	1,19	43,0	38,7
хлопковый	0,96	43,0	32,5

Если учесть, что цена шротов в несколько раз ниже отпускных цен на овес, ячмень и другие культуры, то преимущество жмыхов и шротов при производстве комбикормов станет очевидным.

Пищевая ценность жмыха и шрота для производства комбикормов зависит от технологической схемы его производства (переработка семян с обрушиванием или без него). Так, пищевая ценность 1 кг шрота из обрушенных семян подсолнечника составляет 1,03 к. е., а 1 кг шрота из необрушенных семян 0,76 к. е., т.е. на 25 % ниже [15].

Химический состав шротов из обрушенных и необрушенных семян подсолнечника приведен в табл. 1.12.

Различие в составе шротов из обрушенных и необрушенных семян обусловлено различным содержанием в них лузги. Лузга, остающаяся в шроте, имеет низкую пищевую ценность – менее 0,25 к.е. на 1 кг. Кроме того, в состав лузги входят таниды, которые уменьшают перевариваемость кормов. Поэтому шрот из необрушенных семян обладает более низкой перевариваемостью, чем из обрушенных.

В настоящее время семена подсолнечника перерабатываются с отделением лузги. При этом средний выход жмыха составляет около 34 %; шрота – 38 %.

Таблица 1.12

Показатели подсолнечных шротов
из обрубленных и необрубленных семян [15]

Показатели	Шрот из	
	обрубленных семян	необрубленных семян
Сырая зола (в пересчете на абсолютно сухое вещество), %, не более	7,04	6,2
Сырой протеин (в пересчете на абсолютно сухое вещество), % не менее	39	30,0
Сырой жир (в пересчете на абсолютно сухое вещество), %, не более	1,53	2,0
Сырая клетчатка (в пересчете на абсолютно сухое вещество), %, не более	23	35
Безазотистые экстрактивные вещества (в пересчете на абсолютно сухое вещество), %, не более	33,01	26,38
Кальций, % не менее	0,302	0,301
Фосфор, %, не менее	1,133	0,954

В семенах подсолнечника обнаружены два ингибитора протеолитических ферментов – В₁ и В₂. Ингибиторы В₁ и В₂ – низкомолекулярные белки, принадлежащие по растворимости к альбуминово-глобулиновой группе. В их составе много глутаминовой и аспарагиновой кислот. Присутствие этих ингибиторов отрицательно влияет на перевариваемость белка в организме животных, вызывая гипертрофию поджелудочной железы, ухудшение усвояемости аминокислот и замедление роста животных [40]. В связи с этим при технологической переработке семян необходимо проводить инактивацию белков-ингибиторов.

На ряде маслоэкстракционных заводов производят обогащение шрота липидами с последующим его гранулированием. В качестве обогатительной смеси чаще всего используют соапсточные липиды либо фосфатидную эмульсию. Добавление таких компонентов повышает питательную ценность шрота, благодаря обогащению глицеридами, фосфатидами, токоферолами, стеринами [65]. Подсолнечный шрот, обогащенный липидами, содержит (% в пересчете на абсолютно сухое вещество): сырого жира 2,5...4,0; сырого протеина 42,0...45,0; влаги 7,0...9,5. Последующее гранулирование шрота облегчает его транспортировку и хранение, создает взрывобезопасные условия при этих операциях, снижает его потери благодаря отсутствию пыли. Однако стоимость 1 тонны гранулированного и обогащенного липидами подсолнечного шрота больше, чем обычного. Кроме того, необходимы дополнительные затраты на размол шрота. Поэтому комбикормовые заводы используют и негранулированный шрот.

Подсолнечный шрот является ценным сырьем для получения кормового белка. Специалистами Кубанского государственного аграрного университета была разработана реутилизационная технологическая схема получения кормо-

вого белкового изолята из подсолнечного шрота (рис. 1.6) [66]. Получение изолята предполагает экстракцию протеина щелочным раствором с последующим отделением белкового экстракта гравитационным осаждением и центрифугированием. Полученный изолят характеризуется низким содержанием клетчатки, повышенным содержанием важнейших для животных и птиц аминокислот (лизина, метионина, треонина). Образующиеся после изоляции белка отходы (твердый шротовый остаток и безбелковая надосадочная жидкость) могут быть использованы в качестве питательной среды для роста пробиотических микроорганизмов, входящих в состав коферментативной кормовой добавки «Бацелл».

- *Пищевая промышленность*

Перспективно применение жмыхов и шротов подсолнечника в качестве источника пищевого белка. Основное направление использования пищевого белка – обогащение хлебобулочных изделий, вторых блюд и других пищевых продуктов растительным белком. Разработан целый ассортимент, рецептуры и технологические схемы производства вторых блюд из рубленого мяса и котлетной массы, мучных и кондитерских изделий [67], пригодных для обогащения выделенными из шротов белками. Готовая продукция содержит все незаменимые аминокислоты в благоприятном соотношении, имеет оптимальный состав минеральных веществ. По органолептическим показателям исследуемые блюда не уступают контрольным образцам [68].

Так, например, предложен способ получения липидно-белковых комплексов из подсолнечного жмыха с целью дальнейшего его использования в хлебопечении взамен пшеничной муки. Для снижения содержания фенольных соединений предложена следующая схема обработки. Подсолнечный жмых, содержащий около 18 % жира и 17 % белка, измельчают и подвергают экстракции 0,1 н. раствором NaOH при pH 9 в течение 30 мин. Липид-белковый комплекс осаждают из экстракта при pH 5. В лабораторных условиях получают комплексы, содержащие 48 % жира и 46 % белка, в полупромышленных условиях – 44 % и 47 % соответственно. При добавлении в тесто 10 % указанного продукта взамен пшеничной муки получают хлеб хорошего качества, содержащий белка на 25...36 % больше, чем обычный пшеничный хлеб [69].

Подсолнечный шрот может быть использован как пищевая добавка с антианемическими свойствами при создании продуктов специального лечебного назначения [70]. Исследовано влияние включения в рецептуру пшеничного хлеба подсолнечного шрота на преодоление железодефицитных состояний. Отмечено благотворное влияние обогащенного хлеба на гематологические показатели крови и кроветворение.

Разработана и внедрена в производство рецептура майонеза с введением белкового концентрата из подсолнечного шрота вместо яичного порошка. Новый вид майонеза имеет повышенную питательную ценность и стойкую эмульсию [71].



Рис. 1.6. Технологическая схема безотходной переработки подсолнечного шрота

Сообщается об использовании в Японии подсолнечного жмыха в производстве печенья, сыра и йогурта [72]. Считается, что жмых, содержащий около 50 % белка, может быть использован в качестве заменителя казеина и клейковины. Исследована возможность замены жмыхом части пшеничной муки в рецептуре печенья, части молока при производстве йогурта и сыра. В случае использования жмыха в производстве йогурта и сыра необходимо удалить волокна, углеводы и горькие компоненты.

Подсолнечный шрот используют в качестве частичного заменителя сахара. Для улучшения технологических свойств шрот обрабатывают янтарным ангидридом. Так, например, подсолнечный шрот может быть использован для замены сахара при получении кексов (до 3 % от общей массы), при этом повышается биологическая и снижается энергетическая ценность изделий. Более высокая дозировка шрота отрицательно влияет на качество готовых изделий. Анализ органолептических показателей качества щербета и ириса свидетельствует о возможности замены 2 % сахара шротом, т.к. при таком количестве качество изделий находится на уровне контрольных образцов. При этом в присутствии шрота содержание редуцирующих веществ в изделиях несколько снижается [73].

- *Масложировая промышленность*

Исследования показали целесообразность использования модифицированных растительных сорбентов на основе подсолнечного шрота при рафинации масел [74]. Сорбенты на основе шрота обладают селективной сорбционной активностью по отношению к воскоподобным веществам и мылам, практически в 2 раза снижают содержание металлов в масле по сравнению с традиционным методом рафинации. Полученные масла превосходят по органолептическим и физико-химическим показателям масла, полученные по традиционной технологии.

- *Промышленность бытовой химии*

От 30 до 46 % подсолнечного жмыха входит в состав рецептуры герметика для радиаторов с пониженным временем герметизации, повышенной герметизирующей способностью и коррозионной стойкостью. Предлагаемый герметик не оседает на стенках охлаждающей системы, поэтому при эксплуатации автомобиля не ухудшаются первоначальные показатели качества герметика [75].

- *Химико-фармацевтическая промышленность*

Антоцианы – растительные красители – получают экстракцией подсолнечного жмыха безводными или водно-органическими растворителями, подкисленными минеральными кислотами, с последующей фильтрацией полученных экстрактов и концентрированием их в вакууме при невысоких температу-

рах. Полученный жидкий красящий продукт пригоден для крашения пищевых продуктов и использования в рецептурах косметических препаратов [76].

Известно, что жмыховые экстракты подсолнечника используют для биосинтеза антибиотиков – пенициллина [77] и стрептомицина [78].

Подсолнечный жмых может быть применен для производства фурфурола [79].

6.3.3. ЛЬНЯНОЙ ЖМЫХ И ШРОТ

6.3.3.1. Характеристика побочного продукта

При переработке льна по традиционной технологии оболочку у семян не отделяют. В качестве побочной продукции получают жмых или шрот.

В настоящее время семена льна перерабатываются по схемам:

- двукратного прессования;
- форпрессования – экстракции жмыхового лепестка.

В перспективе предусмотрена прямая экстракция подготовленных соответствующим образом семян льна.

Химический состав льняного шрота (% на абсолютно сухое вещество): азот 6; сырой протеин 36,0; сырой жир 3,0; углеводы 36,1; клетчатка 9,0...14,0; безазотистые экстрактивные вещества 45,0...47,0; зола (общая) 5,5 [80]. Аминокислотный состав льняных жмыхов и шротов приведен в табл. 1.13.

Таблица 1.13

Аминокислотный состав льняных жмыхов и шротов [15]

Аминокислоты, г в 1 кг продукта	Жмых	Шрот
Протеин, %	34,3	35,8
Лизин	11,7	12,9
Метионин	4,8	5,4
Цистин	5,1	6,8
Триптофан	6,2	5,7
Аргинин	29,5	29,7
Гистидин	7,9	7,2
Лейцин	29,1	39,8
Фенилаланин	14,4	15,7
Треонин	11,7	12,9
Валин	16,5	19,7
Глицин	17,1	16,1
Серин	13,7	16,8
Аспарагиновая кислота	35,7	38,7
Глутаминовая кислота	51,1	77,7
Тирозин	10,6	8,6

Требования к качеству и нормам содержания основных веществ в льняном жмыхе и шроте приведены в табл. 1.14.

Таблица 1.14
Основные показатели жмыха и шрота льняного [80-81]

Наименование показателя	Жмых льняной ГОСТ 10974-95	Шрот льняной ГОСТ 10471-96
Цвет	От серого до светло-коричневого	Серый, различных оттенков
Запах	Свойственный льняному жмыху без постороннего запаха затхлости, горелости	Свойственный льняному шроту без постороннего запаха (затхлости, плесени, горелости и др.)
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	6,0...8,0	6,0...9,0 (из льна масличного) 6,0...10,0 (из льна-долгунца)
Массовая доля золы, не растворимой в соляной кислоте (в пересчете на а.с.в.), %, не более	1,5	1,5
Массовая доля металлопримесей размером до 2 мм, %, не более	0,01	0,01
Содержание микотоксинов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более		
афлатоксина В ₁	0,005	0,025
Т-2 токсина	0,1	0,1
зеараленона	1,0	1,0
Содержание нитратов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	450	450
Содержание нитритов, млн ⁻¹ (мг/кг), не более	10	10
Массовая доля сырого протеина (в пересчете на а.с.в.), %, не менее	34,0	36,0
Массовая доля сырой клетчатки в обезжиренном продукте (в пересчете на а.с.в.), %, не более	9,0 (из льна масличного) 14,0 (из льна-долгунца)	9,0 (из льна масличного) 14,0 (из льна-долгунца)
Общая энергетическая питательность, к.е. (в пересчете на а.с.в.), не менее	1,19	1,11 (из льна масличного) 1,08 (из льна-долгунца)

6.3.3.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность*

Льняные шрот и жмых используются в комбикормовой промышленности, т.к. имеют очень высокую кормовую ценность. В 1 кг жмыха и шрота содержится 1,09...1,12 к. е. и 0,97...1,04 к. е. соответственно и 312,8...319,6 г и 324...338,4 г сырого протеина.

Изучено качество масла в зависимости от состава и свойств молочного жира при кормлении коров жмыхами. Установлено, что с увеличением содержания жмыха в рационе животных повышается йодное число молочного жира, а числа омыления Рейхерта-Мейссля и температура плавления уменьшаются. Масло, выработанное из молока коров, которым давали льняной жмых, имело мягкую консистенцию. Наивысшую балльную оценку при органолептическом исследовании получило масло из молока коров, в рацион которых входило умеренное количество жмыхов. При большем содержании жмыхов в рационе масло имело невыраженный вкус и иногда нечистый привкус; при хранении в течение года оно оказалось менее стойким и получило более низкую органолептическую оценку [82].

- *Пищевая промышленность*

Разработана технология получения белковых концентратов (БК) из шрота льна. БК – пастообразные продукты однородной консистенции, светло-желтого цвета с сероватым оттенком, без специфических привкусов и запахов исходного сырья [83]. Содержание сухих веществ в БК составляет $6,17 \pm 0,17$ %. Изучена биологическая и пищевая ценность БК. Проведены медико-биологические исследования, в результате которых установлена возможность использования данного продукта в качестве пищевых добавок при изготовлении овощных и мясных консервов, мясных котлет, пищевых концентратов, майонеза, соусов и других продуктов [84].

Разработаны рецептуры овощных консервов с добавлением БК. Образцы консервов оценивались по органолептическим и химическим показателям. Наиболее удачными оказались «Икра из кабачков», «Икра из баклажанов», «Перец, фаршированный овощами, в томатном соусе». Оптимальной дозировкой признано 5 мас. % БК по отношению к массе продукта. Дальнейшее увеличение массовой доли БК вызывает ослабление интенсивности окраски и резкого вкуса продукта. Общее количество аминокислот в овощной икре возрастает при этом на 27 %, в том числе количество лизина возрастает на 11 %, треонина до 40 %, метионина на 30 %, изолейцина на 35 %.

Комбинированные продукты с БК готовили также на базе мясных паштетов. Установлено, что растительные белковые добавки не ухудшают качество консервов, причем по мере увеличения массовой доли БК консистенция паштетов становится более мягкой и нежной. Оптимальными сочли образцы с добав-

лением 15 % БК. Пищевая ценность «Мясного паштета» увеличилась на 9 %, «Московского» – на 0,8 % [85].

Рассмотрена возможность получения соусов типа соевых из льняного и соевого шрота путем обработки их препаратами протеолитических ферментов [86]. Полученные соусы мало уступают соевым соусам по органолептическим свойствам, содержат значительное количество лизина и других незаменимых кислот.

Разработан способ получения натуральных гидроколлоидов – полисахаридов из льняного жмыха или шрота, пригодных для применения в пищевой промышленности в качестве стабилизаторов в производстве соусов, мясных продуктов и колбас, мороженых десертов и др. [87].

- *Промышленность бытовой химии*

Льняной жмых может быть использован как составная часть герметика для радиаторов автомобилей [75].

6.3.4. ХЛОПКОВЫЙ ЖМЫХ И ШРОТ

6.3.4.1. Характеристика побочного продукта

Жмыхи получают в процессе извлечения масла из предварительно подготовленных семян хлопчатника методом отжима на прессах. Переработка хлопковых семян прессовым методом составляет около 6 % к общей переработке семян, в будущем этот процент будет снижаться.

Хлопковые жмыхи вырабатываются по двум схемам: однократного прессования и двукратного прессования. Химический состав жмыхов, получаемых по этим схемам, приведен в табл. 1.15.

Шрот хлопковый получают экстракцией семян хлопчатника, предварительно подготовленных к извлечению масла.

Выход и состав шрота зависят от технологической схемы производства: переработки семян с обрушиванием оболочки или без обрушивания и соответственно с отделением и без отделения оболочки – шелухи. Выход шрота при переработке семян с отделением оболочки ниже, чем без отделения, однако содержание основных пищевых веществ (протеина, кальция, фосфора) значительно выше, чем в шроте, полученном по схеме без отделения оболочки.

Сравнительная характеристика шротов, полученных при переработке семян по указанным схемам, приведена в табл. 1.16.

Таблица 1.15

Химический состав хлопковых жмыхов,
полученных по разным технологическим схемам,
в % на абсолютно сухое вещество [15]

Наименование образца	Масличность	Сырая клетчатка	Общая зола	Фосфор в виде P ₂ O ₅	Сырой протеин	Нерастворимый азот белковых фракций	Госси-пол свободный	Госси-пол связанный
Жмых однократного прессования	7,08	12,43	6,40	2,13	41,5	59,62	0,021	0,871
Жмых двукратного прессования	6...8	12...16	6,61	2,62	30...38	65,80	0,02	1,45

Объем выработки хлопкового шрота и жмыха составляет в среднем 41,84 % от общего количества семян хлопчатника, в том числе шрота 41,86 %, жмыха 41,69 % от количества семян, переработанных соответственно экстракционными и прессовыми заводами.

Таблица 1.16

Химический состав хлопковых шротов,
полученных по разным технологическим схемам,
в % на абсолютно сухое вещество [15]

Наименование шрота	Протеин	Клетчатка	Безазотистые экстрактивные вещества	Зола	Кальций	Фосфор
Шрот из шелушенных семян хлопчатника	36...44	14...25	28,88	7,06	0,363	2,821
Шрот из нешелушенных семян хлопчатника	23...26	30,31	37,92	4,49	0,236	1,580

6.3.4.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность*

Хлопковые жмыхи и шрот в основном используются для производства комбикормов. Установлено, что пищевая ценность кормовых продуктов, богатых клетчаткой, значительно повышается при их измельчении, растирании и обработке паром под давлением. Поэтому при переработке нешелушенных семян хлопчатника пищевые свойства шелухи из шрота повышаются, и шелуха

как кормовой продукт лучше используется. Опыты показали, что шрот из нешелушенных семян хлопчатника охотнее поедается животными, обеспечивает их нормальную продуктивность и не вызывает каких – либо заболеваний [15].

В ядре хлопкового семени содержится от 0,46 до 1,44 % (% к абсолютно сухому веществу) антипитательного вещества – госсипола. В больших дозах это вещество вызывает воспалительные процессы в тканях, раздражает слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, поражает сердце и печень. Его действие вызывает вялость и потерю массы у животных. При содержании в корме от 0,02 до 0,05 % госсипол оказывает на животных сравнительно слабое действие, но уже при концентрациях 0,15...0,20 % может вызвать отравление. Особенно чувствительны к госсиполу цыплята. Максимально допустимое содержание госсипола в корме для цыплят составляет 0,016...0,020 %. Отравление госсиполом происходит в основном при одностороннем кормлении животных жмыхом и шротом и усиливается, если в рационе животных не хватает витаминов и солей кальция. ГОСТы допускают содержание свободного госсипола в хлопковых жмыхах и шротах не более 0,02 % в пересчете на абсолютно сухое вещество. Госсипол хорошо растворяется в спиртах, эфирах, нагретом масле, слабо в бензине и нерастворим в воде. В процессе жарения и прессования мятки, полученной при размоле ядра семян, он в основном переходит в масло. В шроте и жмыхе он остается в незначительном количестве. При соблюдении рекомендуемого процесса жарения и прессования содержание госсипола в жмыхах и шротах не превышает 0,005...0,02 %. Под действием тепла, в присутствии воды и кислорода воздуха в мятке, мезге и шроте происходят многочисленные превращения госсипола, в том числе и образование неядовитой, физиологически неактивной связанной формы. Для максимального связывания госсипола и получения удовлетворительных по качеству шрота и масла необходимо тщательное измельчение материала перед влаготепловой обработкой, оптимальная влажность его перед жарением и в ходе жарения, а также глубокое самопропаривание материала. При нарушении указанного режима содержание госсипола в шроте повышается.

Традиционные методы переработки сырья лишь частично решают проблему выработки облагороженного продукта, т.к. уменьшение его токсичности достигается одновременно с уменьшением доли растворимых фракций белка и денатурацией последнего, а также выведением наиболее биологически активных аминокислот. Сотрудники Ташкентского политехнического института исследовали способность различных классов плесневых грибов к детоксикации госсипола [88]. Максимальное расщепление госсипола грибом проявляется при 25°C, при этом содержание свободного госсипола составляет 0,0024...0,0031 %, что на порядок ниже допускаемого стандартом значения [89].

В целях получения низкогоссипольного хлопкового шрота для широкого использования в кормовых рационах специалистами Института биоорганической химии АН РУз была разработана новая технология глубокого обезвреживания госсипола карбамидом (мочевинной). При обработке хлопковой мятки

водными или слабощелочными растворами карбамида в ходе жарения получается качественный по содержанию белков шрот с низким уровнем свободного госсипола (менее 0,01 %). Одновременно происходит обогащение шрота небелковым азотом карбамида, что улучшает его кормовые качества. Низкогоссипольный шрот рекомендуется вводить в рационы кур-несушек (в количествах до 14 %) и откормочных бычков (до 40 % от суммарной питательности) [90].

Хлопковый шрот выпускается в гранулированном и негранулированном виде, обогащенным и необогащенным липидами. Для облегчения процесса гранулирования и повышения кормовых свойств шрота его в процессе обработки обогащают хлопковым соапстоком. Хлопковый соапсток содержит 45...65 % липидов и 35...55 % воды [91]. При обработке шрота соапсточными липидами происходит высвобождение жирных кислот из натриевых солей соапстока под воздействием низкомолекулярных кислот, содержащихся в шроте. Помимо этого идет щелочная инактивация госсипола. Схема обогащения и гранулирования хлопкового шрота приведена на рис. 1.7.

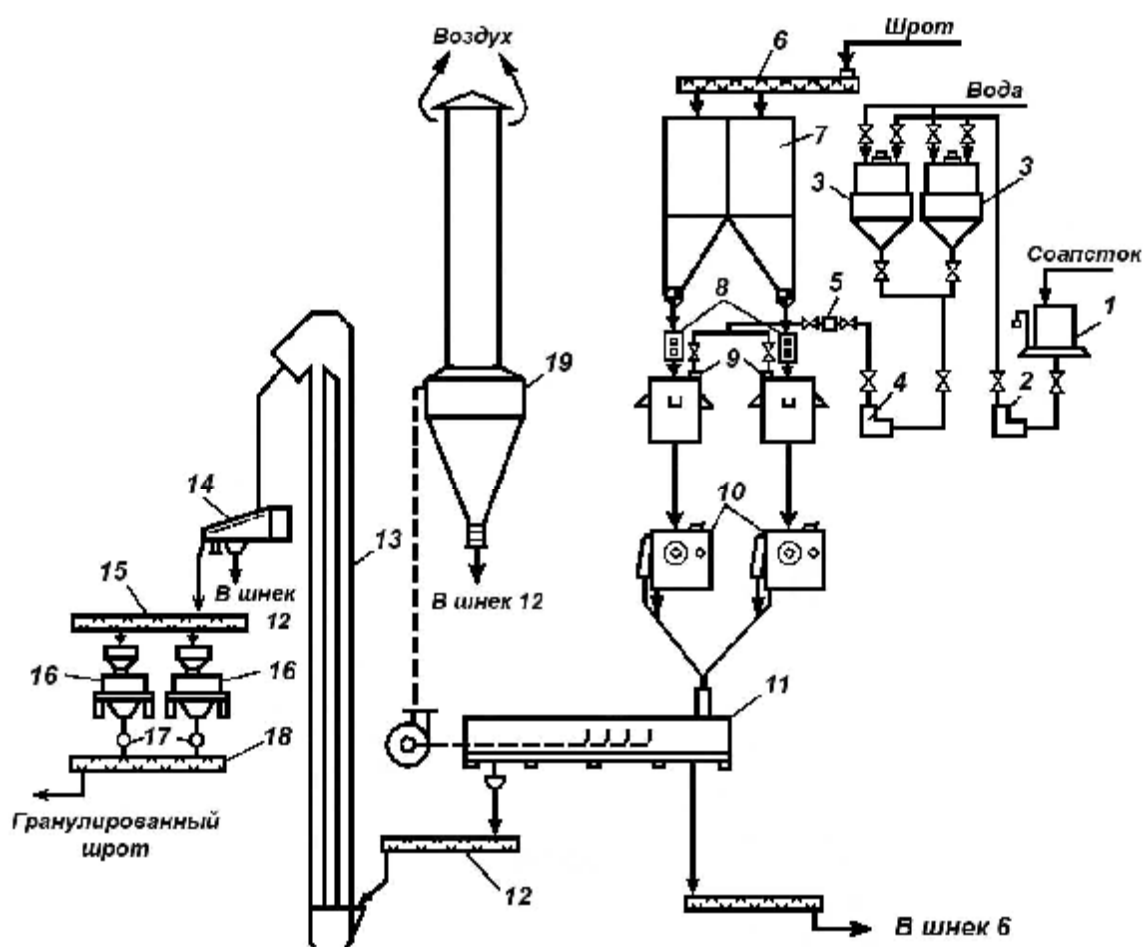


Рис. 1.7. Схема обогащения и гранулирования хлопкового шрота

Соапсток, поступающий из рафинационного цеха, взвешивается на весах 1, после чего насосом 2 подается в два попеременно работающих аппарата 3 для разведения его водой. Здесь его влажность доводится до 60...65 %, а температура до 50...60°C. При более высокой температуре наблюдается расслоение эмульсии, при более низкой – затрудняется ее подача в форсунки.

Готовая обогатительная смесь дозирующим насосом 4 через расходомер 5 подается в жаровню 9. Подачу регулируют таким образом, чтобы в готовом шроте содержалось 3,5...4,0 % липидов, 7,0...9,5 % влаги. Шрот из экстракционного цеха с температурой 70...90°C шнеком 6 подается в бункер 7. Далее, пройдя магнитную защиту 8, поступает в жаровню 9. Здесь шрот интенсивно перемешивается с соапсточными липидами и прогревается до температуры 80°C, после чего поступает в пресс-гранулятор 10. Полученные гранулы идут в охладитель 11. Охлажденный гранулированный шрот шнеком 12 и норией 13 подается на вибрационное сито 14. Готовые гранулы шрота шнеком 15 транспортируются на автоматические весы 16, после чего, пройдя магнитную защиту 17, шнеком 18 направляются на склад готовой продукции.

Хлопковый обогащенный соапстоками шрот содержит до 4 % липидов и 40...45 % протеина. Требования к качеству и нормам содержания основных веществ в хлопковом жмыхе и шроте приведены в табл. 1.17 [92-93].

Имеется опыт по производству гранулированных шротов, обогащенных соапсточными липидами, на Кокандском МЖК и по производству таких шротов в негранулированном виде на Наманганском МЖК [91].

Предложен способ обогащения хлопкового шрота фосфатидным концентратом. Установлено, что обогащенные таким образом шроты устойчивы при хранении. Опыты по скармливанию коровам кормов с добавкой обогащенных шротов дали положительные результаты [94].

Исследовано влияние растительных кормов на качество мяса и его пищевую ценность при откорме свиней. Установлено, что частичная замена в рационе ячменя хлопковым шротом, не снижая продуктивность свиней, повышает сочность мяса и содержание в нем полноценных белков [95].

Показано, что при умеренном включении хлопкового жмыха в рацион коров (2,1...2,5 кг в сутки на одну голову) содержание сухого обезжиренного молочного остатка в молоке возрастает [96].

- *Масложировая промышленность*

Изучена возможность применения хлопкового шрота для адсорбционной очистки гидратированных мисцелл хлопкового масла перед щелочной рафинацией [97]. В качестве сорбента использовался шрот из семян первого сорта, удовлетворяющий требованиям ГОСТа. Установлено, что при предварительной гидратации и обработке гидратированных мисцелл шротом в полученном рафинированном масле содержится меньше каратиноидов, продуктов измененного госсипола и окисления, чем при существующей технологии рафинации мас-

ла в мисцелле. В шроте, выделенном из мисцеллы после сорбционной очистки, содержится до 30 % жира, а также свободный госсипол (следы). Его можно использовать как кормовой продукт.

Таблица 1.17

Основные показатели хлопковых жмыхов и шротов [92-93]

Показатели	Жмых хлопковый ГОСТ 68-74		Шрот хлопковый кормовой ГОСТ 606-75		Шрот хлопковый с улучшенным качеством протеина и пониженным содержанием госсипола ТУ Узбекской ССР Р22-74	
	1 сорт	2 сорт	1 сорт	2 сорт	«А» - гранули- ров.	«Б» - неграну- лиров.
Цвет	От свет- ло- желтого до желто- го	От жел- того до темно- коричне- вого	От жел- того до корич- невого	От жел- того до темно- корич- невого	От зеленовато- желтого до темно- желтого	
Запах	Свойственный хлопковому жмыху без постороннего запаха, затхлости, плесени		Свойственный хлопковому шроту без постороннего запаха, затхлости, плесени, горело- сти, бензина		Свойственный хлоп- ковому шроту	
Влага и летучие вещества, %	6,0...8,0	6,0...8,0	7,0...9,0	7,0...9,0	7,5...11,7	7,5...10
Сырой жир в пересчете на абсолютно СВ, % не более	7,0	9,0	1,5	1,5	3,5...4,5	2,5
Сырой протеин в пересче- те на абсолютно СВ, % не менее	38,0	30,0	44,0	36,0	42,0	42,0
Растворимый протеин в шроте к общему содержа- нию протеина, % не менее	Не указано		55,0	44,0	65,0	65,0
Сырая клетчатка в пере- счете на СВ, % не более	12,0	16,0	14,0	25,0	16,0	16,0
Зола, нерастворимая в со- ляной кислоте, в пересчете на абсолютно СВ, %, не более	2,0	2,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Посторонние примеси	Не допускаются					
Свободный госсипол, в пересчете на абсолютно СВ, %, не более	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

- *Промышленность строительных материалов*

Предложена бетонная смесь, содержащая портландцемент, крупный или мелкий заполнитель, органическую добавку и воду, отличающаяся тем, что с целью повышения прочности как при нормальном твердении, так и после пропаривания она содержит в качестве органической добавки шрот хлопчатника. Наиболее эффективным является введение шрота в виде водной суспензии. Пластифицирующие свойства шрота позволяют снизить содержание воды и при сохранении водоцементного отношения снизить расход цемента на 7...10 %. Прочностные показатели бетона повышаются на 6...10 % [98].

- *Химико-фармацевтическая промышленность*

Показана возможность полной замены соевой муки на хлопковую муку, полученную из хлопкового жмыха, в процессе биосинтеза ряда антибиотиков, в частности, эритромицина [99].

Разработана технологическая схема производства фитина из хлопкового шрота [100]. Фитин содержит до 36 % связанной фосфорной кислоты и применяется в медицине для стимулирования роста и кроветворения.

Жмых хлопчатника рекомендуется использовать в качестве сырья для получения токоферола, являющегося природным антиокислителем [101].

6.4. АНТРАНИЛАТ ГОССИПОЛА

6.4.1. Характеристика побочной продукции

В ядре семян хлопчатника содержится специфический пигмент – госсипол. Госсипол – твердое кристаллическое вещество с температурой плавления 180...214°C, по своему химическому строению является сложным полифункциональным соединением с формулой $C_{30}H_{30}O_8$.

В средневолокнистых сортах хлопчатника, выращиваемого в России, содержание госсипола составляет от 0,5...0,8 до 1...1,2 % от массы ядра; в тонковолокнистых сортах – от 1,2 до 1,7 %. В перерабатываемых ежегодно семенах хлопчатника запасы госсипола достигают 15...20 тыс. тонн [15].

Госсипол содержится в сыром хлопковом масле и мисцелле, а также в жмыхах и шротах. В шелухе хлопчатника содержание госсипола по техническим условиям допускается в количестве до 0,02 %.

Технологической схемой комплексной переработки семян хлопчатника, действующей на ряде масложировых комбинатов, предусмотрен максимальный переход госсипола из семян в масло с последующим удалением его из масла с помощью антраниловой кислоты. При этом образуются соединения, нерастворимые в масле и в мисцелле, получившие условное наименование «антранилат госсипола». После отделения от масла методом фильтрации антранилат госсипола обезжиривают и сушат.

При извлечении госсипола антраниловой кислотой из форпрессовых масел и мисцелл получается два типа продуктов, отличающихся составом и свойствами в зависимости от содержания в них госсипола и фосфолипидов.

Антранилаты, получаемые при обработке низкогогосиполовых масел и мисцелл (содержание госсипола в масле 0,2...0,4 %, фосфолипидов – 1,75...2,5 %), содержат обычно около 2,2 % связанного фосфора и представляют собой преимущественно соединения, образовавшиеся в результате взаимодействия одной молекулы антраниловой кислоты с одной молекулой однозамещенных госсифосфолипидов. Из этого продукта может быть выделено до 17 % жирных кислот, до 24 % антраниловой кислоты, до 54 % госсипола и его производных. Указанный продукт нетоксичен и в небольших дозах оказывает стимулирующее действие на рост молодых животных и уменьшает их отсев за счет различных заболеваний.

Антранилаты, получаемые при обработке высокогосиполовых форпрессовых масел и мисцелл (содержание госсипола в масле 1,2...1,8 %, фосфатидов – 0,8...1,0 %), содержат около 1 % связанного фосфора и представляют собой смесь продуктов взаимодействия антраниловой кислоты с госсиполом и однозамещенными госсифосфолипидами. В этой смеси содержится более 50 % дигоссипола, который легко гидролизуеться щелочами и минеральными кислотами с образованием свободного госсипола и свободной антраниловой кислоты. При обработке его крепкими растворами минеральных кислот образуются растворимые в органических растворителях пластичные вещества, пропитка которыми бумажных масс значительно увеличивает их стойкость к высоким температурам [102].

Выход обезжиренного антранилата госсипола к массе форпрессового масла (по технологической схеме переработки семян хлопчатника форпрессование – экстракция) составляет 1 %. На 1 тонну семян хлопчатника, перерабатываемых экстракционными заводами по схеме форпрессование – экстракция с выведением госсипола в масло, получают 1,33 кг антранилата госсипола [15].

6.4.2. Области применения

- *Химико-фармацевтическая промышленность* [15]

Антранилат госсипола может использоваться в качестве антиоксиданта в нефтехимической промышленности, поглотителя кислорода, а также при производстве некоторых марок синтетического каучука, лекарственных веществ, полимеров, антисептиков, антиоксидантов.

6.5. ФОСФАТИДНЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ

6.5.1. Характеристика побочной продукции

Фосфатидные (фосфолипидные) концентраты являются побочными продуктами, образующимися при гидратации растительных масел с последующей их обработкой.

Фосфолипиды составляют наиболее сложную и ценную группу полярных липидов, сопутствующих маслам. В масличных семенах они локализованы преимущественно в нежировой фазе в свободном и связанном с белками и углеводами состоянии. В зависимости от способов и режимов получения растительных масел степень извлечения фосфолипидов из масличного сырья составляет от 20 до 90 % (табл. 1.18).

Таблица 1.18

Содержание фосфолипидов в маслах [103]

Способ получения	Массовая доля фосфолипидов, % в пересчете на стеароолеолецитин			
	Подсолнечное масло	Рапсовое масло	Хлопковое масло	Соевое масло
Прессование	0,3...0,7	0,4...0,7	0,8...1,6	1,2...1,3
Экстракция	0,7...1,2	0,7...1,3	1,4...2,8	1,0...6,0

Фосфолипиды присутствуют в маслах сравнительно в небольших количествах, но благодаря своей активности они оказывают существенное влияние на качество масла и его свойства.

Необходимость извлечения фосфолипидов из нерафинированного масла перед его дальнейшей промышленной переработкой связана со следующими причинами [103]:

1) фосфолипиды неустойчивы в нерафинированном масле, содержащем даже незначительное количество влаги (0,1...0,2 %), и при его хранении частично отделяются, образуя осадок;

2) на тех стадиях рафинации, где используется вода или водные растворы, они стабилизируют эмульсии, в результате чего возникают трудности при разделении фаз;

3) при отбеливании некоторые фосфолипиды сорбируются поверхностью сорбента, что приводит к увеличению его расхода;

4) в процессе гидрогенизации масел фосфолипиды взаимодействуют с поверхностью катализатора, снижая его активность, и осложняют последующее отделение катализатора от гидрируемого жира отстаиванием или фильтрованием.

Учитывая высокие физиологические и пищевые достоинства фосфолипидов, а также их широкое применение в пищевой промышленности, медицине,

сельском хозяйстве и в других отраслях, предусматривается извлечение фосфолипидов с целью производства самостоятельного продукта, так называемого фосфатидного концентрата.

Выведение фосфолипидов с целью использования их в качестве самостоятельного товарного продукта осуществляется из соевого и подсолнечного масел по периодическим и непрерывным схемам. Гидратация фосфолипидов из хлопкового масла в настоящее время не производится. При обработке щелочью негидратированных масел фосфолипиды выводятся в soapstock и как самостоятельный продукт не используются.

Гидратация масел осуществляется путем обработки их водой с температурой 50...75°C, взятой в зависимости от вида масла и содержания фосфолипидов в количестве от 1 до 5 % к массе масла. Образующийся при этом осадок – фосфолипидная эмульсия – затем отделяется и далее подвергается обработке с целью получения фосфатидного концентрата.

Фосфатидный концентрат получают выпариванием фосфолипидной эмульсии. В эмульсии, в зависимости от схемы гидратации, содержится: 55...75 % влаги, 15...30 % фосфолипидов, 15...20 % масла. Фосфолипидная эмульсия подается на высушивание немедленно, чтобы предотвратить возникновение и протекание гидролитических, окислительных и микробиологических процессов во влажном продукте [103].

Для сохранения качества фосфолипидов высушивание осуществляется при температуре 75...90°C под вакуумом при давлении 2,66 кПа. При этом наблюдается отгонка части свободных жирных кислот и одорирующих веществ, что обеспечивает повышение качества получаемого концентрата. Для высушивания фосфолипидной эмульсии используют роторно-пленочные сушильные аппараты непрерывного действия.

Присутствие остаточной влаги определяет структурно-механические свойства фосфатидного концентрата. Только при влажности ниже 1 % концентрат имеет текучую консистенцию, что является важным показателем и позволяет расширить область применения фосфатидных концентратов, особенно в кондитерской промышленности.

Фосфатидный концентрат, полученный по стандартной технологии, может быть дополнительно «подработан» для получения продукта с более высокими качественными показателями. Для этого фосфатидный концентрат обрабатывается перекисно-ферментной системой с последующим перерастворением в дезодорированном масле. Это позволяет получить фосфатидный концентрат с кислотным числом масла, выделенного из него, менее 10 мг КОН/г, цветным числом – не более 3 мг I₂. В результате получение фосфатидного концентрата на маслодобывающих заводах позволяет увеличить выход масла в основном процессе и получить полноценный многофункциональный продукт.

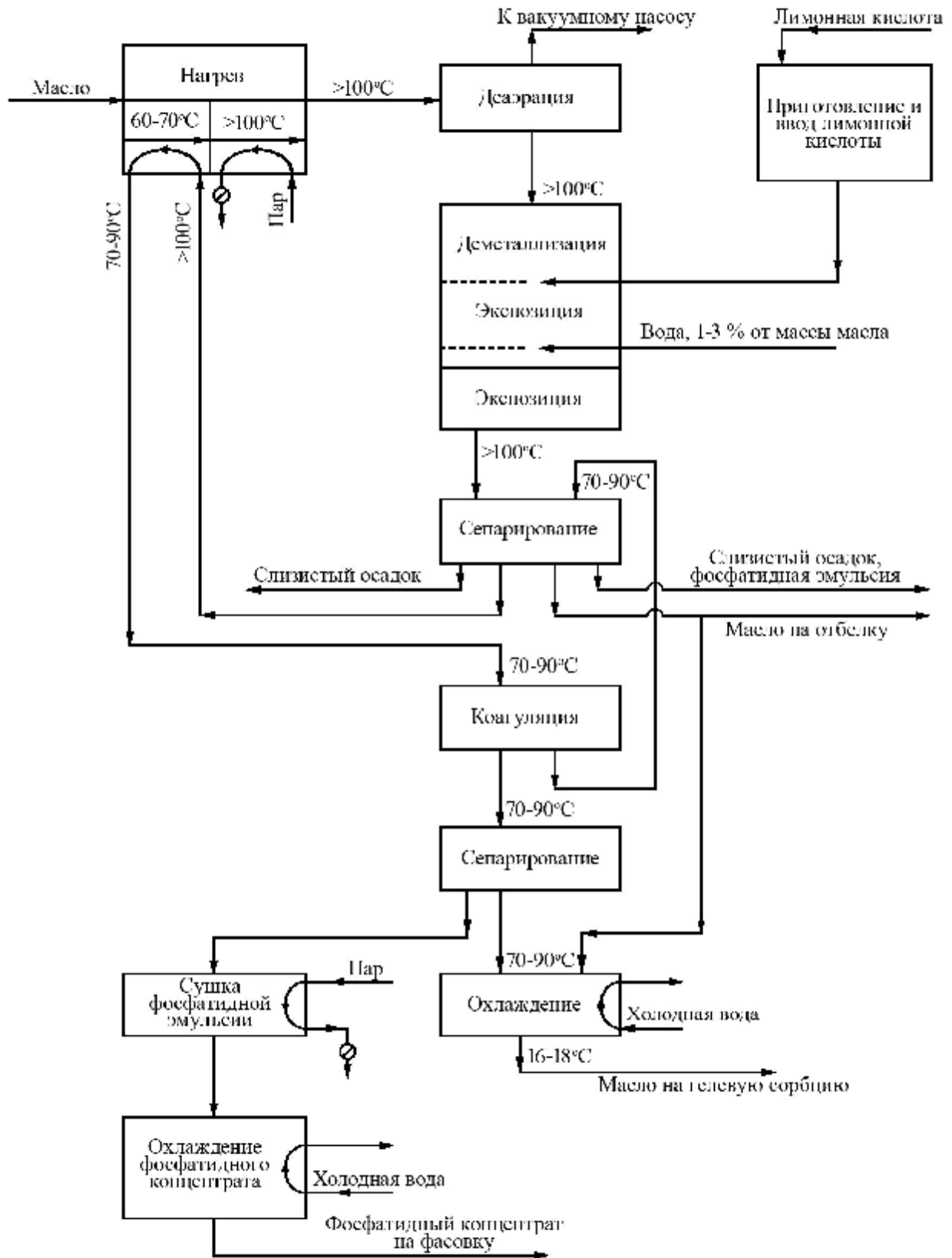


Рис. 1.8. Функциональная схема гидратации растительных масел с получением высококачественных фосфатидных концентратов

Специалистами ООО «Экотехпром» разработана и запатентована новая технология гидратации с получением высококачественных гидрированных масел и фосфатидных концентратов [104]. Технология позволяет получать фосфатидные концентраты, отличающиеся повышенным содержанием фосфатидов, высокой стабильностью эмульсии и низкой цветностью. Функциональная схема нового способа гидратации подсолнечных и соевых растительных масел представлена на рис. 1.8. В основу положена схема кислотной гидратации масла, которая дополнена узлами деаэрации масла и сушки фосфатидной эмульсии.

Качественные показатели фосфатидных концентратов, должны соответствовать ТУ 9146-009-00333693-97 «Концентрат фосфатидный» и ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные». Некоторые физико-химические характеристики пищевых и кормовых фосфатидных концентратов представлены в табл. 1.19. Средняя норма образования фосфатидных концентратов для подсолнечного масла составляет 8...10 кг на 1 тонну масла, подвергаемого гидратации [15].

6.5.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность*

Фосфатидные кормовые концентраты вводятся как биологически ценные добавки в комбикорма для животных и птиц. Фосфатиды существенно влияют на липидный обмен, играя решающую роль в использовании и транспортировании жиров в организме животных, принимают участие в свертывании крови, процессах гемолиза, агглютинации, оседания эритроцитов. Они способны удерживать холестерин крови во взвешенном состоянии, обладают антиокислительными, синергетическими, эмульгирующими и влагоудерживающими свойствами. В фосфатидах наиболее полезным считается лецитин, который одновременно является фосфорной подкормкой. Его следует ставить в ряд основных пищевых веществ, таких как белок, жиры, углеводы, соли, вода. Холин, входящий в состав фосфатидов, относится к группе витаминов В и играет большую роль в обменных процессах печени, предотвращая ее перерождение.

По содержанию полезных веществ 1 кг фосфолипидов эквивалентен 10 кг жмыха. При добавлении фосфатидов в количестве 2,1 % к сухому веществу шротов и доведении содержания жира в них до 3 % наблюдался прирост веса молодняка, увеличение продуктивности у коров, повышение содержания жира и витамина А в молоке, увеличение депонирования витамина А в печени. Добавление фосфатидов в травяную муку в количестве 1...3 % позволяет увеличить сохранность каротина по сравнению с необогащенной фосфатидами травяной мукой в 1,5...3 раза. Кормовые фосфатиды скармливаются курам в количестве 2...3 % от сухого вещества корма. Введение фосфатидов в рацион поросят-отъемышей улучшило усвоение не только жира, но и других компонентов рациона.

Таблица 1.19

Качественные показатели фосфатидных концентратов [103]

Показатели	Пищевой концентрат		Кормовой концентрат
	высший сорт	первый сорт	
Цветное число, мг йода, не более	10	18	Не нормируется
Массовая доля фосфолипидов, %, не менее	60,0	55,0	40,0
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	1,0	1,0	3,0
Массовая доля масла, %, не более	40,0	45,0	60,0
Массовая доля веществ, нерастворимых в этиловом спирте, %, не более	1,5	2,0	5,0
Кислотное число масла, выделенного из фосфатидного концентрата, мг КОН/г, не более	10,0	18,0	25,0

Концентрат также используется предприятиями мясомолочной промышленности при изготовлении заменителя цельного молока для выпоя телят. Для этих целей во ВНИИЖ разработана и освоена в производстве жировая добавка "Зацемол" [105].

- *Пищевая промышленность*

Фосфатидные пищевые концентраты используются в качестве эмульгаторов при производстве маргарина, изготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий [106] и для других пищевых целей.

Концентрат используется в качестве частичного заменителя масла какао при производстве шоколадных конфет и шоколада. Введение фосфатидного концентрата в рецептурный набор шоколадной массы в количестве 0,4 % от массы (или 4 кг на 1 тонну шоколада) позволяет экономить от 25 до 45 кг импортного какао-масла, цена которого в 14 раз выше цены на фосфатидный концентрат. При годовом выпуске шоколада, в котором фосфатидным концентратом может быть заменено 8000 тонн какао-масла, расход концентрата составит 32 тонны. Применение фосфатидного концентрата не требует дополнительных капиталовложений и увеличения текущих затрат; не изменяется также качество шоколадных изделий и их сортность [15].

Фосфатидный концентрат вводят в колбасный фарш для улучшения физиологических свойств колбасных изделий в количестве 1 % от массы фарша. Концентрат предварительно растворяют в воде при температуре 40...45°C в соотношении 1:6...1:8, затем охлаждают до 2...4°C и вводят в колбасный фарш при куттеровании [107].

Фосфатидные концентраты служат для получения пищевых растительных фосфолипидов. Пищевые растительные фосфолипиды являются новым продуктом и отличаются от фосфатидных концентратов более высокими физико-химическими показателями, повышенной поверхностной активностью и антиоксидантными свойствами. Качественные показатели пищевых растительных фосфолипидов, соответствующие ТУ 46-006-003781185-93, представлены в таблице 1.20.

Таблица 1.20

Качественные показатели пищевых фосфолипидов [103]

Показатели	Растительные фосфолипиды высшего сорта	Растительные фосфолипиды первого сорта
Цветное число, мг йода, не более	5	10
Массовая доля фосфолипидов, %, не менее	60,0	55,0
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	1,0	1,0
Массовая доля масла, % не более	40,0	45,0
Массовая доля веществ, нерастворимых в этиловом спирте, %, не более	1,5	2,0
Кислотное число масла, выделенного из фосфатидного концентрата, мг КОН/г, не более	10,0	18,0
Перекисное число масла, $\frac{1}{2}$ ммоль О/кг, не более	5,0	10,0
Межфазное натяжение 0,2 % раствора продукта в модельном масле на границе с водой при температуре 45°C, 10^3 Н/м	10,0	10,0

В результате исследований, проведенных Институтом питания РАМН, было установлено, что пищевые растительные фосфолипиды обладают высокой биологической активностью, проявляющейся в благоприятном воздействии на липидный обмен, функциональное состояние печени, в снижении гиперхолестеринемии, повышении антиоксидантного потенциала организма [108]. Благодаря указанным свойствам можно существенно расширить область традиционного использования фосфатидных концентратов и рассматривать пищевые рас-

тительные фосфолипиды как ценный профилактический пищевой продукт, как биологическую добавку при производстве диетических пищевых продуктов. Перспективным направлением также является разработка лекарственных препаратов.

Специалистами Кубанского государственного технологического университета разработана технология получения биологически активной добавки «Витол», которая представляет собой высокоочищенные фосфолипиды подсолнечника (не менее 95 %). Добавка производится из фосфатидных концентратов, которые вырабатываются на ЗАО «Лабинский МЭЗ». Технология производства добавки (рис. 1.9) заключается в прямой экстракционной очистке растительных фосфолипидов, полученных при переработке семян подсолнечника, и включает в себя стадии экстракции и дистилляции, а также стадию получения очищенного продукта [109].

На первой стадии продукт извлекается в экстракторе 7 из подготовленного гидратационного осадка, смешанного с моноглицеридом. Из экстрактора выходят ацетоновая мисцелла и пастообразный обезжиренный лецитин. Дистилляционная стадия состоит в отгонке растворителя из мисцеллы, полученной на стадии экстракции, и в рекуперации ацетона. При этом отделенный от мисцеллы ацетон собирается в емкости 15 и направляется в экстрактор для повторного использования. Стадия получения очищенного продукта – заключительная в процессе получения БАД «Витол» – реализована в вакуумной установке 14 для отгонки ацетона из пастообразного материала, выработанного на экстракционной стадии [110].

Биологически активные добавки серии «Витол» включают все физиологически ценные группы фосфолипидов, а также минеральные вещества. Кроме этого, они отличаются высоким содержанием фосфатидилэтаноламинов и фосфатидилсеринов, способных образовывать стойкие эмульсии обратного типа. Они могут быть использованы как в качестве самостоятельного препарата, так и в составе функциональных продуктов, обладающих иммуномодулирующими и адаптогенными свойствами. Разработаны рецептуры сухих смесей для приготовления функциональных напитков для школьного питания, включающих растительные фосфолипиды, а также сбалансированный комплекс витаминов и минеральных элементов [111]. БАД «Витол-ФЭИ» может использоваться в качестве рецептурного компонента спредов, позволяющего восполнить дефицит в их составе эссенциальных жирных кислот, фосфолипидов и жирорастворимых витаминов [112].

На Нижегородском масложировом комбинате вырабатывается пищевой растительный фосфолипидный продукт «Тонус». Он производится из свежеработанных пищевых растительных фосфолипидов (подсолнечных, подсолнечных высокоолеиновых и соевых) и рафинированных дезодорированных растительных масел (подсолнечных, подсолнечных высокоолеиновых и соевых) при соотношении фаз фосфолипиды : масло, равном 45 : 55. Продукт предназначен

для непосредственного употребления в пищу (в количестве 10 г в сутки) и изготовления кондитерских и хлебобулочных изделий в домашних условиях.

Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность и эффективность применения фракционированных фосфолипидных продуктов, полученных из подсолнечных активированных фосфолипидов, для создания и формирования потребительских и физиологически функциональных свойств пищевых эмульсий – майонезов и маргаринов [113]. Разработаны рецептуры диетических фосфолипидных продуктов серий «Тонус», «Холин» и «ФЭИС», обладающих выраженными медико-биологическими свойствами. Кроме того, получаемые эмульсии имеют высокую степень дисперсности и, следовательно, обеспечивают лучшую усвояемость предлагаемого продукта [114].

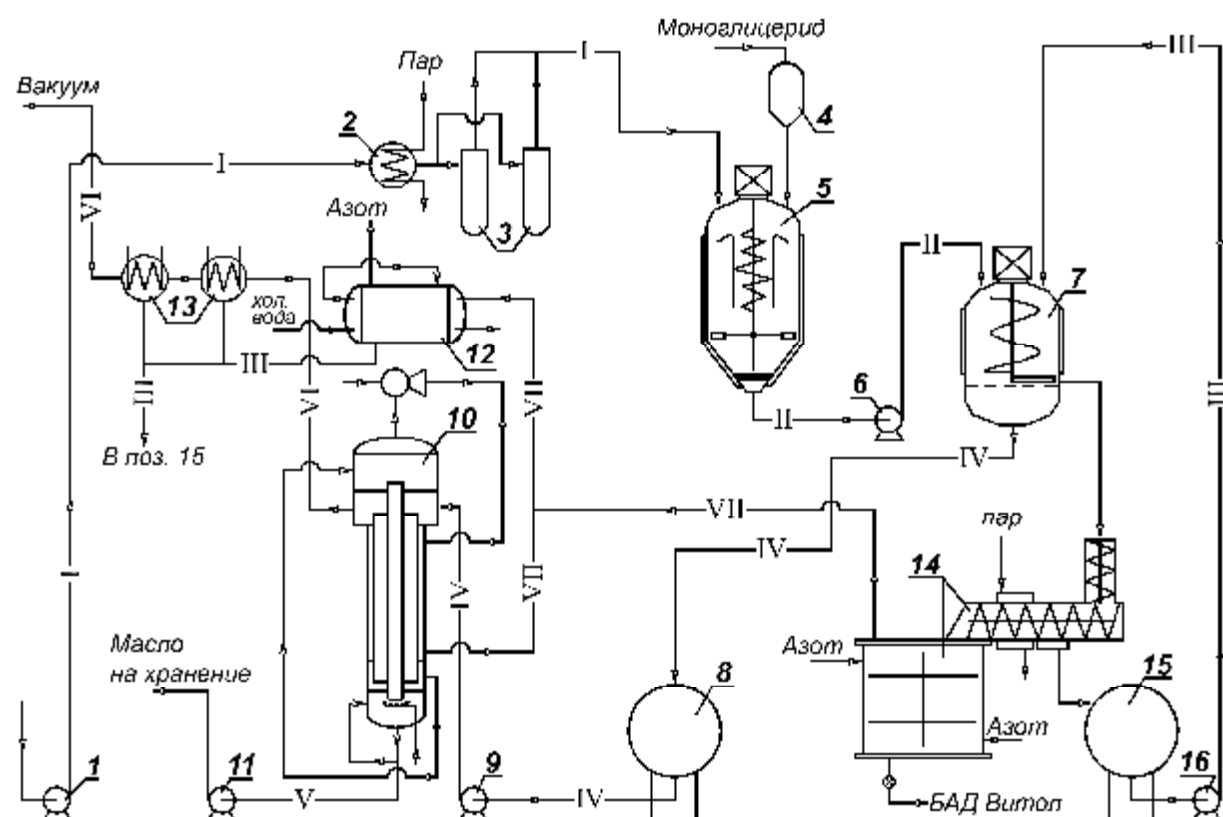


Рис. 1.9. Технология получения БАД «Витол»: 1, 6, 9, 11, 16 – насосы; 2 – паровой подогреватель; 3 – фильтр; 4 – бак с моноглицеридом; 5 – предэкстрактор; 7 – экстрактор; 8, 15 – емкости; 10 – дистиллятор; 12 – парогазовый конденсатор; 13 – блок конденсаторов; 14 – установка для отгонки ацетона. Обозначение потоков: I – гидратационный осадок; II – раствор гидратационного осадка с моноглицеридом; III – ацетон; IV – мисцелла; V – масло; VI – пары ацетона; VII – смесь паров ацетона с азотом.

Рапсовые активированные фосфолипиды целесообразно применять в качестве эмульгаторов маргариновых и майонезных эмульсий [115], а также в рецептурах функциональных продуктов, обладающих антиоксидантными свойствами [116].

Кроме того, пищевые растительные фосфолипиды успешно применяют в качестве разжижителей шоколадных масс, улучшителей муки при производстве хлебобулочных и макаронных изделий, стабилизаторов жележных кондитерских продуктов [103].

- *Парфюмерно-косметическая промышленность*

В настоящее время на основе подсолнечных и соевых фосфатидных концентратов создано производство лецитина, который ранее изготавливался из яичного желтка. Организация производства растительного лецитина позволила высвободить значительное количество яиц для пищевых целей, а также исключить их отходы в виде белка яиц [15].

Лецитин, содержание которого в фосфатидном концентрате составляет более трети, является важнейшим из фосфолипидов по биологической ценности. Лецитин принимает участие в обмене жирных кислот в организме, входит в состав белково-липидных комплексов – липопротеидов. Стойкость его к кислотам и щелочам дает возможность получать устойчивые эмульсии в широком диапазоне pH [117].

Получаемый из растительного сырья лецитин успешно используется в парфюмерной и медицинской промышленности в качестве эмульгатора смягчающего действия [118].

Предложены жидкие и густые кремы, лосьоны, косметические маски, шампуни, ополаскиватели, губные помады, тени для век и другие продукты, содержащие растительные фосфолипиды. Фосфолипиды, обладающие свойствами амфотерных ПАВ, улучшают коллоидную устойчивость изделий, а также оказывают смягчающее, увлажняющее и питающее действие на кожу.

Фосфолипиды для этих целей выделяют из соевого, сурепного, подсолнечного и хлопкового масел [119].

Предложены зубные пасты, содержащие в качестве антикариесных добавок 0,5...4 % фосфолипидов [120].

- *Химико-фармацевтическая промышленность*

Растительные фосфолипиды используют в производстве лекарств для внутреннего применения в качестве гидрофильных эмульгаторов, дающих устойчивые эмульсии. Полученные лекарственные формы обладают более высокой биоусвояемостью, чем исходные.

Фосфатидный концентрат может быть использован для производства противораковых лекарственных препаратов. При этом добавление фосфолипи-

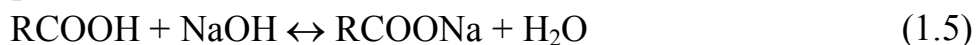
дов к основным лекарственным средствам позволяет получить в 10 раз более активные, менее токсичные препараты, которые можно рекомендовать к применению в повышенных дозах [121].

6.6. СОАПСТОКИ

6.6.1. Характеристика побочной продукции

Соапстоки – это продукты взаимодействия свободных жирных кислот, триглицеридов и других омыляемых примесей со щелочными растворами.

Образование соапстоков происходит в процессе нейтрализации жиров или так называемой щелочной рафинации. Свободные жирные кислоты, содержащиеся в маслах, взаимодействуют с водными растворами щелочей на границе раздела фаз жир-вода по схеме [103]:



В результате нейтрализации образуются соли жирных кислот – мыла. Мыла щелочных металлов растворимы в воде с образованием коллоидных растворов. Эти растворы мыл, которые образуются при проведении щелочной рафинации в производстве, и называются *соапстоки* (*мыльный сток*).

Соапстоки имеют сложный и непостоянный состав. Они содержат влагу, мыло, образовавшееся в результате омыления свободных жирных кислот и нейтрального жира, увлеченный нейтральный жир (масло), глицерин, фосфолипиды, красящие вещества, избыток щелочи и другие компоненты. Нормативные значения показателей качества соапстоков, соответствующие ТУ 10-01-02-8-91, приведены в табл. 1.21.

Таблица 1.21

Основные показатели соапстоков
из различных масел и жиров [122]

Показатель	Нормативное значение показателя соапстока		
	Из светлых масел	Из хлопкового масла	Из саломаса и животных жиров
Массовая доля общего жира, %, не менее	25	35	25
Массовая доля ЖК*, %, не менее	15	Не определяется	15
Массовая доля ЖК и нежировых веществ, %, не менее	Не определяется	30	Не определяется
*Под ЖК (жирными кислотами) в соапстоках из светлых масел, саломасов и животных жиров подразумевают ЖК, связанные в виде натриевых солей.			

Жир, содержащийся в отделенном от масла соапстоке, состоит из свободных жирных кислот, извлеченных из масла в виде мыла, жирных кислот омыленного щелочью жира также в виде мыла – J_k и из нейтрального жира – $H_{ж}$. Жир в соапстоке (в % к его массе) обуславливает жирность соапстока.

Выход соапстока в пересчете на содержание жира зависит от вида и сорта масла, подвергаемого рафинации, и от применяемой технологии. Ориентировочно количество образующегося на российских предприятиях побочного продукта составляет 92000 т/год.

Широкий ассортимент перерабатываемых масел и жиров, а также применение при их нейтрализации различных технологических схем обуславливают получение соапстоков различного состава (табл. 1.22).

Таблица 1.22

Характеристика соапстоков [103]

Способ рафинации	Содержание общего жира, %	Соотношение $H_{ж} : J_k$ (средний показатель)
Непрерывный:		
а) в мыльно-щелочной среде	12...20	1 : 10
б) с разделением фаз на сепараторах	15...25	1 : 4
в) эмульсионный (хлопковое масло)	35...45	1 : 2
Периодический	35...45	1 : 1
Периодический с водно-солевой подкладкой	8...10	1 : 4

В зависимости от жирно-кислотного состава, а также применяемой концентрации раствора щелочи изменяются и свойства соапстоков, в частности, их структура и вязкость. Чем выше в соапстоке содержание связанных жирных кислот и триглицеридов, тем выше их вязкость. При рафинации в мыльно-щелочной среде и с водно-солевой подкладкой получают низкоконцентрированные соапстоки, использование которых невыгодно, особенно в случае их транспортировки на другие (мыловаренные) заводы, поэтому их подвергают концентрированию непосредственно в цехах рафинации.

Наиболее простой способ концентрирования соапстоков – это высаливание мыла хлоридом натрия. Выделившееся концентрированное (соапсточное) ядро используют. Этот способ в настоящее время применяется редко.

Более широкое распространение получил способ обработки разбавленных соапстоков минеральными кислотами, преимущественно серной.

Предварительно соапсток подвергают доомылению щелочью для перевода нейтрального жира в мыло и только после этого его направляют на разложе-

ние серной кислотой. Различают два метода омыления соапстоков – клеевой метод и посредством ядра [103].

В первом случае в нагретый до температуры кипения соапсток вводят 30...40 % раствор каустической соды. Процесс доомыления ведут в течение 4 часов. В омыленной массе должно содержаться 0,2...0,25 % свободной щелочи, не исчезающей после 30-минутного контрольного кипения. Затем полученную клеевую массу без отстоя передают на разложение серной кислотой.

Второй метод заключается в доомылении соапстоков раствором каустической соды такой же концентрации с последующим отсаливанием мыльной массы сухой поваренной солью и разделением фаз на ядро и подмыльный щелок. Ядро направляют на мыловарение или на разложение серной кислотой.

Омыленные соапстоки направляют на разложение серной кислотой. В результате разложения мыла выделяется смесь жирных кислот и нейтрального жира, называемая *соапсточными липидами*:



Соапсточные липиды находят широкое применение в народном хозяйстве, поэтому к ним предъявляются высокие требования: они должны содержать минимальное количество примесей – неразложенного мыла, свободной минеральной кислоты, зольных элементов.

Для достижения требуемого качества необходимо соблюдать следующие условия: разложению подвергать разбавленные соапстоки (с концентрацией 5...10 %); использовать при обработке соапстоков разбавленную серную кислоту (с концентрацией 5...10 %); процесс вести при интенсивном перемешивании.

В целом технологический процесс разложения соапстоков состоит из следующих основных стадий [103]:

- 1) разбавление соапстоков и серной кислоты до концентрации 5...10 %;
- 2) дозирование и смешение мыльных растворов и серной кислоты;
- 3) разложение мыла;
- 4) разделение образовавшихся фаз: соапсточные липиды – кислые воды;
- 5) промывка соапсточных липидов водой для удаления серной кислоты;
- 6) нейтрализация кислых вод раствором карбоната натрия.

Для большинства способов применяются следующие технологические режимы: температура 85...90°C, концентрация соапстока перед разложением 5...10 %, концентрация серной кислоты 5...10 % при избытке против теоретически необходимого количества не более 10 %, количество воды для промывки соапсточных липидов 10...20 %, концентрация раствора карбоната натрия для нейтрализации кислых вод 10 %.

Схема разложения соапстоков с разделением фаз на сепараторах представлена на рис. 1.10.

Соапсток поступает в бак 1, снабженный мешалкой, где разбавляется до концентрации 5...10 % кислой водой, отделяемой на сепараторе 4, и подогревается. Из бака 1 соапсток направляется в смеситель 13. Одновременно из бака 2 через ротаметр подается серная кислота. Полученная смесь насосом 12 перека-

чивается в экспозитор 3 с мешалкой, в котором заканчивается реакция разложения мыла.

Смесь липидов и кислой воды насосом 11 направляется на сепаратор 4 для разделения. Выделенные мыльничные липиды отводятся в бак 6, из которого насосом 9 подаются после промывки потребителю. Водный кислый раствор частично используют для разбавления мыльничного стока в баке 1 и серной кислоты, остальную направляют в жироловушку 10, где его нейтрализуют раствором карбоната натрия, который готовят в баке 7 и через напорный бак 5 и дозатор 8 подают в последнюю секцию жироловушки.

Все коммуникации, арматура, насосы и оборудование, имеющие контакт с раствором серной кислоты и жирными кислотами, выполняются из коррозионно-стойкого материала.

Сырые жирные кислоты, полученные при разложении мыльничных стоков серной кислотой, для улучшения их качества подвергают дистилляции или ректификации.

Традиционные методы концентрирования мыльничных стоков характеризуются высоким расходом реагентов, а также образованием сильно загрязненных сточных вод. Концентрация жиров в этих сточных водах превышает норму в несколько раз, кроме того, возникает необходимость их очистки от хлоридов и сульфатов.

Альтернативой традиционным методам концентрирования является мембранная технология на базе ультрафильтрационных установок. Эксперимен-

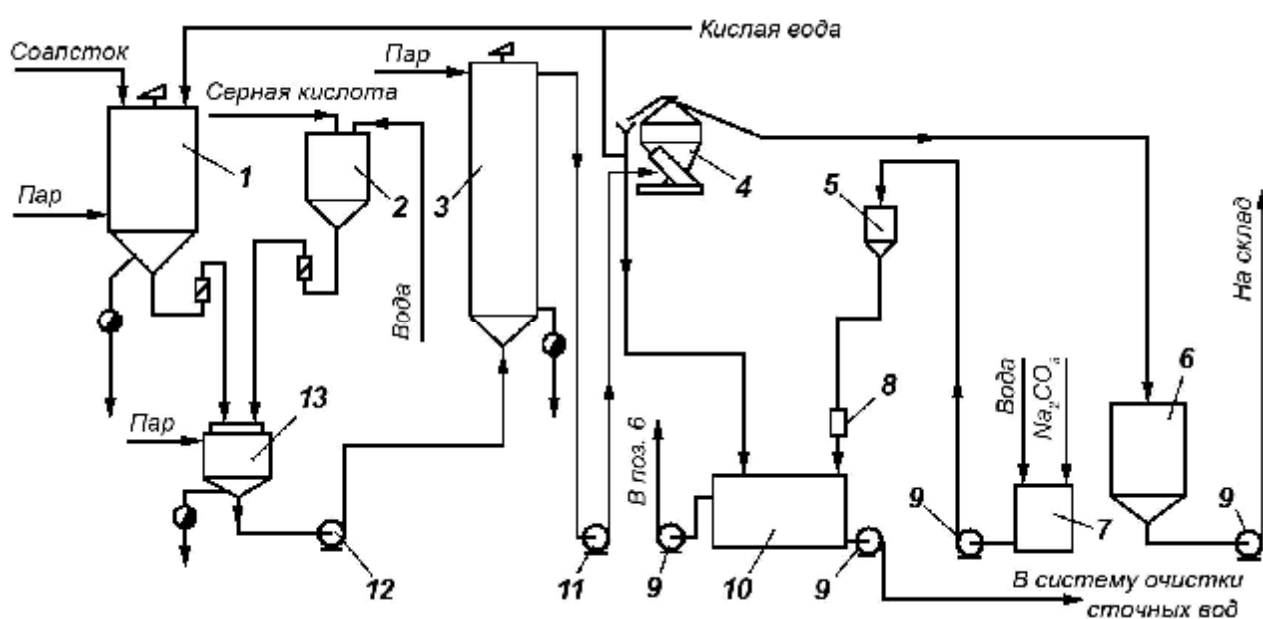


Рис. 1.10. Технологическая схема разложения соапстоков с разделением фаз на сепараторах [102]

тальные исследования на пилотной установке (рис. 1.11) доказали возможность концентрирования соапстоков светлых масел с любых концентраций до 25 % на трубчатых керамических мембранах [122].

Соапсток разделяется путем отстоя на два слоя – жировой и эмульсионный – с последующим концентрированием эмульсионного слоя пропусканьем его через ультрафильтрационную мембрану с размером пор 100...300 Å, при давлении 4...6 атм, температуре пропускаемой через мембрану эмульсии 70...90°C и скорости пропускания слоя через мембрану 3 м/с. Концентрированный слой передается в предварительно выделенный жировой слой с получением соапсточного концентрата [123]. Применение данной технологии позволяет обрабатывать соапстоки без использования каких-либо реагентов. Кроме того, ультрафильтрационные установки могут быть интегрированы в процесс рафинации, где будут одновременно выполнять технологические функции и исключать образование сильно загрязненных сточных вод.

Одной из наиболее эффективных технологий рафинации подсолнечных масел семян новых высокомасличных сортов является технология холодной рафинации, при использовании которой происходит комплексное удаление из масел сопутствующих веществ – фосфолипидов, свободных жирных кислот, восков и воскоподобных веществ. Побочным продуктом при ее реализации является фосфолипидно-гелевосковой соапсток (ФГВС). Наличие в составе кремниевых кислот, воскоподобных веществ и фосфолипидов (табл. 1.23) выгодно отличает ФГВС от соапстоков, получаемых по традиционным технологиям рафинации, в составе которых преобладают натриевые соли жирных кислот и нейтральные липиды [124].

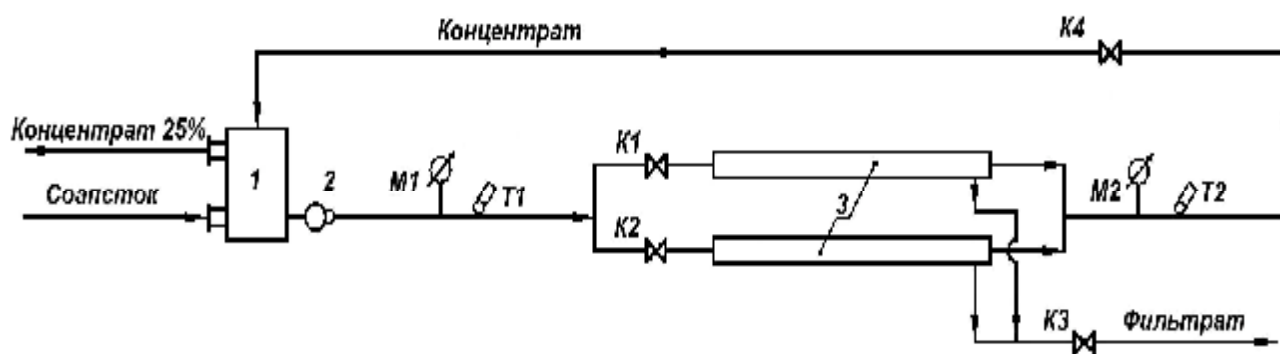


Рис. 1.11. Схема ультрафильтрационной пилотной установки на керамических мембранах: 1 – емкость; 2 – центробежный насос; 3 – керамические трубчатые мембраны; T1, T2 – датчики температуры; M1, M2 – датчики давления; K1...K4 – краны

6.6.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность*

Соапсток представляет собой ценную биологическую добавку, т. к. содержит соли жирных кислот, фосфатиды, а также такие биологически активные вещества, как холин, токоферолы, каротиноиды.

Таблица 1.23

Физико-химические показатели ФГВС [123]

Компонент	Содержание, %
Общий жир	35...45
В том числе:	
нейтральные липиды	≤ 20
свободные жирные кислоты	≥ 10
неомыляемые липиды (в том числе воски и воскоподобные вещества)	5...10
фосфолипиды	< 10
Влага и летучие вещества	40...60
Вещества, нерастворимые в петролейном эфире	5...12

Соапсток в рационах животных дозируется по количеству жира. В 1 кг соапстока содержится 8500...8700 ккал обменной энергии, что отвечает энергии 3,4 кг концентрированных кормов. Кормовая ценность 1 кг жира для жвачных животных составляет 3 к. е., а для свиней и птиц – 3,5 к. е. Важная роль принадлежит жирам в витаминном питании и водном обмене: они способствуют всасыванию и депонированию жирорастворимых витаминов. При расщеплении 100 г жира в организме животных образуется 107 г воды. Использование жиров улучшает вкусовые качества кормов и энергетическую ценность рационов, повышает эффективность использования азота (для синтеза бактериального белка в рубце) [105].

Соапсток, полученный в процессе рафинации подсолнечного масла, рекомендуется для использования в животноводстве в основном для обогащения жмыхов и шротов. В кормопроизводстве используют соапстоки с концентрацией 25...30 % [125].

Нейтрализованный высушенный соапсток (НВС), полученный при щелочной нейтрализации соевого масла, по ценности не уступает кормовому жиру. При введении НВС в количестве 4 % в стандартный рацион бройлеров вместо кормового жира позволило получить тушки с лучшим товарным видом за счет их пигментации. Это обусловлено тем, что кормосмесь с НВС содержит значительно больше ксантофиллов (200...300 мкг/г), чем кормовой жир (4 мкг/г).

В Польше были проведены исследования по использованию в кормовых целях жирных кислот, выделенных из соапстоков растительных масел. Энергетическая ценность 1 кг этих кислот соответствует 2,5 кормовым единицам. Их использование возможно в рационах бройлеров с целью уменьшения доли или замены импортной кукурузы более низкокалорийными зернофуражными культурами (например, пшеничной, ячменной, овсяной и ржаной дертью с добавлением 3 % жирных кислот из соапстоков) [105].

Предлагается из соапстоков непосредственно выделять белки с помощью ферментных препаратов и использовать в качестве белковых добавок в комбикорма [126].

Некоторое количество мыльно-щелочных растворов соапстоков с концентрацией 10...15 % может быть обработано раствором хлористого кальция для получения кальциевых солей жирных кислот, которые могут быть использованы в качестве жировой добавки в кормовой рацион животных и птиц (особенно при кальциевой недостаточности). Концентрат кальциевых солей жирных кислот (ККСЖК) рекомендован головными институтами в кормовой рацион птицам и свиньям. Кормовая ценность ККСЖК для бройлеров (в расчете на жир) лежит на уровне питательности кормовых жиров I и II сортов. Оптимальное количество введения ККСЖК в комбикорма для бройлеров составляет 2...4 % (в расчете на жир); при этом наблюдается увеличение их живой массы на 5...10 % по сравнению с контрольной группой. Положительные результаты были достигнуты и при кормлении крупного рогатого скота [16].

- *Химическая промышленность*

Соапстоки применяют в основном в мыловарении. При наличии мыловаренного цеха на самом предприятии их используют непосредственно, без предварительной обработки. При отгрузке на иногородние мылозаводы их упаривают до концентрации 25...30 %. В промышленных условиях на большинстве предприятий реализована переработка соапстоков в мылосодержащие продукты, в частности, в мыло хозяйственное, которое может быть использовано непосредственно для стирки и мойки или применяться для производства моющих средств и стиральных порошков [127].

Фосфолипидно-гелевосковые соапстоки (ФГВС) могут рассматриваться как ценная добавка в рецептуры твердых хозяйственных мыл, а также жидких и пастообразных моющих средств в качестве источника силиката натрия и пережиривающих добавок – восков и воскоподобных липидов. Введение ФГВС в рецептуру мыла приводит к улучшению ряда качественных показателей (пенообразующей способности, пластичности и др.), а также позволяет снизить себестоимость продукции за счет сокращения расхода жирных кислот [128].

Соапстоки с концентрацией 10...15 % часто направляются на доомыление и разложение серной кислотой. Образовавшаяся смесь поступает на дистилляцию, где получают товарные жирные кислоты: из соапстоков хлопкового масла – техническую олеиновую кислоту [15], из соапстоков касторового масла – себациновую кислоту [129], из соапстоков соевого масла – линолевую и линоленовую кислоты, которые служат исходным сырьем в производстве полимерных пленок [130].

Разработан способ разделения жирных кислот соапстока. Путем фракционирования жирных кислот с помощью ПАВ получают две фракции: жидкая фракция используется для производства лаков, сиккативов, твердая фракция – для производства мыла взамен саломаса [131].

На основе реакции алкоголиза возможно получение высокомолекулярных сложных эфиров – аналогов природных восков.

На основе электролиза соапстоков получены парафины [132].

Часть мыльно-щелочных растворов без дополнительной обработки может быть использована для производства осажденных сиккативов. Разработана и внедрена на предприятиях МЖП технология получения осажденных сиккативов на основе соапстоков, которая позволяет полностью исключить растительное масло из рецептуры сиккативов [133].

Соапстоки хлопкового масла могут быть использованы в качестве стабилизаторов в производстве поливинилхлоридных композиций в целях увеличения их термостабильности и светостойкости [134,135]. Введение модифицированных соапстоков ингибирует образование двойных связей и значительно снижает скорость термоокислительного распада.

- *Очистка сточных вод*

Соапстоки используют в качестве флотореагентов, флокулянтов для очистки сточных вод от нефтепродуктов, для производства неионогенных ПАВ, в качестве эмульгаторов, пластификаторов, смазочных веществ, гидравлических жидкостей, для производства пеногасителей и т.д. [136]. Так, например, для очистки сточных вод, содержащих механические примеси и ионы тяжелых металлов, вместо органических и неорганических коагулянтов использовали натриевую соль хлопкового соапстока и сернокислый аммоний. В зависимости от кислотности сточных вод натриевая соль соапстока ведет себя как ПАВ или флокулянт [137].

Полученные путем сульфирования жирных кислот хлопкового соапстока поверхностно-активные натриевые соли карбоновых кислот, обладающие высокой смачивающей способностью, термо- и химустойчивостью против гидролиза, используются в составе моющих средств и при флотации руд [138].

- *Текстильная промышленность*

Разработан способ использования мыльно-щелочных растворов соапстоков светлых масел для водоотталкивающей отделки технических тканей без предварительной обработки соапстоков. Способ позволяет исключить использование для технических целей товарного хозяйственного мыла или синтетических жирных кислот, а также облегчает ведение технологического процесса нанесения водоотталкивающей пропитки. Разработанная технология опробована в производственных условиях на Житомирском комбинате технических тканей [15].

- *Нефтехимическая промышленность*

Соапстоки касторового масла используют в качестве смазочных добавок, заменяющих нефть в буровых растворах; в этом случае их предварительно упаривают до концентрации 25...30 %. По комплексу технологических и смазочных свойств обработка соапстоками пресных и слабоминерализованных буровых растворов не уступает обработке буровых растворов нефтью [139].

- *Топливная промышленность*

Возможно получение биодизельного топлива из соапстоков. Содержащиеся в соапстоке глицериды подвергаются гидролизу для выделения жирных кислот, которые после удаления воды этерифицируют метиловым спиртом в присутствии серной кислоты. Полученное топливо по качеству подобно обычному биодизельному топливу [140-142].

6.7. ОТРАБОТАННЫЙ ФИЛЬТРУЮЩИЙ ПОРОШОК

6.7.1. Характеристика отходов

Основную часть липидов лузги высокомасличного подсолнечника (более 60 %) составляют воскообразные вещества. Восковые вещества представляют собой сложные смеси с преобладающим содержанием растительных восков – эфиров высокомолекулярных жирных кислот и одноатомных (реже двухатомных) высокомолекулярных спиртов, спиртов каротиноидной природы (цветные воски). В восковую фракцию липидов входят также свободные высокомолекулярные жирные кислоты и спирты, стеролы, стерины, углеводы, лактоны, эстолипиды и другие высокоплавкие компоненты [103].

Современные условия маслодобыывания не обеспечивают достаточно полного отделения от ядра воскодержащих частей семени; в прессовых и экстракционных маслах из высокомасличного подсолнечника содержится соответственно 0,05...0,1 % и 0,08...0,4 % восков.

Наличие восковых веществ в масле в основном обуславливает степень его прозрачности. Вследствие высокой температуры плавления (32...98°C) вос-

ковые вещества образуют в масле при его охлаждении тонкую и очень стойкую взвесь кристаллов, так называемую сетку, существенно ухудшающую товарный вид масла. Ни одна из стадий рафинации масла (гидратация, щелочная нейтрализация, отбеливание, дезодорация) практически не приводит к выведению восковых веществ. Воски отрицательно влияют на технологические свойства жидких растительных масел (снижение фильтруемости, блокирование катализаторов гидрогенизации, вспенивание и эмульгирование масла при использовании в кулинарии). Из-за их наличия нельзя получить масло с хорошим товарным видом: при пониженной и умеренной температуре масла теряют прозрачность в результате выделения по всему объему мельчайших частиц восков [143].

Метод выведения восков из масла основан на охлаждении его до температуры 10...12°C (условно – «вымораживание»), выдержке при этой температуре и фильтрации. При фильтрации масел в качестве вспомогательного средства, облегчающего этот процесс, применяют фильтрующие порошки – кизельгур, перлит, содержащие до 75...80 % оксида кремния к массе сухих веществ. Количество образующегося отработанного фильтрующего порошка определяется видом используемого фильтрующего реагента. При использовании перлита отходов будет меньше, чем при использовании кизельгура (0,7 и 1,4 кг на тонну исходного масла соответственно). Потенциальные ресурсы отхода воска составляют 500 тонн в год [15].

Одним из вариантов утилизации отработанного кизельгура является его регенерация и повторное использование [144]. Однако кизельгур, являясь хрупким материалом, сильно измельчается в ходе регенерации, что приводит к некоторым трудностям при его последующем использовании (проскоки частиц материала в масло, короткое время фильтрации, закупорка фильтров) и, следовательно, к снижению качества готовой продукции. Поэтому регенерация отработанного кизельгура не приносит ощутимой прибыли и является вынужденной мерой.

6.7.2. Области применения

- *Комбикормовая промышленность*

Отработанные фильтрующие порошки рекомендуется использовать в качестве добавок к комбикормам на птицефабриках [15].

- *Технические цели*

В связи с большой народно-хозяйственной потребностью в восках целесообразно отработанные фильтрующие порошки обрабатывать растворителем для получения воска. На рис. 1.12 приведена принципиальная схема выделения воска из отработанного перлита [15].

Главным потребителем восков является парфюмерная промышленность. Воски применяются также для получения устойчивого глянца бумаги, входят в

состав различных полирующих паст, используются при изготовлении грифелей для карандашей. Кроме того, воски применяются для полировки металлических поверхностей перед их покраской. При этом воск заполняет микротрещины на поверхности металла и служит в качестве антикоррозионного средства. Натуральные воски находят применение в мыловаренной, фармацевтической и полиграфической промышленности. Восковые спирты, получаемые при расщеплении восков, используются при приготовлении косметических и фармацевтических препаратов.



Рис. 1.12. Схема выделения воска из фильтрующего порошка

6.8. ОТРАБОТАННЫЕ ОТБЕЛЬНЫЕ ГЛИНЫ

6.8.1. Характеристика отходов

Назначение отбелной земли заключается в удалении нежелательных побочных продуктов из триглицеридов, что приводит к улучшению внешнего вида, запаха и устойчивости конечного продукта. Если после отбеливания следу-

ют другие процессы (например, гидрогенизация), то отбеливание также способствует эффективному проведению этих технологических этапов, удаляя каталитические яды. Для осветления растительных масел и жиров используют активные отбеливающие глины, получаемые из природных бентонитовых глин – алюмосиликатов. Природные бентонитовые глины – алюмосиликаты состава $Al_2O_3 \cdot nSiO_2$ – имеют соотношение между оксидами алюминия и кремния от 1:2 до 1:4. В масложировой промышленности используют отечественную активную глину – асканит, а также импортные глины серии «Filtrol», поставляемые корпорацией Engelhard (Голландия), например, адсорбент F-160. Последний имеет состав: фулеровая земля (алюмосиликаты) – 95 %, остальное – оксид кремния [103].

Кафедрой технологии пищевых продуктов и биотехнологии Ивановского государственного химико-технологического университета совместно с представителями ООО «БМ» разработан модифицированный алюмосиликатный сорбент на основе сбалансированных фракций кремнезема и глинозема. Использование модифицированного сорбента позволяет более эффективно выводить из масел воски, свободные жирные кислоты, фосфорсодержащие вещества, остаточные количества никеля и меди, а также снизить время обработки масел [145].

Отбельные глины, так же как и другие жиросодержащие отходы МЖП, оцениваются в зависимости от количества содержащегося в них жира. Содержание масла в отработанных отбельных глинах в зависимости от их природы и типа фильтров может колебаться в пределах от 40 до 60 %. Это значение может быть уменьшено до 30...40 % за счет, например, продувки азотом или паром в ходе фильтрационного процесса.

Объем образования жирных глин составляет примерно 5...5,5 тыс. тонн (в пересчете на жиры) за год [15].

При хранении и транспортировке отработанной отбельной глины необходимо учитывать возможность самовоспламенения, которая зависит от типа и количества масла, а также типа земли. Это оказывает влияние на допустимость безрельсовой транспортировки, поскольку транспортировка отработанной земли навалом разрешается только для материалов с низкой степенью самовозгорания. Бестарная транспортировка самовоспламеняющейся отбельной земли допустима только при соблюдении необходимых мер предосторожности [146].

Одной из возможностей переработки отбельной земли является ее регенерация. В результате проведенных исследований был получен регенерированный материал, активность которого составляла около 80 % свежей отбельной земли. Однако отбельная земля, подлежащая регенерации, не должна содержать каких-либо фильтровальных присадок, активированного угля или щелочей [146].

6.8.2. Области применения

- *Масложировая промышленность*

Масла и жиры могут извлекаться из отработанных отбеливающих земель путем экстракции растворителями или растворимым щелоком натрия, и, в зависимости от качества, они могут использоваться как продукт питания для людей или как корм для животных, а также для технических нужд [144].

- *Комбикормовая промышленность*

Жирные бентониты рекомендуется добавлять в комбикорма и кормоприемеси, поскольку в их состав входят такие необходимые животному организму элементы, как железо, калий, кальций, натрий, сера, магний, марганец, в настоящее время дополнительно вводимые в рационы животных и птиц. Поглощаемые отбеливающей землей из масел вещества представлены жирорастворимыми витаминами, стеринами, каротиноидами, которые также относятся к ценным компонентам кормовых рационов [144].

Жирные отбельные глины, введенные в рацион свиней и птиц в количестве 3 % от сухой массы, увеличивают продуктивность животных на 11...15 %, а затраты кормов снижаются на 16...19 % [16].

Разработана и внедрена технология и установка обогащения кормовых смесей (подсолнечных и соевых шротов) отработанной глиной. Установлено, что обогащенные шроты обладают стабильными физико-химическими характеристиками при хранении [147].

- *Химическая промышленность*

Часть отбельных глин используется для выработки мыльных паст, которые содержат 14...16 % жирных кислот и имеют мягкую консистенцию. Они применяются на предприятиях металлообрабатывающей промышленности, на транспорте и в других отраслях, где требуются хорошие моющие средства для рук.

Отработанные отбельные глины могут быть использованы для выработки мыльной пасты «Пластификатор», предназначенной для приготовления растворов для смачивания форм при изготовлении железобетонных конструкций, а также в качестве добавки для штукатурных и кладочных растворов в строительстве [15].

Путем смешения окисленного битума с отработанными отбельными глинами в качестве наполнителя получают асфальтовые лаки [148].

Жирные отбельные глины могут быть использованы в качестве комплексного пластификатора – наполнителя в производстве переплетных материалов с нитроцеллюлозным, крахмально-каолиновым и латексным покрытием на разных основах [149].

Для улучшения свойств азотных удобрений в процессе их приготовления с целью повышения прочности гранул вводят отработанные отбеленные глины в количестве 1...10 % [150].

- *Кожевенная, меховая и обувная промышленность*

Получены положительные результаты по использованию отработанных глин в производстве искусственных ПВХ-кож с целью снижения расхода первичных дефицитных компонентов в технологии получения галантерейной вилискожи [151].

Проведены исследования по использованию в рецептурах подошвенных резин отработанных отбеленных глин для экономии дефицитного сырья. Показано, что при введении отработанных глин в резину марки «ВШ» улучшается весь комплекс физико-механических показателей [152].

- *Газовая промышленность*

Отмечена целесообразность использования отработанной отбеленной глины в производстве дешевого и эффективного эмульгатора для инвертных буровых растворов, применяемых в газовой промышленности [153].

- *Микробиологическая промышленность*

Введение отбеливающей земли в биогазовые реакторы положительно влияет на рост бактерий, что приводит к увеличению выработки биогаза [146].

- *Фарфорофаянсовая промышленность*

Рассмотрена возможность использования отработанных отбеленных глин в производстве грубой керамики. Введение отходов улучшает пластичность массы за счет наличия остаточного масла в глине, снижает потребляемую мощность пресса, обеспечивает отличное формование и равномерный обжиг изделий, что значительно повышает качество выпускаемой продукции [154].

- *Очистка сточных вод*

Для улавливания ионов ртути и других тяжелых металлов используют коллектор, который получают карбонизацией отработанной глины. Полученный коллектор в 4 раза более активен, чем активированный уголь [155].

- *Утилизация отходов*

При химической стабилизации и отверждении неорганических жидких отходов помехой часто служат присутствующие в отходах органические вещества. Для адсорбции органических веществ в ходе предварительной обработки жидких отходов предложено применять дешевый продукт – активированную отработанную отбеленную глину. Добавка глины в количестве 10 мас. % снижа-

ет выщелачивание органических веществ из отверждаемых образцов на 37 % и повышает механическую прочность на 240...1300 % [156].

- *Мелиорация земель*

Отбеливающая земля способствует улучшению качества почв благодаря наличию бентонита, который придает почвам хорошие водопоглощающие и влагоудерживающие свойства. Кроме того, бентонит удерживает в почве химические элементы, улучшая таким образом ее плодородие.

Отбеливающие земли, содержащие масло, могут также добавляться в растительные отходы для образования компоста (составного удобрения) [146].

- *Топливная промышленность*

Отработанные отбеливающие земли содержат до 60 % остаточного масла, поэтому они отличаются высокой теплоотдачей, сопоставимой с теплоотдачей бурого угля (лигнита). В связи с этим широко распространена замена дорогостоящего топлива отбельной глиной на цементных или кирпичных заводах. Отработанные земли, содержащие масло, могут вводиться в качестве минерального сырья и рационально использоваться как источник энергии [144].

Следует отметить, что при рабочей температуре обжиговой печи более 1000°C вредные выбросы в атмосферу отсутствуют [157].

6.9. ОТХОДЫ ДЕЗОДОРАЦИИ

6.9.1. Характеристика отходов

С каждым годом увеличиваются объемы масел и жиров, подвергаемых дезодорации. В погоны при дезодорации растительных масел и пищевого сала-маса частично отгоняются свободные жирные кислоты, нейтральный жир, немомыляемые вещества, в том числе физиологически ценные токоферолы, кальциферолы и стеролы, вещества, обуславливающие вкус и запах, а также различные антипитательные вещества. Количество погонов дезодорации составляет 0,15 % от массы дезодорируемого жира [15].

6.9.2. Области применения

- *Животноводство*

Погоны дезодорации могут быть использованы в качестве добавки при кормлении сельскохозяйственных животных как источник биологически активных веществ, влияющих на продуктивность, липидный обмен и репродуктивные функции животных. Кроме того, погоны могут быть использованы в качестве жировой добавки как источник сырого жира в виде эссенциальных жирных кислот [16].

Самым ценным компонентом погонов является α -токоферол (витамин E), который обладает сильными антиокислительными свойствами. Витамин E тормозит всасывание из пищеварительного тракта токсичных перекисей жирных кислот, а также играет особую роль в функции размножения животных, влияя на питание развивающегося плода.

В погонах дезодорации подсолнечного и соевого масел содержится соответственно 200 и 400 мг витамина E на 100 г погонов.

Введение токоферола в рационы молочных коров повышает качество молока и масла. Токоферол в рационе свиней способствует улучшению окислительной стойкости мяса и сала. Добавка токоферола из расчета 10 мг на 1 кг корма для кур-несушек увеличивает продукцию яиц на 10,5 % [16].

Имеется многолетний опыт использования погонов, полученных в результате дезодорации подсолнечного и соевого масла, в качестве добавок к корму норок. Добавка в рацион погонов стимулирует рост и развитие пушных зверей, увеличивает приплод и повышает ценность меховой продукции (опушенность).

6.10. ПОПУТНАЯ ПРОДУКЦИЯ И ОТХОДЫ ПРИ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ И ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ЖИРОВ

6.10.1. Технический жир

В процессе гидрирования жидких масел и жиров в каплеотделителе системы очистки водорода, отходящего из автоклавов, улавливается технический жир, так называемый «красный саломас», в количестве от 1 до 5 кг на тонну саломаса. Технический жир имеет следующий состав (в %): нейтральный жир 80...95, жирные кислоты 5...15, углеводы, альдегиды и прочие неомыляемые вещества 0...5.

Технический жир наряду с техническим саломасом используется непосредственно в мыловарении, либо направляется на дополнительное гидрирование (в технический саломас) [15].

6.10.2. Отработанный катализатор

Катализаторы, применяемые в гидрогенизационном производстве, по макроструктуре и технике использования подразделяют на дисперсные (порошкообразные) и неподвижные (стационарные).

В качестве активных металлов при изготовлении катализаторов используют металлы VIII группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева – платину, палладий, никель и др. В определенных условиях гидрирующую ак-

тивность проявляют и переходные металлы других групп, в том числе медь [103].

Стационарные катализаторы закрепляют в гидрогенизационном реакторе и применяют до тех пор, пока сохраняется их активность, селективность и механическая прочность.

Порошкообразные катализаторы диспергируют в гидрируемом сырье и отделяют от гидрогенизата фильтрованием. Отфильтрованный катализатор частично возвращают в технологический процесс гидрирования. Часть отфильтрованного катализатора отправляют на переработку для извлечения активного металла, который можно использовать для получения свежего (товарного) катализатора.

По способу получения катализаторы подразделяют на пропиточные, осажденные и сплавные.

Товарная форма катализаторов гидрирования жиров зависит от условий их применения. Диспергируемые в сырье катализаторы выпускают в виде суспензий в твердом жире или порошков, стационарные - в виде гранул или таблеток.

Наибольшее применение в процессах гидрирования жиров получили осажденные никель- и медьсодержащие катализаторы на носителе, суспендируемые в гидрируемом сырье – это отечественные катализаторы: никель-кизельгуровые марок ГМ-3, ГМ-4 и осажденный карбонатный никель-медный катализатор марки НМ-4 [103].

Расход катализатора «никель на кизельгуре» на производство 1 тонны гидрированных масел и жиров составляет 0,2...0,4 кг в зависимости от качества исходного сырья и требуемых свойств продукта. Из этого количества образуются 30...50 % отработанного катализатора, содержащего саломас. Состав отработанного катализатора, %: никель – 10...15, саломас – 45...60, алюмосиликаты – 30...40. При максимальном количестве отработанного катализатора 100 т в год содержание в нем саломаса составит около 60 т.

Расход никель-медного катализатора в пересчете на металлический никель составляет около 0,15 кг на тонну саломаса. Отработанный катализатор имеет тот же средний состав. Количество его составляет 90...100 тонн в год [15].

В основном отработанный катализатор загружается в бумажные или полиэтиленовые мешки и в таком виде отгружается на предприятия цветной металлургии через систему Вторцветмета.

Часть никель-медного катализатора подвергают регенерации непосредственно на гидрозаводах. Регенерация осуществляется по схеме: растворение никеля и меди в серной кислоте – перевод полученных сульфатов металлов в невосстановленный карбонатный никель-медный катализатор. В процессе регенерации отработанного катализатора извлекается около 50 % низкосортного технического жира [15].

В 1979 году австрийская фирма «Preibacher Chemische Werke AG» начала перерабатывать катализатор и другие отходы, содержащие никель. Отработанный катализатор подвергают обжигу и окислению во вращающихся печах. Образующаяся летучая пыль, содержащая никель, пневмотранспортом подается в электрическую дуговую печь и вместе со сжатым воздухом вводится в расплавленное железо, в результате чего получают ферроникелевый сплав, содержащий 40 % никеля, который перерабатывают на гранулы размером 2...35 мм. Ежегодно производят около 4000 тонн сплава. Шлам, содержащий носители катализатора (Al_2O_3 , MgO , SiO_2), после измельчения смешивают с известью и смесь используют в качестве щебеночного основания для дорожных покрытий. Способ предусматривает 100 % использование отходов без загрязнения окружающей среды [158].

6.10.3. Фильтрующая ткань

Крупным отходом производства саломаса является отработанная фильтрующая ткань (бельтинг). Средний расход бельтинга составляет 0,4 м на 1 тонну саломаса. Суммарное количество отработанной фильтрующей ткани составляет около 500 тыс. метров в год. Отработанная фильтрующая ткань содержит в среднем 1 кг жира и 50 г никеля на 1 погонный метр ткани. Однако в настоящее время она пока не находит рационального применения [15].

6.10.4. Жировые погоны

Основным направлением использования жировых погонов, получаемых при производстве переэтерифицированных жиров, является мыловарение [15].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для какой отрасли пищевой промышленности характерны высокие удельные расходы сырья и материалов?
2. Какие технологии необходимо развивать для снижения антропогенных нагрузок на биосферу?
3. Какие из технологий наиболее распространены в России сегодня?
4. Дайте определение реутилизационной технологии.
5. Какой из коэффициентов выбран в качестве критерия малоотходности? При каком значении критерия малоотходности процессы производства считаются реутилизационными?
6. На каких принципах построена экологоподобная модель масложирового производства?

7. Какие производственные понятия относятся к вторичным материальным ресурсам? Дайте определения.
8. По каким признакам классифицируются вторичные материальные ресурсы?
9. Назовите побочную продукцию масложировой промышленности.
10. Что относится к отходам масложировой промышленности?
11. В какой отрасли промышленности наиболее широко используется подсолнечная лузга?
12. С чем связано ограниченное применение подсолнечной лузги в качестве корма для животных? Какие меры принимаются для повышения питательной ценности лузги?
13. Какой вид обработки хлопковой шелухи повышает ее кормовые свойства?
14. В каком процессе в качестве побочной продукции образуются жмыхи?
15. Чем обусловлена пищевая ценность жмыхов и шротов?
16. Какие жмыхи и шроты получили наибольшее применение в пищевой промышленности и почему?
17. Какие антипитательные вещества содержатся в сое?
18. Какие вещества отрицательно влияют на перевариваемость белков подсолнечника в организме животных?
19. Присутствие, какого соединения осложняет получение пищевого белка из подсолнечных жмыхов и шротов?
20. Каковы отличительные особенности хлопковых жмыхов и шротов по сравнению с другими жмыхами и шротами?
21. Какой отход или побочный продукт масложировой промышленности можно использовать в качестве строительного материала?
22. Из чего и как получают фосфатидный концентрат? Укажите основную область применения фосфатидных концентратов.
23. Чем обусловлена биологическая ценность фосфатидных концентратов?
24. На какой стадии рафинации масел в качестве побочной продукции образуются соапстоки? Чем обусловлена ценность соапстоков?
25. Что такое соапсточные липиды?
26. Какой метод концентрирования соапстоков можно считать наиболее прогрессивным? Укажите основную область применения соапстоков.
27. Какое вещество содержит отход масложирового производства – отработанный фильтрующий порошок?
28. Какие вещества используются в качестве отбельных глин в масложировой промышленности? Укажите основную область применения отработанных отбельных глин.
29. Какая отрасль промышленности является основным потребителем восков?
30. Назовите самый ценный компонент, который содержится в погонах дезодорации.

Часть 2

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

Вредное (загрязняющее) вещество – химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую природную среду.

Вторичная примесь в атмосфере – примесь в атмосфере, образовавшаяся в результате превращения первичных примесей.

Выброс – выделение веществ в атмосферу.

Единичный показатель загрязнения атмосферы – показатель загрязнения атмосферы одним загрязняющим веществом.

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Загрязняющее (нормируемое) вещество – химическое или иное вещество или смесь веществ, по которым необходимо установить ПДК.

Качество атмосферного воздуха – совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим нормативам качества атмосферного воздуха и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха).

Качество атмосферы – совокупность свойств атмосферы, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

Контроль загрязнения атмосферы – проверка соответствия содержания загрязняющих атмосферу веществ установленным требованиям.

Концентрация примеси в атмосфере – количество вещества, содержащееся в единице массы или объема воздуха, приведенного к нормальным условиям.

Мониторинг атмосферного воздуха – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными

ми явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов загрязняющих веществ – показатели выбросов и сбросов загрязняющих веществ в атмосферу, водные объекты, почву для конкретных источников с учетом фонового загрязнения окружающей природной среды, при которых обеспечивается соблюдение нормативов качества окружающей природной среды.

Нормативы предельно допустимых концентраций вредных (загрязняющих) веществ – показатели допустимого содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, водных объектах и качество окружающей природной среды – совокупность показателей, характеризующих состояние окружающей природной среды.

Охрана атмосферного воздуха – система мер, осуществляемых органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами в целях улучшения качества атмосферного воздуха и предотвращения его вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду.

Первичная примесь в атмосфере – примесь в атмосфере, сохранившая за рассматриваемый интервал времени свои физические и химические свойства.

Показатель загрязнения атмосферы – количественная и (или) качественная характеристики загрязнения атмосферы.

Предельно допустимый выброс – норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фонового загрязнения атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов.

Предотвращение загрязнения – использование процессов, практических методов, материалов или продукции, которые позволяют избегать загрязнения, уменьшать его или бороться с ним, а также могут включать рециклинг, очистку, изменения процесса, механизмы управления, эффективное использование ресурсов и замену материала.

Предотвращенный экологический ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – оценка в денежной форме возможных отрицательных последствий от выбросов загрязняющих веществ, которые в рассматриваемый период времени удалось избежать в результате деятельности природоохранных органов, проведения комплекса воздухоохраных мероприятий, реализации природоохранных программ.

Технический норматив выброса – норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для пере-

движных и стационарных источников выбросов, технологических процессов, оборудования и отражает максимально допустимую массу выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух в расчете на единицу продукции, мощности пробега транспортных или иных передвижных средств и другие показатели.

Ущерб от загрязнения окружающей среды – фактические и возможные убытки народного хозяйства, связанные с загрязнением окружающей природной среды (включая прямые и косвенные воздействия, а также дополнительные затраты на ликвидацию отрицательных последствий загрязнения). Учитываются также потери, связанные с ухудшением здоровья населения, сокращением трудового периода деятельности и жизни людей.

Экологический норматив качества атмосферного воздуха – критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на окружающую природную среду.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ АТМОСФЕРУ

Атмосфера – газовая оболочка Земли, окружающая ее и вращающаяся вместе с ней. Наиболее важный для жизни приземной слой имеет постоянный состав, %: азот – 79,09; кислород – 20,94; аргон – 0,93; инертные газы представлены в микродозах. Переменными компонентами воздуха (в пределах 1 %) являются диоксид и оксид углерода, озон, оксиды серы и азота, метан, аммиак, пары воды и др. Переменные микрогазы имеют как естественное, так и антропогенное происхождение. Их роль достаточно велика и разнообразна. Так, например, озон служит своеобразным фильтром, не пропускающим жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца, губительное для всех живых организмов. Диоксид углерода, метан, пары воды играют важную роль в изменении теплового баланса Земли. Состав атмосферы находится в состоянии динамического равновесия, поддерживаемого в результате деятельности живых организмов, геохимических явлений и хозяйственной деятельности человека [1].

Внесение в атмосферу новых, не характерных для нее агентов, или превышение естественного среднего многолетнего уровня этих агентов называется загрязнением, а сами агенты – загрязняющими веществами. Хозяйственная деятельность человека сопровождается загрязнением окружающей среды, в том числе ее важнейшего элемента – атмосферного воздуха.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспорт, а также промышленность (технологическое оборудование, вентиляционные системы, в том числе системы аспирации) и тепловые электростанции. Наибольший удельный вес загрязнений воздушного бассейна приходится на газообраз-

ные вещества и аэрозоли. С отходящими газами в атмосферу поступают твердые, жидкие, паро- и газообразные неорганические и органические вещества, поэтому по агрегатному состоянию загрязнения подразделяют на твердые, жидкие, газообразные и смешанные.

Отходящие газы промышленности, содержащие взвешенные твердые или жидкие частицы, представляют собой двухфазные системы. Сплошной фазой в системе являются газы, а дисперсной – твердые частицы или капельки жидкости. Такие аэродисперсные системы называют аэрозолями, которые разделяют на пыли, дымы и туманы. Пыли содержат твердые частицы размером от 5 до 50 мкм, а дымы – от 0,1 до 5 мкм. Туманы состоят из капелек жидкости размером 0,3...5 мкм и образуются в результате конденсации паров или при распылении жидкости в газе.

Наиболее распространенными газами, загрязняющими воздух, являются сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, аммиак, соединения фтора, хлора, сероводород, диоксид и оксид углерода, а также непредельные углеводороды. Жидкие аэрозоли - это пары щелочей, кислот и фенолы. Твердые частицы, поступающие в атмосферу, чаще всего состоят из несгоревших частиц угля, золы, сульфатов, сульфитов и сульфидов металлов (железа, меди, цинка, свинца и др.), кремнезема, хлоридов, соединений кальция, натрия, фосфора.

Газовые выбросы классифицируют по организации отвода и контроля – на организованные и неорганизованные; по температуре – на нагретые (температура газопылевой смеси выше температуры воздуха) и холодные; по признакам очистки – на выбрасываемые без очистки (организованные и неорганизованные) и после очистки (организованные).

Организованный промышленный выброс – это выброс, поступающий в атмосферу через специально сооруженные газоходы, воздухопроводы, трубы.

Неорганизованным выбросом называют промышленный выброс, поступающий в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки и хранения продукта [1].

С учетом токсичности, потенциальной опасности, распространенности и мощности источников эмиссии загрязняющие атмосферу вещества антропогенного происхождения (их свыше 700) классифицируют по следующим признакам:

- природе (материальные или энергетические);
- степени химической активности или инертности;
- агрегатному состоянию (твердые, жидкие, газообразные);
- химическому составу, размерам частиц;
- массе образующегося вещества, кг/ч;
- степени опасности и влиянию на человека.

По степени опасности и влиянию на человека различают четыре класса загрязняющих атмосферу веществ:

- чрезвычайно опасные (ртуть и др.);
- высокоопасные (диоксиды серы и азота);
- умеренно опасные (сажа);
- малоопасные (бензин).

По характеру воздействия этих веществ на человека загрязняющие вещества делят на следующие группы:

- общесоматические (оксид углерода, свинец, ртуть, мышьяк и др.), вызывающие отравление всего организма;
- раздражающие (хлор, аммиак, озон, оксиды азота и др.), вызывающие раздражение дыхательных путей и слизистых оболочек;
- аллергические (формальдегид, лаки на основе нитросоединений, различные растворители);
- канцерогенные (3,4-бенз(а)пирен, амины, асбест, радон и др.), вызывающие злокачественные опухоли;
- мутагенные (свинец, марганец, радий, уран и др.), приводящие к изменению наследственной информации.

3. НОРМИРОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ АТМОСФЕРЫ

Поскольку полностью предотвратить или устранить загрязнение атмосферы, как и окружающей среды в целом, невозможно, необходимо, чтобы соответствующие воздействия не выходили за пределы толерантности и гомеостатических способностей биологических объектов. Эта задача решается в основном благодаря нормированию загрязнений атмосферы. Наиболее полно в настоящее время разработана система нормирования химических загрязнений, иногда называемая также системой предельно допустимых концентраций (ПДК).

Для контроля за состоянием атмосферы разработаны специальные санитарно-гигиенические нормы. Основной физической характеристикой примесей атмосферы является концентрация вещества в единице объема ($\text{мг}/\text{м}^3$) воздуха при нормальных условиях. Она определяет физические, химические и другие виды воздействия веществ на человека и окружающую среду, а также служит основным параметром для нормирования содержания примесей в атмосфере.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это максимальная концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$) примесей в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду вредного воздействия (включая отдаленные последствия).

При установлении ПДК необходим комплексный учет следующих признаков (критериев):

- органолептического (вкус, запах, цвет и т.д.);
- общесанитарного (учитывающего способность экосистемы и ее составляющих к самоочищению);
- санитарно-токсикологического (учитывающего пределы толерантности и гомеостаз).

Различают максимальную разовую ПДК_{мр} и среднесуточную ПДК_{сс} предельно допустимые концентрации вредных веществ.

ПДК_{мр} – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. ПДК_{мр} – основная характеристика вредного вещества с точки зрения опасности. Она устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, изменение биоэлектрической активности головного мозга, светочувствительности и др.) при кратковременном (20 мин) воздействии атмосферных примесей.

ПДК_{сс} – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. ПДК_{сс} установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вещества на организм человека в течение всей его жизни.

В табл. 2.1 приведены значения ПДК некоторых наиболее характерных веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

Таблица 2.1

ПДК наиболее характерных веществ, загрязняющих атмосферный воздух [1]

Вещества	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³	
		ПДК _{мр}	ПДК _{сс}
NO ₂	2	0,085	0,04
CO	4	5,000	3,00
SO ₂	3	0,500	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,160	0,003
Аммиак	4	0,200	0,04
Спирт:			
метиловый	3	1,000	0,50
этиловый	4	5,000	5,00
Пыль:			
мучная	4	0,500	0,150
сахарная	4	0,500	0,150
крахмальная	4	0,500	0,150
какаоветлы	4	0,500	0,150
жомовая	4	0,500	0,05
известняка	4	0,500	0,150
Бенз-(a)-пирен	1	-	1 • 10 ⁻⁶

Если некоторые санитарно-гигиенические нормы воздуха еще не утверждены Минздравом России, допускается некоторое время использовать величины ($\text{мг}/\text{м}^3$) временно допустимых концентраций (ВДК), ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Наличие микроорганизмов в выбросах контролируют по значениям ориентировочно безопасного уровня их вредности (ОБУВ), например, для кормовых дрожжей ОБУВ $5 \cdot 10^3$ клеток/ м^3 и другим показателям.

Полученные фактически данные по анализу воздуха сравнивают со значениями максимально допустимых концентраций загрязнителей.

Воздух считается незагрязненным при наличии одной примеси, если

$$C_i / \text{ПДК}_{i,\text{мр}} \leq 1, \quad (2.1)$$

где C_i концентрация i -го загрязнителя в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$.

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их безразмерная суммарная концентрация при отсутствии загрязнения должна удовлетворять условию:

$$C_1 / \text{ПДК}_{1\text{мр}} + C_2 / \text{ПДК}_{2\text{мр}} + \dots + C_n / \text{ПДК}_{n\text{мр}} \leq 1, \quad (2.2)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрация вредных веществ в атмосфере в одной и той же точке местности, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$\text{ПДК}_{1\text{мр}}, \text{ПДК}_{2\text{мр}}, \text{ПДК}_{n\text{мр}}$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосфере, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Если сумма частных от деления превышает единицу, то загрязнение есть.

Эффектом однонаправленного действия обладают, например, такие вредные вещества, как диоксиды серы и азота; диоксид серы и сероводород; сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная); этилен, пропилен, бутилен, амилен; озон, диоксид азота, формальдегид и др.

Максимальные концентрации вредных веществ определяют по разовым пробам, отобраным в течение 20 мин. Среднесуточные концентрации определяют либо как среднеарифметическое значение концентраций разовых проб, для которых устанавливают периодичность отбора, либо из суточных концентраций, полученных непрерывно в течение 24 часов.

Согласно требованию ГОСТ 17.2.3.02 - 78 для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается также расчетный предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ) при условии, что максимальная концентрация $C_{i,\text{max}}$ вредного вещества от данного источника в совокупности с фоновой концентрацией вещества $C_{i,\text{фон}}$ от других источников не превысит $\text{ПДК}_{i,\text{мр}}$.

При определении ПДВ для приземного слоя необходимо соблюсти условие:

$$C_{i,\max} + C_{i,\text{фон}} \leq \text{ПДК}_{i,\text{мр}}, \quad (2.3)$$

где $C_{i,\max}$ – максимальная концентрация i - го загрязнителя от одного источника загрязнения в зоне факела выброса в приземном слое атмосферы, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$C_{i,\text{фон}}$ – фоновая концентрация i - го загрязнителя в атмосфере, образованная естественным путем и путем загрязнения воздуха другими источниками, $\text{мг}/\text{м}^3$,

$\text{ПДК}_{i,\text{мр}}$ – предельно допустимая максимальная разовая концентрация i - го загрязнителя, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Контроль ПДВ вредных веществ, величину которых не разрешается превышать при выбросе в атмосферу, ведут за сутки, месяц, год. Устанавливаются также контрольные значения ПДВ в граммах за секунду, которые не должны превышать в любой двадцатиминутный интервал времени.

ПДВ устанавливают для каждого источника загрязнения атмосферы. Для неорганизованных выбросов и совокупности мелких одиночных источников (вентиляционные выбросы, выбросы стационарных энергоустановок и т.п.) устанавливают суммарный ПДВ.

Если на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, значения ПДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты в настоящее время, должны устанавливаться величины временно согласованных выбросов (ВСВ) с учетом передового экологического опыта в технологии данного производства. ПДВ и ВСВ пересматривают не реже одного раза в пять лет [1].

4. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА

Для снижения загрязнения атмосферы от промышленных выбросов совершенствуют технологические процессы, осуществляют герметизацию технологического оборудования, применяют пневмотранспорт, строят различные очистные сооружения.

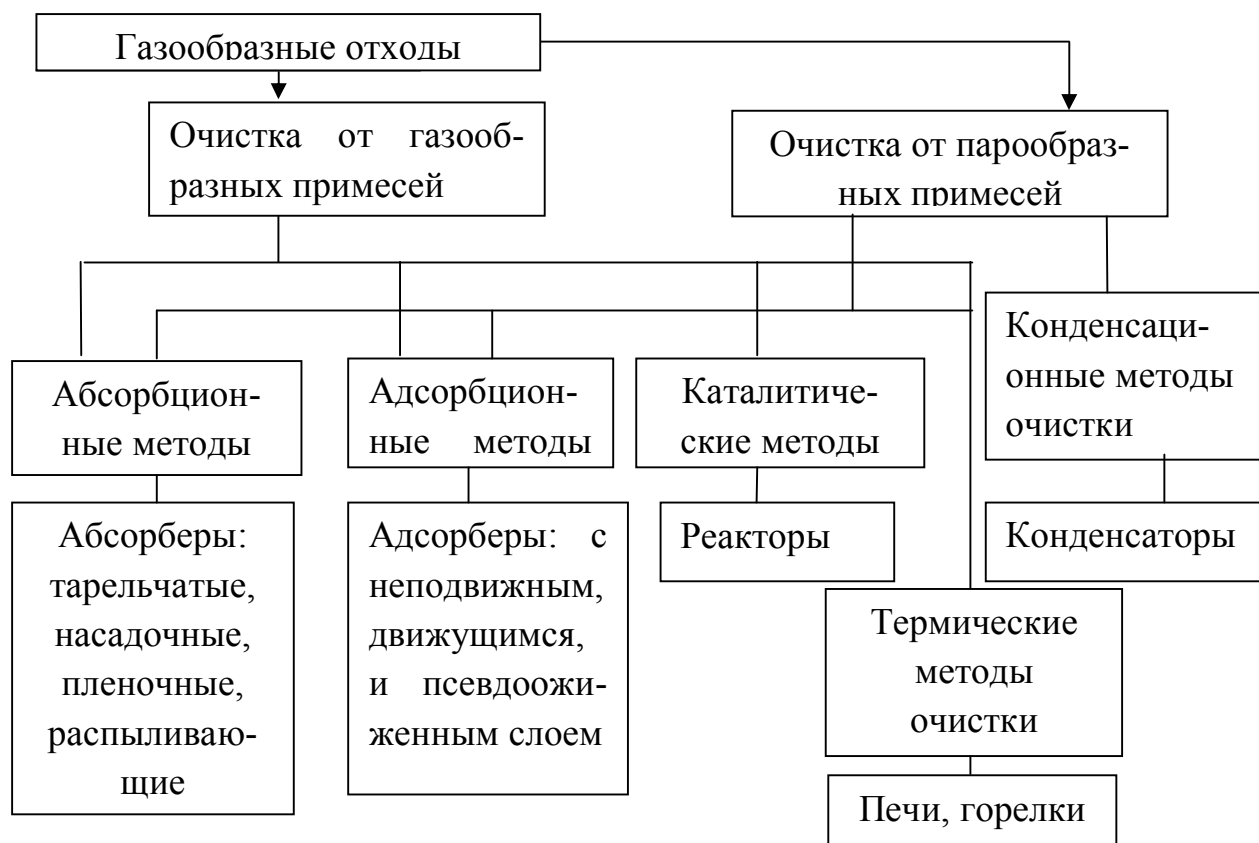
Наиболее эффективным направлением снижения выбросов является создание безотходных технологических процессов, предусматривающих, например, внедрение замкнутых газообразных потоков. Как и во всякой другой технологии, в масложировой промышленности необходимо рассмотреть возможности изменения сырья, топлива, технологических установок.



Рис. 2.1. Классификация методов и аппаратов

Однако до настоящего времени основным средством предотвращения вредных выбросов остается разработка и внедрение эффективных систем очистки газов. При этом *под очисткой газа* понимают отделение от газа или превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника.

Классификация методов и аппаратов для обезвреживания газовых выбросов от различных примесей приведена на рис. 2.1. Эта классификация является приближенной. Она не охватывает всех существующих методов и тем более аппаратов для газоочистки.



для обезвреживания газовых выбросов [159]

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы очистки. Кроме того, аппараты отличаются друг от друга как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц.

В основе работы *сухих пылеуловителей* лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы.

В *мокрых пылеуловителях* осуществляется контакт запыленных газов с жидкостью. При этом осаждение происходит на капли, поверхность газовых пузырей или на пленку жидкости.

В электрических методах очистки отделение заряженных частиц аэрозоля происходит на осадительных электродах.

Выбор метода и аппарата для улавливания аэрозолей, в первую очередь, зависит от их дисперсного состава (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Выбор метода и аппарата для улавливания аэрозолей
в зависимости от их дисперсного состава [159]

Размер частиц, мкм	Аппараты	Размер частиц, мкм	Аппараты
40...1000	Пылеосадительные камеры	20...100	Скрубберы
20...1000	Циклоны диаметром 1...2 м	0,9...100	Тканевые фильтры
5...1000	Циклоны диаметром 1 м	0,05...100	Волокнистые фильтры
		0,01...10	Электрофильтры

Для обезвреживания отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ применяют следующие методы: абсорбции (физической и хемосорбции), адсорбции, каталитические, термические, конденсации и компримирования.

Абсорбционные методы очистки отходящих газов подразделяют по следующим признакам:

- абсорбируемому компоненту;
- типу применяемого абсорбента;
- характеру процесса – с циркуляцией и без циркуляции газа;
- использованию абсорбента – с регенерацией и возвращением его в цикл (циклические) и без регенерации (нециклические);
- использованию улавливаемых компонентов – с рекуперацией и без рекуперации;
- типу рекуперированного продукта;
- организации процесса – периодические и непрерывные;
- конструктивным типам абсорбционной аппаратуры.

Для физической абсорбции на практике применяют воду, органические растворители, не вступающие в реакцию с извлекаемым газом, и водные растворы этих веществ. При хемосорбции в качестве абсорбента используют водные растворы солей и щелочей, органические вещества и водные суспензии различных веществ.

Выбор метода очистки зависит от многих факторов: концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объема и температуры газа, содержания примесей, наличия хемосорбентов, возможности использования продуктов рекуперации, требуемой степени очистки. Выбор производят на основании результатов технико-экономических расчетов.

Адсорбционные методы очистки газов используют для удаления из них газообразных и парообразных примесей. Методы основаны на поглощении примесей пористыми телами – адсорбентами. Процессы очистки проводят в периодических или непрерывных адсорберах. Достоинством методов является высокая степень очистки, а недостатком – невозможность очистки запыленных газов.

Каталитические методы очистки основаны на химических превращениях токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности твердых катализаторов. Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и катализаторных ядов. Эти методы используют для очистки газов от оксидов азота, серы, углерода и от органических примесей. Их проводят в реакторах различной конструкции.

В рекуперационной технике, наряду с другими методами для улавливания паров летучих растворителей, используют методы конденсации и компримирования.

В основе *метода конденсации* лежит явление уменьшения давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры. Смесь паров растворителя с воздухом предварительно охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют. Достоинствами метода являются простота аппаратного оформления и эксплуатации рекуперационной установки. Однако проведение процесса очистки паровоздушных смесей методом конденсации сильно осложнено, поскольку содержание паров летучих растворителей в этих смесях обычно превышает нижний предел их взрываемости. К недостаткам метода относятся также высокие расходы холодильного агента и электроэнергии и низкий процент конденсации паров (выход) растворителей – обычно не превышает 70...90 %. Метод конденсации является рентабельным лишь при содержании паров растворителя в подвергаемом очистке потоке более 100 г/м^3 , что существенно ограничивает область применения установок конденсационного типа.

Метод компримирования базируется на том же явлении, что и метод конденсации, но применяется к парам растворителей, находящимся под избыточным давлением. Метод компримирования более сложен в аппаратном оформлении, так как в схеме улавливания паров растворителей необходим компримирующий агент. Кроме того, он сохраняет все недостатки, присущие методу конденсации, и не обеспечивает возможность улавливания паров летучих растворителей при их низких концентрациях.

Термические методы (методы прямого сжигания) применяют для обезвреживания газов от легко окисляемых токсичных, а также дурно пахнущих примесей. Методы основаны на сжигании горючих примесей в топках печей или факельных горелках. Преимуществом метода является простота аппаратуры, универсальность использования. Недостатки: дополнительный расход топлива при сжигании низкоконцентрированных газов, а также необходимость дополнительной абсорбционной или адсорбционной очистки газов после сжигания [159,160].

Следует отметить, что сложный химический состав выбросов и высокие концентрации токсичных компонентов заранее определяют многоступенчатые схемы очистки, представляющие собой комбинацию многих методов.

5. ВЫБРОСЫ В МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ [161,162]

Каждое производство в той или иной степени загрязняет окружающую природную среду за счет выброса ряда вредных веществ в атмосферу, образования сточных вод и твердых отходов. Пищевая промышленность в целом занимает 14-е место среди отраслей и производств промышленного цикла по уровню загрязнения окружающей среды. По данным, приведенным в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году», выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, при производстве пищевых продуктов, включая напитки, и табака составили 146,1 тыс. т.

Наибольшее количество выбросов отмечается в зерноперерабатывающей промышленности, а также в сахарной, масложировой и спиртовой отраслях.

К наиболее вредным веществам, поступающим в воздух от пищевых производств, относятся оксиды углерода, оксид серы, фторсодержащие соединения, бензин и аммиак. Самым распространенным специфическим выбросом пищевых предприятий является пыль сухих продуктов (мучная, зерновая, сухого жома, сухого молока, сухих кормовых дрожжей и др.). Из выбрасываемых в атмосферу вредных веществ около 36 % составляют твердые вещества. Без очистки в пищевой промышленности выбрасывается до 65 % от общего объема.

Наибольший процент улавливания и обезвреживания загрязняющих веществ обеспечен в масложировой промышленности (около 80 %). Подобно другим отраслям пищевой промышленности, выбрасывающим загрязнения в атмосферу, масложировая промышленность выбрасывает твердые, жидкие и газообразные вещества. Однако, за исключением аэрозолей, выбросы масложировой промышленности в общем не образуют упорядоченной системы. Такие загрязнения, как оксид серы и оксиды азота не являются типичными, за исключением выбросов из вспомогательных систем, таких как дожигатели и паровые котлы,

производство консервных банок и стеклотары. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу предприятиями масложировой промышленности, являются оксиды углерода, углеводороды и прочие газообразные и жидкие соединения.

Источниками выделения вредных веществ в атмосферу являются энергетические установки, технологическое оборудование, вентиляционные системы, в том числе системы аспирации, пневмотранспортные установки, системы пылеуборки.

Выбросы в атмосферу масложировыми предприятиями можно разделить на следующие группы:

- сопровождающиеся выделением энергии и теплоты;
- сопутствующие основным технологическим процессам;
- цехов по переработке вторичных материальных ресурсов;
- вспомогательных цехов и производств.

Источником первой группы выбросов на пищевых предприятиях являются теплоэлектроцентрали и паросиловое оборудование, жаровни, а также автотранспорт. В качестве топлива используют природный газ, мазут и твердое топливо – каменный уголь, а также электрообогрев.

Дымовые газы, выбрасываемые котельными, имеющимися на многих масложировых предприятиях, содержат продукты неполного сгорания топлива, в дымовых газах находятся также частицы золы.

Из компрессорных установок отводят аммиак или фреон в зависимости от типа установки и ее назначения.

Из бутылкомоечных машин в атмосферу выбрасываются пары щелочи.

Проблема выбросов масложировой промышленности больше касается разнообразных процессов, связанных в основном с сильно пахнущими и видимыми выбросами. Технологические выбросы содержат пыль, пары растворителей, щелочи, уксуса, водород, а также избыточное тепло. Вентиляционные выбросы в атмосферу включают пыль, не задержанную пылеулавливающими устройствами, а также пары и газы.

При производстве масел осуществляют технологические операции, связанные с обработкой сухих сыпучих продуктов – семян масличных культур. Примерами процессов этой категории являются сушка семян, обрушивание, измельчение и др. Как всегда при работе с сыпучими материалами, в этих случаях надо прибегать к пылеподавлению.

Многие технологические установки предприятий масложировой промышленности являются источниками неприятных запахов, раздражающе действующих на людей даже в том случае, если концентрация соответствующего вещества в воздухе не превышает ПДК. Примерами процессов, связанных с ви-

димыми и (или) пахучими выбросами, являются жарение семян, или их влаготепловая обработка, выжимание растительного масла.

Видимость выбросов может быть обусловлена твердыми пылевыми частицами, дымами углеродистых, жидких и полужидких частиц, жирами, маслами, кислотами и их смесями.

Выделение аэрозолей при переработке сыпучих продуктов без пылеподавления колеблется в количественном отношении в зависимости от степени взмучивания, размера и количества тонкодисперсной фракции. Ниже приведены примеры предельно допустимых объемов выбросов (кг/т) при отсутствии подавления для некоторых технологических операций масложировой промышленности (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Примеры предельно допустимых объемов выбросов при отсутствии подавления для некоторых операций масложировой промышленности

Оборудование	Предельно допустимые объемы выбросов, кг/т
Установки сушки люцерны	1,18...4,54
Подогревательные вальцы	0,136...1,36
Мельницы для соевых бобов	0,73...3,3

Как правило, приходится иметь дело с пылевыми частицами, наименьший размер которых лежит в диапазоне 2...5 мкм, а наибольший составляет 50...500 мкм. В масложировой промышленности выбросы твердых аэрозолей улавливают обычными средствами сухого пылеулавливания, такими как пылеосадительные камеры, циклоны, тканевые фильтры, электрофильтры, скрубберы и другие пылеуловители, выбор которых обусловлен характером и размером частиц. Чаще всего используют циклоны и механические пылеосадители с КПД 85...98 %; в некоторых случаях достаточно применение только циклонов. В ряде случаев используют форсуночные скрубберы и скрубберы Вентури для улавливания пыли мокрым способом.

Как все аэрозоли органического происхождения, частицы продуктов, вырабатываемых масложировой промышленностью, обладают способностью к взрывам, и при работе с ними должны быть приняты меры предосторожности.

Выбросы жидких и полужидких аэрозольных частиц улавливают аэрозольными осадителями, дожигателями и частично мокрыми скрубберами или электрофильтрами.

Настоящие запахи, вызываемые конденсирующимися выбросами, представляют собой газы и не могут быть уловлены физическими методами. В этом случае необходимы дожигание, адсорбция, абсорбция, химические реакции. Часто запахи обусловлены главным образом альдегидами, кетонами, органиче-

скими кислотами, сульфидами и меркаптанами, но обычно запахи имеют комплексную природу, причем эффекты синергизма и маскировки непредсказуемы.

Газообразные загрязнители атмосферы улавливают различными способами: с помощью дожигателей, химических скрубберов, адсорбции на твердых материалах. Одновременно проводят рассеивание выбросов в атмосфере благодаря использованию высоких труб и дефлекторов. В первом случае это трубы ТЭЦ и котлоагрегатов масложировых производств. Их высота колеблется в зависимости от мощности источника и многих других факторов от 25 до 60...70 м. Во втором случае это труба – дефлектор над крышей здания, высота которой составляет 1,5...2 м. Дефлектор применяют в бутылкомоечных машинах, компрессорных установках и пр.

Все масложировые предприятия имеют санитарно-защитные зоны, под которыми понимают полосу земли, отделяющую их от жилых массивов. В соответствии с классификацией предприятий по типу выделяемых выбросов установлено пять санитарно-защитных зон: для предприятий I класса – 1000 м, II класса – 500, III класса – 300, IV класса – 100, V класса – 50 м.

Ниже (табл. 2.4) приведены аппараты, применяемые для подавления загрязнений в масложировой промышленности, и указаны типичные выбросы.

Таблица 2.4

Аппараты, применяемые для подавления загрязнений в масложировой промышленности [163]

Виды загрязнений	Аппараты для очистки
Аэрозоли с твердыми частицами, пыль	Циклоны, рукавные фильтры, скрубберы
Полужидкие, смолистые частицы, смешанные твердые и жидкие частицы и сопровождающие их запахи	Слои волокон, мокрые электрофильтры
Газовые и неконденсирующиеся выбросы и запахи	Химические скрубберы-адсорберы, угольные адсорберы, дожигатели паровой фазы
Горючие дисперсные системы, запахи и видимые выбросы	Дожигатели паровой фазы, комбинация вышеперечисленных средств

Выбирая пылеулавливающее оборудование, в первую очередь следует предпочитать то, которое при эксплуатации может обеспечить наиболее высокую степень очистки воздуха.

6. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ТВЕРДЫХ ПРИМЕСЕЙ

6.1. Основные свойства пылей и эффективность их улавливания

В процессах пылеулавливания весьма важны физико-химические характеристики пылей и туманов, а именно дисперсный (фракционный) состав, плотность, адгезионные свойства, смачиваемость, электрическая заряженность частиц, удельное сопротивление слоев частиц и др. Для правильного выбора пылеулавливающего аппарата необходимы, прежде всего, сведения о дисперсном составе пылей и туманов.

Плотность частиц. Различают истинную, насыпную и кажущуюся плотность. Насыпная плотность (в отличие от истинной) учитывает воздушную прослойку между частицами пыли. Насыпная плотность слоя пыли представляет собой отношение массы слоя к занимаемому объему, включая поры, пустоты и неровности. При слеживании насыпная плотность возрастает в 1,2...1,5 раза. Насыпная плотность слоя необходима для вычисления объема пыли в бункерах. Кажущаяся плотность частицы – это отношение ее массы к объему. Для сплошных (непористых) частиц значение кажущейся плотности численно совпадает с величиной истинной плотности. Пыли, склонные к коагулированию и спеканию, снижают кажущуюся плотность по отношению к истинной.

Дисперсность частиц. Размер частицы является основным ее параметром. Выбор пылеуловителя определяется дисперсным составом улавливаемой пыли. По дисперсности пыли классифицированы на 5 групп:

I – очень крупнодисперсная пыль, $d_{50} > 140$ мкм;

II – крупнодисперсная пыль, $d_{50} = 40...140$ мкм;

III – среднедисперсная пыль, $d_{50} = 10...40$ мкм;

IV – мелкодисперсная пыль, $d_{50} = 1...10$ мкм;

V – очень мелкодисперсная пыль, $d_{50} < 1$ мкм

(где d_{50} - средний размер частиц пыли).

Частицы промышленной пыли имеют различную форму (шарики, палочки, пластинки, иглы, чешуйки, волокна и т.д.). Частицы пыли могут коагулироваться и объединяться в агломераты, поэтому понятие размер частиц условно. В пылеулавливании принято характеризовать размер частицы величиной, определяющей скорость ее осаждения. Такой величиной служит седиментационный диаметр – диаметр шара, скорость движения и плотность которого равны скорости осаждения и плотности частицы. При этом сама частица может иметь произвольную форму. Пылевые частицы различной формы при одной и той же массе оседают с разной скоростью. Чем ближе их форма к сферической, тем быстрее они оседают.

Адгезионные свойства частиц. Эти свойства частиц определяют их склонность к слипаемости. Повышенная слипаемость частиц может привести к частичному или полному забиванию аппаратов. Чем мельче пыль, тем выше ее слипаемость. Все пыли IV и V групп дисперсности практически относятся к слипающимся пылям, пыли II и III групп – к среднеслипающимся, а пыли I группы – к слабослипающимся. Слипаемость пыли значительно возрастает при ее увлажнении.

Абразивность частиц. Абразивность пыли характеризует интенсивность износа металла при одинаковых скоростях газов и концентрациях пыли. Она зависит от твердости, формы, размера и плотности частиц. Абразивность учитывают при расчетах аппаратуры: выборе скорости газа, толщины стенок аппаратуры и облицовочных материалов.

Смачиваемость частиц. Смачиваемость частиц водой оказывает влияние на эффективность мокрых пылеуловителей, особенно при работе с рециркуляцией. Гладкие частицы смачиваются лучше, чем частицы с неровной поверхностью, так как последние в большей степени оказываются покрытыми абсорбированной газовой оболочкой, затрудняющей смачивание.

Гигроскопичность частиц. Способность пыли впитывать влагу зависит от химического состава, формы и степени шероховатости, размера частиц. Гигроскопичность способствует их улавливанию в аппаратах мокрого типа.

Электрическая проводимость слоя пыли. Этот показатель оценивается по удельному электрическому сопротивлению слоя пыли, которое зависит от свойств отдельных частиц (от поверхностной и внутренней электропроводности, формы и размеров частиц), а также от структуры слоя и параметров газового потока. Оно оказывает существенное влияние на работу электрофильтров.

В зависимости от удельного электрического сопротивления (ρ) пыли делят на три группы:

- низкоомные пыли, $\rho < 10^4$ Ом · см. При осаждении на электроде частицы пыли мгновенно разряжаются, что может привести к вторичному уносу;
- пыли с $\rho = 10^4 \dots 10^{10}$ Ом · см. Эти пыли хорошо улавливаются в электрофильтре, так как разрядка частиц происходит не сразу, а в течение времени, необходимого для накопления слоя;
- пыли с $\rho > 10^{10} \dots 10^{12}$ Ом · см. Улавливание пылей этой группы в электрофильтрах вызывает большие трудности. Частицы пыли этой группы образуют на электроде пористый изолирующий слой.

Электрическая заряженность частиц. Знак заряда частиц зависит от способа их образования, химического состава, а также от свойств веществ, с которыми они соприкасаются. Этот показатель оказывает влияние на эффективность улавливания в газоочистных аппаратах (мокрых пылеуловителях, фильтрах и др.), на взрывоопасность и адгезионные свойства частиц.

Способность частиц пыли к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом. Горючая пыль вследствие сильно развитой поверхности контакта частиц (порядка $1 \text{ м}^2/\text{г}$) с кислородом воздуха способна к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом. Интенсивность взрыва пыли зависит от ее химических и термических свойств, от размеров и формы частиц, их концентрации в воздухе, от влагосодержания и состава газов, размеров и температуры источника воспламенения и относительного содержания инертной пыли. Способностью к воспламенению обладают некоторые пыли органических веществ, образующиеся при переработке красителей, пластмасс, волокон, а также пыли металлов: магнезия, алюминия и цинка.

Минимальные взрывоопасные концентрации взвешенной в воздухе пыли составляют примерно $20 \dots 500 \text{ г}/\text{м}^3$, максимальные $700 \dots 800 \text{ г}/\text{м}^3$. Чем больше содержание кислорода в газовой смеси, тем вероятнее взрыв и больше его сила. При содержании кислорода менее 16 % пылевое облако не взрывается.

Эффективность улавливания. Степень очистки (коэффициент полезного действия) выражается отношением количества уловленного материала к количеству материала, поступившего в газоочистной аппарат с газовым потоком за определенный период времени.

Известно, что эффективность очистки для частиц пыли различных размеров неодинакова. Так как лучше улавливается крупная пыль, то коэффициент очистки газов часто определяют по фракционной эффективности – степени очистки газов от частиц определенного размера.

Эффективность улавливания пыли может быть выражена в виде коэффициента проскока частиц (степени неполноты улавливания), который представляет собой отношение концентрации частиц за аппаратом к их концентрации перед ним. Его используют, когда надо оценить конечную запыленность или сравнить относительную запыленность газов на выходе из различных аппаратов [159].

6.2. Классификация пылеулавливающего оборудования

Пылеулавливающее оборудование широко применяется во всех отраслях пищевой промышленности. Оно служит для очистки от пыли вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу, отделения пылевидных материалов,

перемещаемых в потоке воздуха системами пневмотранспорта, а также для обеспыливания приточного и рециркуляционного воздуха.

Пылеулавливающее оборудование характеризуется большим разнообразием как по принципу действия, так и по конструктивным особенностям. Классификация пылеулавливающего оборудования установлена ГОСТ 12.2.043-80.

Пылеулавливающее оборудование по назначению подразделяется на следующие типы:

- оборудование, применяемое для очистки воздуха, подаваемого в помещения системами приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления (воздушные фильтры);
- оборудование, применяемое для очистки от пыли воздуха, выбрасываемого в атмосферу системами местной вытяжной вентиляции (пылеуловители).

В зависимости от способа отделения пыли от воздушного потока различают оборудование:

- для улавливания пыли сухим способом (частицы осаждаются на сухую поверхность);
- для улавливания пыли мокрым способом, при котором отделение частиц от воздушного потока осуществляется с использованием жидкостей.

Оборудование, улавливающее пыль сухим способом, подразделяется на четыре группы: гравитационное, инерционное, фильтрационное, электрическое.

Оборудование для улавливания пыли мокрым способом подразделяется на три группы: инерционное, фильтрационное, электрическое.

В каждой группе различаются виды оборудования. Так, группа инерционного оборудования для улавливания пыли сухим способом подразделяется на следующие виды: камерное, жалюзийное, циклонное, ротационное.

ГОСТ 12.2.043-80 выделяет также комбинированное пылеулавливающее оборудование. К нему относится оборудование, в котором отделение пыли от воздушного потока осуществляется последовательно в несколько ступеней, различающихся по принципу действия, конструктивным особенностям и способу очистки [164].

Следует отметить, что классификация оборудования произведена по основному принципу действия. Практически же нет устройств, которые работали бы на использовании лишь одного физического или химического явления.

6.3. Оборудование для улавливания пыли сухим способом

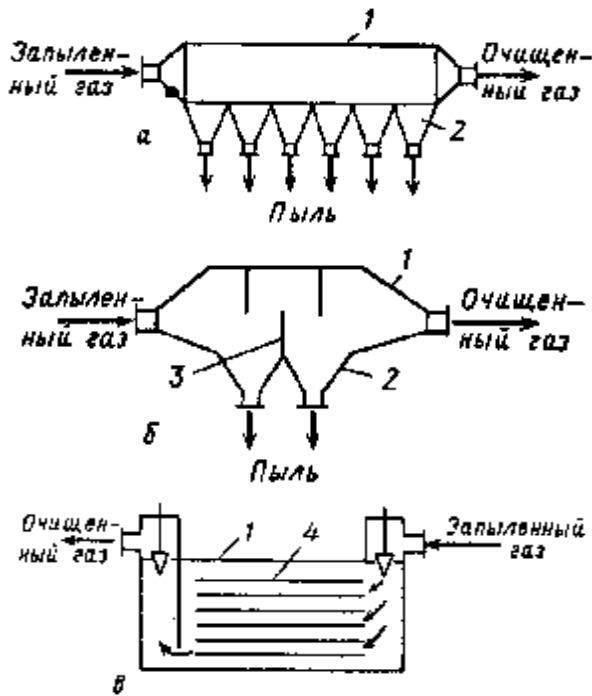


Рис. 2.2. Пылеосадительные камеры:

- а – простейшая камера;
- б – камера с перегородками;
- в – многополочная камера

Типы пылеосадительных камер показаны на рис. 2.2. Камеры имеют корпус 1, секции-пылесборники 2; в камерах с перегородками дополнительно установлены перегородки 3, в многополочных камерах установлены полки 4. Запыленный газовый поток медленно движется в сепарационном пространстве камеры, а частицы пыли оседают из него в секции пылесборника. Наличие дополнительных полок или перегородок в камерах необходимо для того, чтобы частицы находились в камере возможно более продолжительное время, что позволяет повысить эффективность очистки газов. Преимущества пылеосадительных камер – простота устройства, несложность эксплуатации, долговечность. В то же время пылеосадительные камеры имеют существенные недостатки, из-за которых применение этого вида пылеочистительного оборудования значительно сократилось. Они занимают много места, степень очистки воздуха не превышает 50...60 %, не допускается их применение для осаждения взрыво- и пожароопасной пыли.

К сухим механическим пылеуловителям относят аппараты, в которых использованы различные механизмы осаждения: *гравитационный* (пылеосадительные камеры), *инерционный* (осаждение пыли в аппаратах происходит в результате изменения направления движения газового потока или установки на его пути препятствия) и *центробежный* (одиночные, групповые и батарейные циклоны, вихревые и динамические пылеуловители). Перечисленные аппараты отличаются простотой изготовления и эксплуатации, их достаточно широко используют в промышленности. Однако эффективность улавливания пыли в них не всегда оказывается достаточной, в связи с чем, они часто выполняют роль аппаратов предварительной очистки газов. На предприятиях пищевой и, в частности, масложировой промышленности наибольшее распространение находят следующие аппараты: пылеосадительные камеры, циклоны и фильтры [159].

Циклоны. Циклонные аппараты наиболее распространены в промышленности.

Они имеют следующие достоинства:

- отсутствие движущихся частей в аппарате;
- надежность работы при температурах газов вплоть до 500°C (для работы при более высоких температурах циклоны изготавливают из специальных материалов);
- возможность улавливания абразивных материалов при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;
- улавливание пыли в сухом виде;
- почти постоянное гидравлическое сопротивление аппарата;
- успешная работа при высоких давлениях газов;
- простота изготовления;
- сохранение высокой фракционной эффективности очистки при увеличении запыленности газов.

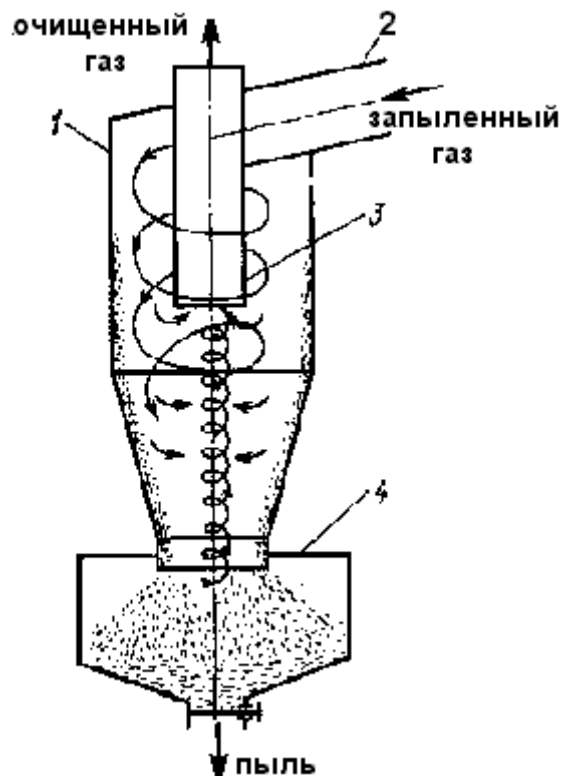


Рис. 2.3. Циклон

Недостатки циклонов:

- высокое гидравлическое сопротивление: 1250...1500 Па;
- плохое улавливание частиц размером меньше 5 мкм;
- невозможность использования для очистки газов от липких загрязнений.

По способу подвода газов в аппарат их подразделяют на циклоны со спиральным, тангенциальным и винтообразным, а также осевым подводом. Наиболее предпочтительным с точки зрения аэродинамики является подвод газов по спирали. Принцип работы циклона показан на рис. 2.3. Газовый поток вводится в циклон через патрубок 2 по касательной к внутренней поверхности корпуса 1 и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса к бункеру 4. Под действием центробежной силы частицы пыли образуют на стенке циклона пылевой слой, который вместе с частью газа попадает в бункер. Отделение частиц пыли от газа, попавшего в бункер, происходит при повороте газового потока в бункере на 180°C . Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь и выходит из бункера, давая начало вихрю газа, покидающему циклон через выходную трубу 3. Для нормальной работы циклона необходима герметичность бункера. Если бункер негерметичен, то из-за подсоса наружного воздуха про-

исходит вынос пыли с потоком через выходную трубу. Обычно в циклонах центробежное ускорение в несколько сотен, а то и в тысячу раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, а под влиянием центробежной силы движутся к стенке. Процесс целесообразно вести при больших скоростях и небольших диаметрах аппаратов. Однако увеличение скорости газа может привести к уносу пыли из циклона и резкому увеличению гидравлического сопротивления. Поэтому целесообразно увеличивать эффективность циклона за счет уменьшения диаметра аппарата. Оптимальное соотношение высоты циклона и его диаметра составляет 2...3.

В зависимости от соотношения высот цилиндрической ($h_{ц}$) и конической ($h_{к}$) частей корпуса циклонов их делят на цилиндрические ($h_{ц} > h_{к}$), конические ($h_{ц} < h_{к}$) и переходной формы ($h_{ц} \sim h_{к}$). Первые отличаются высокой производительностью, вторые – высокой эффективностью очистки, но большими потерями давления. Диаметр цилиндрических циклонов обычно не превышает 2000 мм, а конических – 3000 мм. Шаг изменения диаметра циклонов в пределах 40...100 мм составляет 20 мм, в пределах 100...200 мм – 50 мм, в пределах 200...1000 мм – 100 мм, далее – 200 мм. Наибольшее распространение в пищевой промышленности получили циклоны БЦШ, УЦ, ОТИ, ЦН, ЦОЛ [165].

Батарейные циклоны представляют собой пылеулавливающие аппараты, составленные из большого числа параллельно установленных циклонных элементов, объединенных в одном корпусе и имеющих общие подвод и отвод газов. Для закручивания газов в циклонах применяются направляющие элементы типа «винт» с двумя винтовыми полостями, наклоненными под углом 25° , или типа «розетка» – с восемью лопатками, наклоненными под углом 25 или 30° . Обычно батарейные циклоны состоят из элементов диаметром 100, 150 и 250 мм. Оптимальная скорость газов находится в диапазоне от 3,5 до 4,75 м/с.

Фильтры широко используют для очистки газовых выбросов от примесей. В основе работы пористых фильтров всех видов лежит процесс фильтрации газа через пористую перегородку, в ходе которого твердые частицы задерживаются, а газ полностью проходит сквозь нее.

Фильтрующие перегородки весьма разнообразны по своей структуре, но в основном они состоят из волокнистых или зернистых элементов.

По типу перегородки фильтры бывают:

- с зернистыми слоями (неподвижные свободно насыпанные зернистые материалы, псевдооживленные слои);
- гибкими пористыми перегородками (ткани, войлоки, волокнистые маты, губчатая резина, пенополиуретан и др.);
- полужесткими, пористыми перегородками (вязаные и тканые сетки, прессованные спирали, стружка и др.);
- жесткими пористыми перегородками (пористая керамика, пористые металлы и др.).

В зависимости от назначения и величины входной и выходной концентрации фильтры условно делят на три класса.

Фильтры тонкой очистки (высокоэффективные или абсолютные фильтры) предназначены для улавливания с очень высокой эффективностью (более 99 %) в основном субмикронных частиц из промышленных газов с низкой входной концентрацией (менее 1 мг/м^3) и скоростью фильтрования менее 10 см/с . Фильтры применяют для улавливания особо токсичных частиц, а также для ультра-тонкой очистки воздуха при проведении некоторых технологических процессов. Они не подвергаются регенерации.

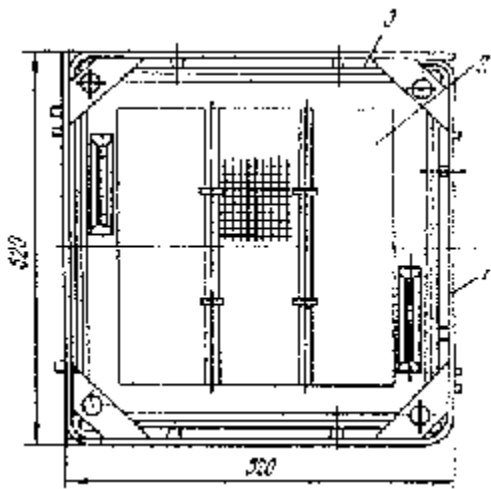


Рис. 2.4. Ячейковый фильтр

Воздушные фильтры используют в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Работают при концентрации пыли менее 50 мг/м^3 , при высокой скорости фильтрации – до $2,5 \dots 3 \text{ м/с}$. Фильтры могут быть как нерегенерируемые, так и регенерируемые. В качестве воздушных фильтров на предприятиях масложировой промышленности применяются масляные ячейковые и самоочищающиеся фильтры.

Ячейковые (кассетные) фильтры (рис. 2.4) используют в вентиляционных системах для очистки небольших количеств приточного воздуха с начальной запыленностью до 10 мг/м^3 . Они состоят из установочной рамы 1, внутри которой находится сетка 2, зафиксированная в корпусе ячейки 3. Ячейковые фильтры изготавливают секционными двух видов: из колец Рашига или нескольких последовательно расположенных гофрированных сеток. Они могут быть металлическими (тип ФяР), винилпластовыми (тип ФяВ), а также с использованием пенополиуретана (ФяП) и стекловолокна (ФяУ). Секции первого вида представляют собой металлическую рамку, заполненную кольцами Рашига и с обеих сторон закрытую сеткой. Перед эксплуатацией фильтры смачивают висциновым или веретенным маслом, однако фильтры ФяВ, ФяУ используют сухими.

Отдельные секции (кассеты) монтируют в плоские или V-образные панели. Последний способ применяется для экономии места при большом количестве устанавливаемых кассет.

Фильтрующий материал необходимо периодически очищать от накапливающейся пыли. Для этого его промывают 10 % раствором каустической соды при температуре $60 \dots 70 \text{ }^\circ\text{C}$ для фильтров типа ФяР и $60 \text{ }^\circ\text{C}$ – для ФяВ [165].

При обеспыливании больших расходов воздуха применяют самоочищающиеся фильтры, компактные и не требующие промывки. Они выпускаются

двух видов: с рабочей поверхностью в виде бесконечного пружинного полотна или системы сетчатых шторок.

Воздух очищается при прохождении сквозь смоченные маслом движущиеся фильтрующие поверхности. При этом каждая сетка приводится в движение с помощью двух пар валов, получающих вращение от электродвигателя через редуктор. Для эффективного улавливания пыли необходимо обеспечить равномерное движение воздуха по всему сечению фильтра со скоростью до 3 м/с.

При движении пружинных сеток их нижние части погружаются в масляную ванну и при этом очищаются от осевшей на них пыли. Масло в ванне периодически сменяется. В самоочищающихся фильтрах применяют масло веретенное, трансформаторное, турбинное и др. Сорт масла должен соответствовать времени года согласно рекомендации завода – изготовителя фильтров.

Так как в самоочищающихся фильтрах регенерация производится непрерывно, величина гидравлического сопротивления, производительность и степень очистки при работе изменяются незначительно.

Промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) применяются для очистки от пыли промышленных и вентиляционных выбросов, характеризующихся значительным начальным содержанием пыли – до нескольких десятков тысяч миллиграммов на 1 м³. Фильтры регенерируются.

На предприятиях масложировой промышленности наибольшее распространение находят тканевые и волокнистые фильтры. Возможности использования тканевых фильтров расширяются в связи с созданием новых термостойких и устойчивых к воздействию агрессивных газов тканей. Наибольшее распространение в промышленности для сухой очистки газовых выбросов от примесей имеют рукавные фильтры.

Корпус 1 рукавного фильтра (рис.2.5) представляет собой металлический шкаф, разделенный вертикальными перегородками на секции, в каждой из которых размещена группа фильтрующих рукавов 3. Верхние концы рукавов заглушены и подвешены к раме, соединенной с встряхивающим устройством 2. Нижние концы рукавов сообщаются через распределительную решетку 4 с бункером для пыли, имеющим и шнек для ее выгрузки. Встряхивание рукавов в каждой из секций производится поочередно.

В тканевых фильтрах применяют фильтрующие материалы двух типов: обычные ткани, изготавливаемые на ткацких станках, и войлоки, получаемые путем свойлачи-

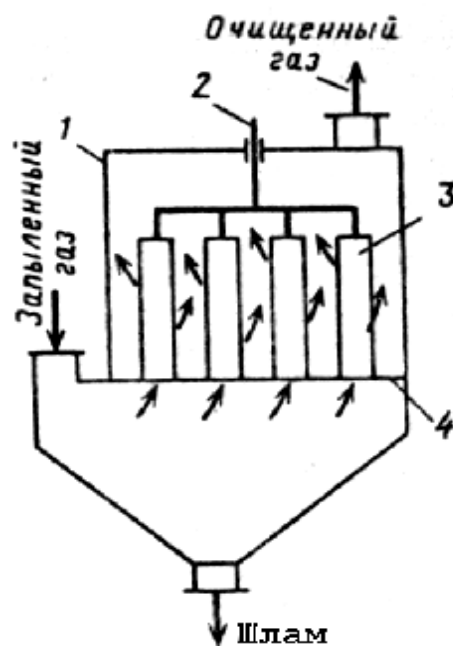


Рис. 2.5. Рукавный фильтр

вания или механического перепутывания волокон иглопробивным методом. В типичных фильтровальных тканях размер сквозных пор между нитями достигает 100...200 мкм.

К тканям предъявляются следующие требования:

- высокая пылеемкость при фильтрации и способность удерживать после регенерации такое количество пыли, которое достаточно для обеспечения высокой эффективности очистки газов от тонкодисперсных твердых частиц;
- сохранение оптимально высокой воздухопроницаемости в равновесно запыленном состоянии;
- высокая механическая прочность и стойкость к истиранию при многократных изгибах, стабильность размеров и свойств, при повышенной температуре и агрессивном воздействии химических примесей;
- способность к легкому удалению накопленной пыли;
- низкая стоимость.

Аэродинамические свойства чистых фильтровальных тканей характеризуются воздухопроницаемостью – расходом воздуха при определенном перепаде давления, обычно равном 49 Па. Воздухопроницаемость выражается в $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$; численно она равна скорости фильтрации (в м/мин) при перепаде давления 49 Па. Сопротивление незапыленных тканей при нагрузках $0,3...2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ обычно составляет 5...40 Па.

По мере запыления аэродинамическое сопротивление ткани возрастает, а расход газа через фильтр уменьшается. Ткань регенерируют путем продувки в обратном направлении, механического встряхивания или другими методами. После нескольких циклов фильтрации–регенерации остаточное количество пыли в ткани стабилизируется; оно соответствует так называемому равновесному пылесодержанию ткани (в $\text{кг}/\text{м}^2$) и остаточному сопротивлению равновесно запыленной ткани. Значения этих величин зависят от типа фильтрующего материала, размеров и свойств пылевых частиц, относительной влажности газов, метода регенерации и других факторов.

Фильтрующий элемент волокнистых фильтров состоит из одного или нескольких слоев, в которых однородно распределены волокна. Это фильтры объемного действия, так как они рассчитаны на улавливание и накопление частиц преимущественно по всей глубине слоя. Сплошной слой пыли образуется только на поверхности наиболее плотных материалов. Для фильтров используют естественные или специально получаемые волокна толщиной от 0,01 до 100 мкм. Толщина фильтрующих сред составляет от десятых долей миллиметра (бумага) до 2 м (многослойные глубокие насадочные фильтры долговременного использования). Такие фильтры используют при концентрации дисперсной твердой фазы $0,5...5 \text{ мг}/\text{м}^3$. При таких концентрациях основная доля частиц имеет размеры менее 5...10 мкм.

Процесс фильтрации в волокнистых фильтрах состоит из двух стадий. На первой стадии (стационарная фильтрация) уловленные частицы практически не изменяют структуры фильтра во времени; на второй стадии происходят непрерывные, структурные изменения вследствие накопления уловленных частиц в значительных количествах. В соответствии с этим все время изменяются эффективность очистки и сопротивление фильтра.

Одним из способов очистки запыленных газов является фильтрование через слой зернистого материала. При этом улавливаемые частицы могут откладываться на поверхности фильтрующего слоя или в его порах, либо могут размещаться оба эти варианта. Данный способ имеет ряд достоинств и преимуществ перед другими способами пылеочистки. С помощью зернистых фильтров можно улавливать твердые частицы практически всех размеров. Их преимущество заключается в сравнительной простоте конструкций, невысокой стоимости и доступности зернистых фильтровальных материалов, устойчивости работы при изменении режимных параметров. Фильтровальные слои, например, из песка или гравия способны выдерживать значительные механические нагрузки и перепады давления, надежно работать в горячих и агрессивных средах. Однако сегодня зернистые фильтры применяются сравнительно редко из-за конструктивных недостатков: периодичности действия, громоздкости, малой производительности и несовершенства устройств регенерации фильтрующего слоя.

По способу регенерации фильтрующего слоя различают следующие конструкции фильтров: с удалением загрязненного слоя и отмывкой его вне фильтра; с отмывкой загрязненного слоя на фильтре при механическом разрыхлении и смыве загрязнения обратным током воды или воздуха.

В настоящее время все больший интерес проявляется к аппаратам с подвижной зернистой насадкой, которые позволяют обеспечить непрерывную фильтрацию и расширяют возможности для эффективной регенерации отработанного фильтрующего слоя. К таким аппаратам относятся зернистый фильтр с движущейся (рециркулируемой) насадкой и барабанные зернистые фильтры с вращающейся насадкой. В этих фильтрах реализован способ очистки запыленных газов, позволяющий обеспечить непрерывную работу фильтров с высокой эффективностью улавливания пыли.

Способ обеспечивает очистку запыленных газов в стационарном периоде фильтрования, что предотвращает проникновение частиц пыли в зернистом слое на большую глубину и исключает интенсивный вторичный унос пыли. Использование этого способа для непрерывной фильтрации позволяет стабилизировать во времени остаточную запыленность и гидравлическое сопротивление, а также достичь стабильной и высокой эффективности [159,164].

6.4. Оборудование для улавливания пыли мокрым способом

Мокрые пылеуловители имеют ряд достоинств и недостатков по сравнению с аппаратами других типов [159].

Достоинства:

- небольшая стоимость и более высокая эффективность улавливания взвешенных частиц;
- возможность использования для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;
- возможность очистки газа при высокой температуре и повышенной влажности, а также при опасности возгораний и взрывов очищенных газов и уловленной пыли;
- возможность наряду с пылями одновременно улавливать парообразные и газообразные компоненты.

Недостатки:

- выделение уловленной пыли в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод, т.е. с удорожанием процесса;
- возможность уноса капель жидкости и осаждения их с пылью в газоходах и дымососах;
- в случае очистки агрессивных газов необходимость защищать аппаратуру и коммуникации антикоррозионными материалами.

В мокрых пылеуловителях в качестве орошающей жидкости чаще всего используется вода. В зависимости от поверхности контакта или по способу действия их подразделяют на 8 видов:

- полые газопромыватели;
- насадочные скрубберы;
- тарельчатые (барботажные и пенные);
- с подвижной насадкой;
- ударно-инерционного действия (ротоциклоны);
- центробежного действия;
- механические газопромыватели;
- скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури и эжекторные).

В результате контакта запыленного газового потока с жидкостью образуется межфазная поверхность контакта. Эта поверхность состоит из газовых пузырьков, газовых струй, жидких струй, капель, пленок жидкости. В большинстве мокрых пылеуловителей наблюдаются различные виды поверхностей, поэтому пыль улавливается в них по различным механизмам.

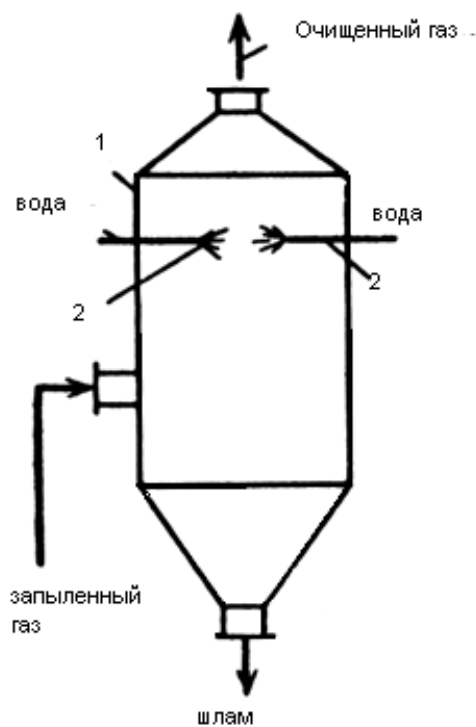


Рис. 2.6. Полый форсуночный скруббер

Наибольшее распространение на предприятиях масложировой промышленности находят полые газопромыватели (форсуночные скрубберы), газопромыватели центробежного действия (центробежные скрубберы) и скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури).

Форсуночные скрубберы. Они представляют собой колонну 1 круглого или прямоугольного сечения, в которой осуществляется контакт между газом и каплями жидкости. Подача жидкости происходит через форсунки 2 (рис. 2.6). Скрубберы обеспечивают высокую степень очистки только при улавливании частиц пыли размером $d = 10$ мкм и малоэффективны при улавливании частиц размером $d < 5$ мкм. Высота скруббера достигает около $2,5 D$ (D – диаметр аппарата). Удельный расход жидкости составляет $0,5 \dots 8$ дм³/м³ газа.

Центробежные скрубберы. Большинство отечественных центробежных скрубберов имеют тангенциальный подвод газов и пленочное орошение. Схема циклона с водяной пленкой представлена на рис. 2.7. Такие аппараты используют для очистки любых видов нецементирующейся пыли. Запыленный газ подается в циклон через входной патрубок 1; очищенный газ выходит через выходной патрубок 2. Для создания на внутренней поверхности стенки пленки воды, ее тангенциально вводят в аппарат через сопла трубок 4, соединенных с кольцевым коллектором 3, расположенным в верхней части аппарата. При содержании пыли, превышающем 2 г/м³, до очистки в циклоне с водяной пленкой рекомендуется предварительная очистка газов в аппарате другого типа. Для улавливания смачиваемой пыли (за исключением волокнистой и цементирующейся) при начальной концентрации до 5 г/м³ используют скоростные промыватели.

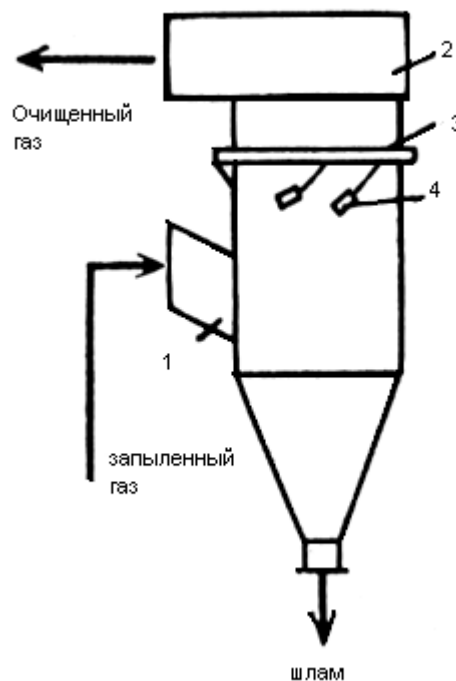


Рис. 2.7. Центробежный скруббер

Скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури). Основной частью аппаратов (рис. 2.8) является сопло Вентури – труба распределитель 1, в конфузорную часть которого подводится запыленный поток газа и через центробежные форсунки жидкость на орошение. В конфузорной части сопла происходит разгон газа от входной скорости (15...20 м/с) до скорости в узком сечении сопла 30...200 м/с и более, что обеспечивает интенсивное дробление орошаемой жидкости. Процесс осаждения частиц пыли на капли жидкости обусловлен массой жидкости, развитой поверхностью капель и высокой относительной скоростью частиц жидкости и пыли в конфузорной части сопла. В диффузорной части сопла поток тормозится до скорости 15...20 м/с и подается в каплеуловитель 2. Каплеуловитель обычно выполняют в виде прямоточного циклона. Скрубберы Вентури обычно обеспечивают высокую эффективность очистки аэрозолей со средним размером частиц 1...2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г/м³.

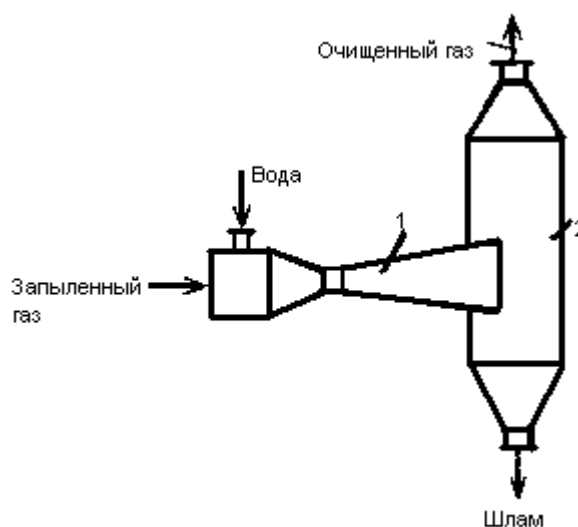


Рис. 2.8. Скруббер Вентури

6.5. Оборудование для улавливания пыли с использованием электрических методов очистки

Электрическая очистка – один из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных в них частиц пыли и тумана. Процесс обеспыливания газов в электрофилт্রে основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда, передаче заряда ионов частицам примесей, транспортировке и осаждении последних на электродах [159].

Основными элементами аппарата являются коронирующий и осадительный электроды. Первый в простейшем виде представляет собой проволоку, натянутую внутри трубки или между пластинами, второй представляет собой поверхность трубки или пластин, окружающих коронирующий электрод.

Загрязненные газы, поступающие в электрофилтър, всегда оказываются частично ионизованными за счет различных внешних воздействий (рентгеновских и космических лучей, радиоактивных излучений, нагрева газа и др.), поэтому они способны проводить ток, попадая в пространство между электродами. Сила тока зависит от числа ионов и напряжения между электродами. При увеличении напряжения в движение между электродами вовлекаются все большее число ионов, и сила тока растет до тех пор, пока в движении не ока-

жуются все ионы, имеющиеся в газе. При этом величина силы тока становится постоянной (ток насыщения), несмотря на дальнейший рост напряжения. При некотором достаточно большом напряжении движущиеся ионы и электроны настолько ускоряются, что, сталкиваясь с молекулами газа, ионизируют их. Образовавшиеся новые ионы и электроны ускоряются электрическим полем. При этом отрицательно заряженные аэрозольные частицы движутся к осадительному электроду под действием аэродинамических и электрических сил, а положительно заряженные частицы оседают на отрицательном коронирующем электроде. Так как объем внешней зоны коронного разряда во много раз больше объема внутренней, большинство частиц пыли получает заряд отрицательного знака. Поэтому основная масса пыли осаждается на положительном осадительном электроде и лишь относительно небольшая – на отрицательном коронирующем электроде.

Эффективность работы электрофильтров зависит от свойств пыли и газа, скорости и равномерности распределения запыленного потока в сечении аппаратов, температуры и влажности газов, напряженности поля и т.д.

Важное влияние на процесс осаждения пыли на электродах оказывает электрическое сопротивление слоев пыли. В реальных условиях снижение удельного электрического сопротивления пыли можно осуществить увлажнением запыленного газа.

Наличие в очищенных газах десятых и сотых долей процента SO_2 и NH_3 значительно повышает электрическую проводимость пыли.

При высоких температурах газа понижается электрическая прочность межэлектродного пространства, что приводит к ухудшению улавливания пыли.

В зависимости от формы осадительных электродов фильтры делятся на пластинчатые и трубчатые. В пластинчатых электрофильтрах имеется большое количество параллельных осадительных пластин, между которыми натянуты проволочные коронирующие электроды. В трубчатых электрофильтрах осадительные электроды представляют собой цилиндры (трубки), внутри которых по оси расположены коронирующие электроды.

Для нормальной работы электрофильтров необходимо обеспечить чистоту осадительных и коронирующих электродов. По мере осаждения пыли на электродах понижается эффективность пылеулавливания. Так как пыль имеет большое электрическое сопротивление, то слой на электроде действует как изолятор, и коронный разряд прекращается. Во избежание этого явления электроды периодически очищают.

По способу удаления осажженной на электродах пыли электрофильтры разделяют на сухие и мокрые. В мокрых аппаратах осажженная пыль смывается жидкостью, чаще всего водой, в сухих – удаляется встряхиванием.

Электрофильтры как более сложное и дорогостоящее оборудование, обеспечивающее тонкую очистку воздуха, обычно комбинируют с другими пылеочистными устройствами, устанавливаемыми на начальных ступенях очистки. В результате повышается экономичность и эффективность очистки.

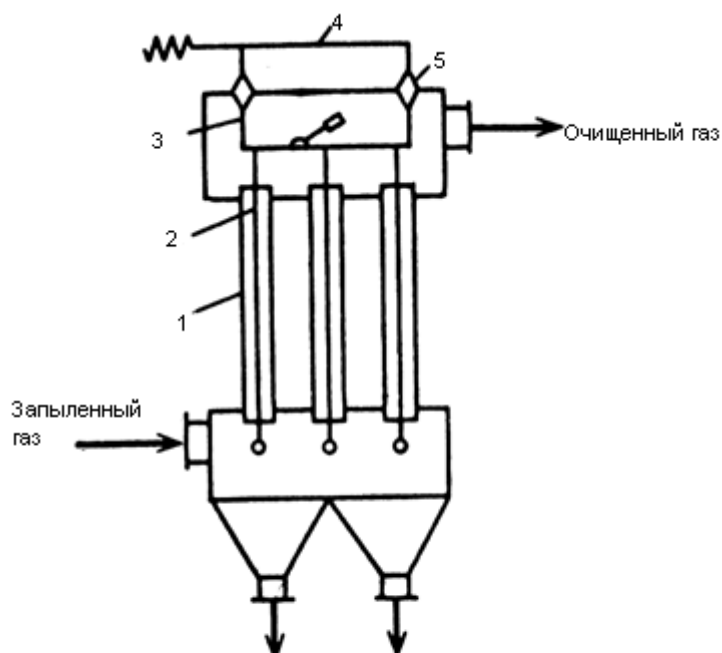


Рис. 2.9. Трубчатый электрофильтр

внутренней поверхности труб. При помощи встряхивающего устройства ее удаляют в бункер.

Электрофильтры очищают большие объемы газов от пыли с частицами размером от 0,01 до 100 мкм при температуре газов до 400...450 °С. Гидравлическое сопротивление их достигает 150 Па. Затраты электроэнергии составляют 0,36...1,8 МДж на 1000 м³ газа.

Сухие электрофильтры типа УГМ (унифицированные горизонтальные малогабаритные) рекомендуется применять для тонкой очистки газов от пыли различных типов. В корпусе электрофильтра установлены коронирующие и осадительные электроды. Равномерный подвод газа к электродам достигается установкой распределительной решетки на входе в фильтр. Периодическая очистка электродов производится встряхивающим механизмом.

На рис. 2.10 показана конструктивная схема мокрого электрофильтра. В корпусе 3 установлены коронирующие и осадительные электроды 2, к которым

Схема трубчатого электрофильтра представлена на рис. 2.9. Запыленный газ движется по вертикальным трубам диаметром 200...250 мм, являющимся осадительными электродами 1, внутри которых расположены коронирующие электроды 2. Электроды крепятся к раме 3, соединенной через изолятор 5 со встряхивающим устройством 4. Пыль оседает на

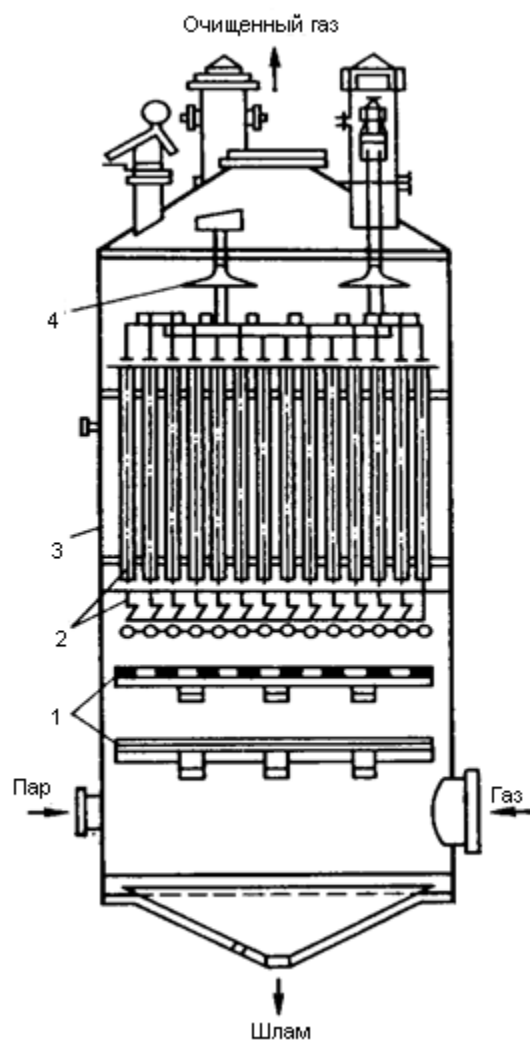


Рис. 2.10. Мокрый электрофильтр

подводится газ через распределительные решетки 1. В верхней части фильтра установлены улавливающие зонты 4. Уловленная на электродах пыль собирается в бункере и через гидрозатвор выводится из аппарата.

Электроциклоны обладают всеми преимуществами циклона и в то же время способны улавливать тонкодисперсную диэлектрическую пыль с размерами частиц 0,5...15 мкм. Эффективность очистки в электроциклонах для этих фракций составляет около 96...98 %.

Для очистки вентиляционных

выбросов от пыли и туманов разработаны электрические туманоуловители. Туманы образуются вследствие термической конденсации паров или в результате химического взаимодействия веществ, находящихся в аэродисперсной системе. Туманы образуются, например, при испарении масел. Электрический туманоуловитель типа УУП показан на рис. 2.11. В корпусе 1 установлен электрический двухзонный электрофильтр 2, который питается от источника 4 напряжением 13 кВ. Подвод питания к электродам производится через высоковольтные электроизоляторы с клеммами 3. Загрязненный воздух через входной патрубок, распределительную решетку 8 и сетку 7 поступает к туманоуловителю, очищается от примесей и, пройдя каплеуловитель 5, подается на выход аппарата. Жидкость, отделенная от воздуха, собирается в воронках 6, а затем сливается из аппарата через гидрозатворы. Электрический туманоуловитель типа УУП сочетает высокую эффективность улавливания примесей с низким гидравлическим сопротивлением.

При использовании электрофильтров для очистки воздуха от аэрозолей горючих веществ необходимо, чтобы максимальная температура аэрозольной смеси была на 20...25 °С ниже температуры вспышки улавливаемой жидкости, а возможная максимальная концентрация горючей жидкости в аэрозольной смеси – не менее чем на один порядок меньше нижнего концентрационного предела воспламенения данной смеси. Это позволяет устранять возможность воспламенения фильтрата в электроуловителе.

В настоящее время пылеотделители, в которых используются электрические методы улавливания, не распространены на предприятиях пищевой промышленности. Однако их применение при определенных условиях может обеспечить эффективную очистку воздуха от пыли, в первую очередь от высокодисперсной, которая в используемых в настоящее время пылеотделителях улавливается недостаточно эффективно. При этом необходимо строго соблюдать требования техники безопасности и предупреждать возможность взрывов.

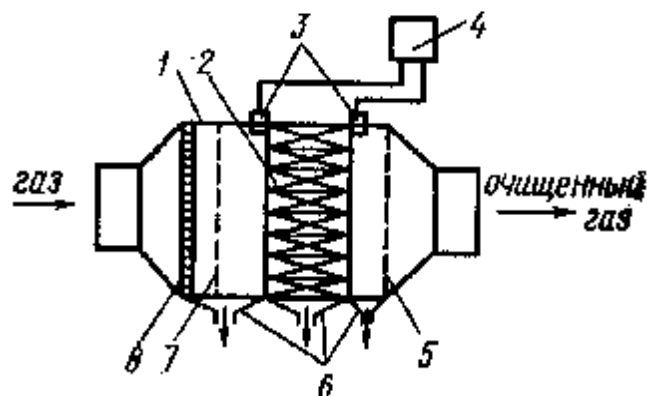


Рис. 2.11 Электрический туманоуловитель

6.6. Пылеулавливание на маслоэкстракционных предприятиях

Основным сырьем для производства растительного масла в нашей стране являются семена подсолнечника. Другие масличные культуры имеют не большой удельный вес. Поэтому в данном пособии будут рассмотрены вопросы, связанные с пылеулавливанием на предприятиях по переработке семян подсолнечника.

6.6.1. Источники пылевыделений при переработке семян подсолнечника

Подготовительный цех предприятия, перерабатывающего семена подсолнечника, состоит из сепараторного и рушильно-веечного отделения. В этих отделениях происходит интенсивное выделение пыли.

В сепараторном отделении на сепараторах и семеновейках проводится очистка семян от примесей. Крупные примеси отделяются на ситах сепаратора, а мелкие удаляются с аспирируемым воздухом с помощью вентиляторов, встроенных в технологическое оборудование. Отделение примесей в семеновейках в основном происходит за счет пневматической аспирации различных фракций семян, чем обычно обеспечивается более высокая степень очистки.

В рушильно-веечном отделении очищенные семена подсолнечника обрушиваются в рушанках или машинах, и измельченный материал (рушанка) поступает к семеновейкам для отделения ядра от лузги.

Запыленный воздух, удаляемый от технологического оборудования, содержит частицы пыли размером от долей микрометра до нескольких миллиметров. Последние лишь условно могут быть отнесены к частицам пыли.

В подготовительных отделениях у большинства источников пылевыделения имеются укрытия и местные отсосы. Однако из-за несовершенства оборудования, а также применяемых аспирационных устройств значительная часть пыли не улавливается и поступает в помещение. В результате этого запыленность воздуха в производственных помещениях в ряде случаев значительно превышает ПДК.

В производственных помещениях маслоэкстракционных предприятий имеется также вторичное пылеобразование, которое происходит вследствие взмучивания осевшей пыли при уборке несовершенными способами, под воздействием струй приточного воздуха, при движении людей и т.д.

Пыль, выделяющаяся при переработке семян подсолнечника, многокомпонентна: она состоит из органической и минеральной частей. На элеваторах семян пыль, отобранная из воздухопроводов, содержит до 20 % минеральных частиц, а в подготовительных цехах – до 14 %. Пыль подготовительных отделений имеет сложный химический состав. Спектральный анализ показал присутствие в пыли более 20 химических элементов, в том числе кремния, алюминия, маг-

ния, кальция железа, марганца, никеля, титана, ванадия, хрома, молибдена и др. Предельно допустимая концентрация данной пыли определяется содержанием в ней свободного диоксида кремния. Его содержание изменяется по ходу технологического процесса от 9,07 % в сепараторном отделении до 2,66 % в контрольно-сепараторном отделении. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ПДК должна быть принята 4 мг/м³.

Данные по плотности, масличности, влажности, зольности и угла естественного откоса пыли приведены в табл. 2.5 [161].

Таблица 2.5

Характеристика пыли, образующейся при переработке семян подсолнечника

Место отбора проб пыли (в воздуховоде после оборудования)	Насыпная плот- ность, кг/м ³	Угол ес- тествен- ного от- коса, град.	Мас- лич- ность, %	Влаж- ность, %	Золь- ность, %
Элеватор семян					
Сепаратор первой очистки	143	43	12,0	10,1	19,6
Сепаратор второй очистки	141	48	11,7	9,9	16,7
Барабанная сушилка	186	50	9,1	8,4	27,8
Подготовительный цех					
Сепаратор производственной очистки	138	46	10,0	7,8	13,6
Семенорушка	137	55	34,8	7,6	12,5
Семеновейка	136	59	34,5	7,5	10,0
Контрольный сепаратор	134	58	33,9	7,4	9,5
Элеватор шрота					
Весы нории	346	42	1,6	8,2	-

6.6.2. Эффективность пылеулавливающего оборудования при переработке семян подсолнечника

На маслоэкстракционных предприятиях, перерабатывающих семена подсолнечника, применяется то же пылеулавливающее оборудование, что и на предприятиях других отраслей промышленности. При этом не учитывается особенность пыли, выделяющейся при переработке семян подсолнечника.

Для очистки воздуха применяют тканевые фильтры и циклоны различных типов как одиночные, так и групповые. Другие виды пылеулавливающего оборудования в настоящее время на маслоэкстракционных предприятиях не используются. Почти исключительно применяется одноступенчатая схема очистки воздуха. Пылеулавливающее оборудование во многих случаях установлено на нагнетательной линии вентилятора, несмотря на все недостатки этой схемы (износ вентиляторов, пожароопасность и т.д.). Применение такой схемы очистки объясняется в основном тем, что запыленный воздух на очистку подается

вентиляционными установками, скомпонованными с технологическим оборудованием. Применение схемы с расположением пылеуловителей на всасывающей линии требует дополнительной установки вентиляторов.

В подготовительных отделениях маслоэкстракционных предприятий для очистки воздуха от пылей применяют рукавные фильтры двух типов: нагнетательные (рис. 2.12, а, б) и всасывающие (рис. 2.12, в, г). На рис. 2.12 показан общий вид фильтров данных типов. Вследствие более простого устройства на заводах наиболее широкое применение получили нагнетательные фильтры. К этим фильтрам относятся фильтры типа ЗФ-140 и ЗФ-190. Цифры показывают количество матерчатых рукавов для фильтрации воздуха. Диаметр рукавов 125...150 мм, длина 2000 мм. Степень очистки воздуха у них составляет 95 %.

Всасывающие фильтры ФВ-30, ФВ-60 и другие, например фирмы "Бюлер", представляют собой более сложную конструкцию, чем рукавные. Цифры показывают площадь фильтрующей поверхности в квадратных метрах. Они более дорогие, имеют большее сопротивление, но обеспечивают очень высокую очистку запыленного воздуха (до 99 %). Для их работы необходима установка дополнительного всасывающего вентилятора, тогда как нагнетательные фильтры работают от вентилятора очистительной машины. Это ограничивает применение всасывающих фильтров на маслодобывающих заводах. Общим недостатком матерчатых фильтров для очистки запыленного воздуха является их высокая пожароопасность [166].

Для обеспыливания воздуха на заводах, перерабатывающих масличные семена, относительно часто применяют центробежный способ с помощью разного типа циклонов. Эффективность работы воздухоочистительных устройств оценивается коэффициентом пылезадержания. Для циклонов эта величина составляет 92...99 % общей запыленности воздуха до циклона. Чем меньше диаметр циклона, тем больше величина центробежных сил, создаваемых в нем, и тем выше коэффициент пылезадержания.

Так, коэффициент пылезадержания циклонов с цилиндрической частью типа ЦОЛ диаметром 960...1928 мм (рис. 2.13, а) составляет не более 92 %. Циклоны этого типа вследствие недостаточной очистки воздуха устанавливают вне производственных помещений. Циклоны имеют высокую производительность (по воздуху), обычно равную объему воздуха, выбрасываемого вентиляторами очистительной машины, поэтому их устанавливают по одному к каждой машине. Использование таких циклонов нежелательно не только из-за низкого пылеотделения, но и потому, что их работа связана со значительным выбросом в атмосферу воздуха из производственных помещений, где установлены машины для очистки семян. В связи с этим при работе таких циклонов в производственных помещениях неизбежно охлаждение рабочих мест из-за подсосов воздуха через неплотности окон и дверей.

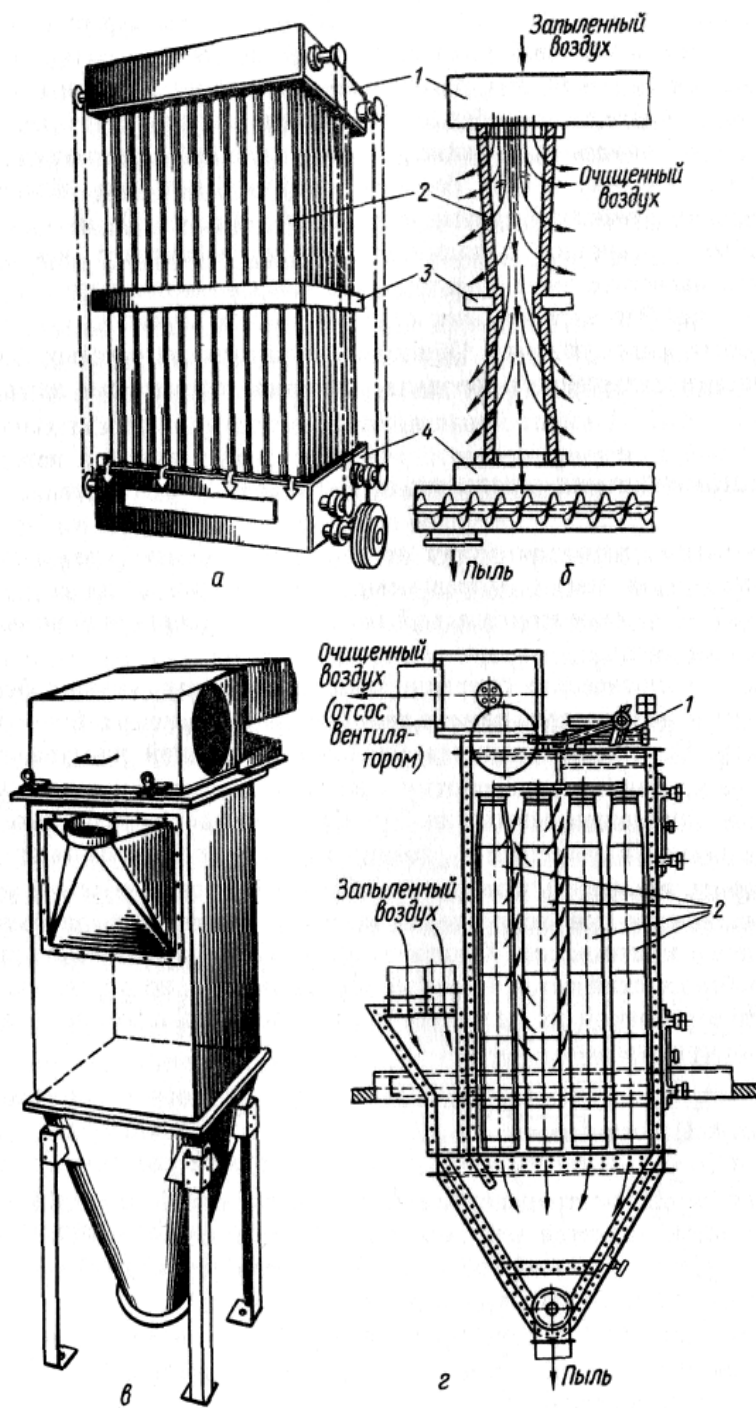


Рис.2.12. Устройство для очистки воздуха от пыли фильтрацией через ткань:

а – рукавный нагнетательный фильтр (общий вид); б – схема работы; 1 – приемная камера, 2 – матерчатые рукава, 3 – решетчатая рама для стряхивания пыли с рукавов; 4 – нижняя камера; в – внешний вид всасывающего фильтра; г – схема работы всасывающего фильтра; 1 – механизм для встряхивания рукавов, 2 – матерчатые рукава

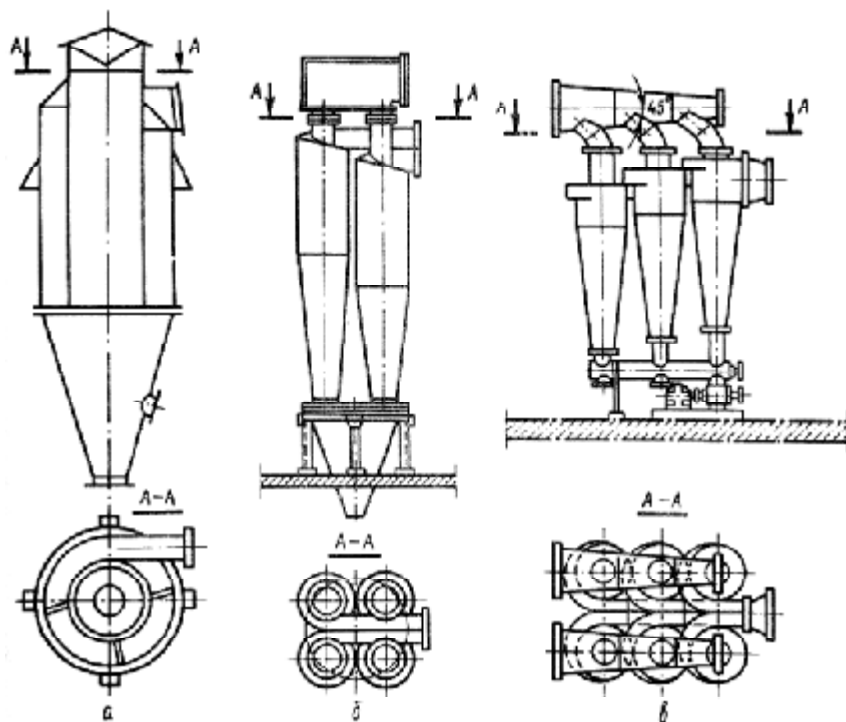


Рис.2.13. Циклоны для очистки воздуха

2x3 УЦ диаметром 200...350 мм (рис. 2.13, в). Коэффициент пылезадержания составляет 98...99 %. Эти циклоны из-за малой производительности устанавливают по 6...12 и более штук на одну машину и называют батарейными или мультициклонами. Недостатком этих циклонов является то, что они не могут работать на волокнистой пыли [166].

Воздушно-ситовые сепараторы А1-БИС и А1-БЛС, как правило, комплектуются специальными циклонами горизонтального типа. Горизонтальный циклон А1-БЛД (рис. 2.14) состоит из конического корпуса 2, отражателя 4 и сборника отходов 5. У входного патрубка закреплены четыре лопасти 1, выгнутые по спирали. Внутри корпуса соосно расположен конический рассекающий элемент 3. Со стороны выпуска отходов к конусу приварен сборник отходов 5, в нижней части которого расположены два смотровых окна из органического стекла. Отражатель 4 прикреплен к торцевой стенке сборника отходов, который имеет выходным патрубком и внутренним конусом. Последний улавливает частицы отходов, отскакивающие от стенок. Воздух с легкими примесями и пылью поступает в циклон и проходит через лопасти 1, при этом воздушному потоку сообщается враща-

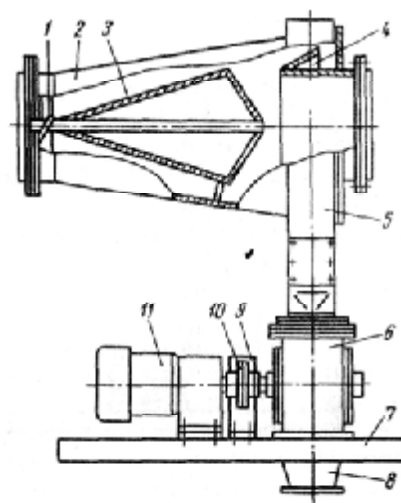


Рис.2.14. Горизонтальный циклон А1-БЛД

Циклоны типа 4 БЦШ имеют меньший диаметр (450...650 мм) (рис. 2.13, б) и обеспечивают более эффективное пылезадержание (до 96 %). Они могут быть установлены в помещении цеха. Вследствие меньшей пропускной способности (по воздуху) их устанавливают группами по 4...6 на каждую очистительную машину, поэтому их называют групповыми циклонами.

Еще более качественной очистки воздуха достигают при установке циклонов типа

тельное движение. С помощью рассекателя 3 воздух направляется к стенкам конического корпуса 2. Пройдя рассекатель, воздух меняет направление движения и выходит из циклона через выпускной патрубок. Легкие примеси с большей, чем у воздуха, инерционностью движутся вдоль внутренней поверхности стенок корпуса и ударяются о стенку отражателя 4. Скорость их гасится, и они скатываются в сборник отходов 5. Отходы выводятся через шлюзовой затвор 6, который работает от мотор-редуктора 11 и патрубков 8. Мотор-редуктор 11 расположен на основании 7 и соединен с шлюзовым затвором 6 через муфту 10; имеется ограждение 9.

Пропускная способность циклона с диаметром цилиндрической части 700 мм составляет 4500 м³/ч запыленного воздуха, сопротивление воздушному потоку 600 Па. Коэффициент пылезадержания у горизонтального циклона невелик (до 90...95 %), так как циклон предназначен для предварительной очистки воздуха от крупных частиц легких примесей. Поэтому воздух, выходящий из горизонтального циклона, должен быть подвергнут дополнительной очистке на батарейных циклонах, которые на предварительно очищенном воздухе работают устойчиво и эффективно [166].

Сравнение эффективности пылеотделителей различных типов (табл.2.6 и табл. 2.7), применяемых на ряде маслоэкстракционных предприятий, показало, что каждый из видов применяемого оборудования имеет как недостатки, так и преимущества [162].

Таблица 2.6

Характеристика рукавных фильтров в подготовительных отделениях маслоэкстракционных предприятий, перерабатывающих семена подсолнечника

Технологическое оборудование	Тип пылеуловителя	Ткань	Производительность, м ³ /ч	Гидравлическое сопротивление, Па	Запыленность, мг/м ³	Степень очистки, %
Сепаратор ЗСМ 3-й очистки семян	ЗФ-140	Бязь	7500/9410	980/150	368/8,2	97,8
Семеновейка МС1-50	ЗФ-140	То же	4200/5400	430/140	1740/3,5	99,8
Семеновейка МС1-50	ЗФ-140	«	4760/5820	410/120	850/2,4	99,7
Контрольный сепаратор ЗСМ	ЗФ-140	«	8180/10200	920/110	420/1,2	99,7
Шнеки для удаления пыли от фильтров	ЗФ-140	«	9220/10800	830/100	730/3,6	99,5
Семеновейка МС1-50	ФВ-90	Сукно	— / 7350	1060/—	580/0,6	99,9
Примечание: в числителе – показания до регенерации, в знаменателе – после регенерации						

Таблица 2.7

Характеристика циклонов в подготовительных отделениях
маслоэкстракционных предприятий, перерабатывающих
семена подсолнечника [162]

Технологическое оборудование	Тип пылеуловителя	Диаметр, мм	Производительность, м ³ /ч	Скорость на входе, м/с	Гидравлическое сопротивление, Па	Запыленность, мг/м ³		Степень очистки, %
						до очистки	после очистки	
Бункер приема семян с железной дороги	ЦОЛ-6	1101	5670	17,4	839	2966	854	71,2
Барабанная сушилка	ЦН-15	1200	9740	11,0	578	450	49	89,1
Сепаратор ЗСМ 1-й очистки	ЦОЛ-10	1400	9000	16,1	738	748	160	78,6
Сепаратор ЗСМ 1-й очистки	ЦОЛ-10	1400	9790	17,5	843	531	92,4	82,6
Места течки семян на транспортер	ЦОЛ-3	785	3080	18,9	940	284	36	78,6
Сепаратор ЗСМ 3-й очистки	2×4 УЦ	700	10230	11,6	1160	645	27,8	87,3
Семенорушка МНР	4 БЦШ	550	6270	15,0	785	807	20	95,7
Семеновейка М1С-50	4 БЦШ	550	5300	10,5	391	2146	36	98,3
Семеновейка М1С-50	4 БЦШ	500	5120	10,1	380	821	15,6	98,1

Затруднения с процессом регенерации рукавов требует интенсификации процесса регенерации, а это приводит к быстрому повреждению фильтровальных тканей, обладающих невысокой механической прочностью (сукно, бязь).

Рукавные фильтры по сравнению с циклонами имеют высокую эффективность очистки (до 99,9 %). Однако это значительное их преимущество не может восполнить существенных недостатков данного оборудования при его применении в подготовительных отделениях предприятий, перерабатывающих семена подсолнечника. Рукавные фильтры громоздки, и бывает трудно разместить их в производственных помещениях. Пыль данного производства из-за своих специфических свойств, поступая в рукавный фильтр, забивает его, образуя плотный слой. Пыль содержит значительное количество масла, фильтро-

вальная ткань пропитывается маслом и становится на многих участках непроницаемой для воздуха. Процесс фильтрации нарушается. Пыль данного производства пожароопасна. Скопление ее в рукавах фильтра представляет пожарную опасность, и были случаи воспламенения рукавных фильтров на маслоэкстракционных комбинатах.

В циклонах степень очистки ниже, чем в фильтрах, а гидравлическое сопротивление выше. Особенности данной пыли (повышенная влажность, маслянистость) вызывают налипание пыли на стенках циклона. Неплотности в циклоне вызывают значительный подсос воздуха. Подсасываемый воздух нарушает процесс пылеотделения. Отверстия для выгрузки пыли из циклона малого диаметра часто забиваются пылью. Малая плотность и значительная парусность пыли приводят к выносу части как мелкодисперсной, так и крупнодисперсной фракции пыли из циклона при скорости входа запыленного воздуха в циклон свыше 16 м/с. В результате этого в производственных помещениях, где осуществляется рециркуляция воздуха после пылеулавливающего оборудования, запыленность воздуха выше при применении циклонов, чем при использовании рукавных фильтров.

Однако такие значительные преимущества циклонов, как меньшая занимаемая производственная площадь, меньшая пожароопасность, более простая эксплуатация, привели к тому, что на предприятиях происходит замена рукавных фильтров циклонами различных типов.

На основании исследований пылеулавливающего оборудования, применяемого на предприятиях, перерабатывающих семена подсолнечника, можно сделать вывод, что существующее оборудование (как рукавные фильтры, так и циклоны) не отвечает требованиям, предъявляемым к очистке.

В подготовительных цехах при переработке подсолнечника должны найти применение устройства, обеспечивающие высокую степень очистки, не создающие опасность пожара, хорошо регенерирующиеся.

6.6.3. Мероприятия по уменьшению пылевыведений при переработке семян подсолнечника

Если сопоставить между собой все преимущества и недостатки основных видов применяемого пылеулавливающего оборудования, можно прийти к выводу, что при очистке воздуха от пылей подсолнечника перспективны циклонные аппараты, в конструкциях которых были бы учтены свойства улавливаемой пыли и особенности технологического процесса. Таким аппаратом может быть циклон с обратным конусом, имеющий устройство для регулирования, поскольку возможны периодические изменения воздушного режима и свойств улавливаемой пыли, обусловленные изменением свойств перерабатываемого сырья.

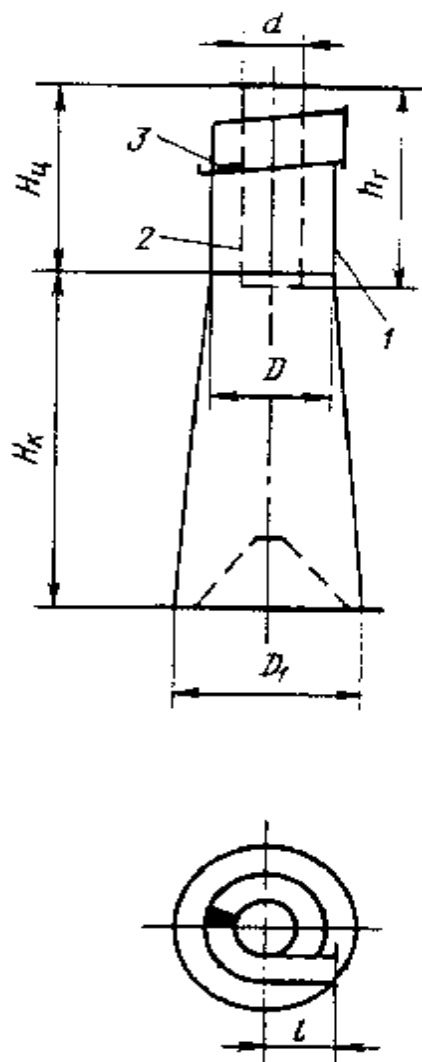


Рис. 2.15. Циклон РЦ

Конструкция аппарата должна предотвращать налипание пыли на стенки циклона и создавать возможности ее удаления.

Для очистки воздуха от слипающихся и маслянистых пылей подсолнечника разработан и внедрен регулируемый циклонный аппарат РЦ (рис.2.15). Основными частями аппарата являются корпус 1, выхлопная труба 2 и регулирующая лопатка 3. Он имеет обратный конус, снабжен спирально-винтовым закручивающим аппаратом и регулирующим устройством. Закручивающий аппарат циклона выполнен в виде спирализованного винта, в нем размещено регулирующее устройство, которое представляет собой направляющую лопатку. Лопатка расположена на входе запыленного воздуха из направляющего аппарата в обратный конус в нижней плоскости закручивающего аппарата. С помощью рукоятки лопатка устанавливается под заданным углом.

Газопылевой поток, проходя через входной патрубок в закручивающем элементе, приобретает вращательное движение, в результате чего происходит интенсивная сепарация частиц пыли. Образующийся вихревой поток поступает в обратный конус через входное отверстие, в котором установлена направляющая лопатка. В зависимости от свойств поступающей пыли, степени запыленности потока и т.д.

направляющую лопатку поворачивают вокруг оси при помощи рукоятки. Направляющая лопатка изменяет скорость и угол движения газопылевого потока в обратном конусе и определяет соотношение между осевой, тангенциальной и радиальной составляющими скорости газопылевого потока. В обратном конусе частично обеспыленный поток продолжает вихревое движение. Здесь под действием центробежных сил происходит дальнейшая сепарация пыли, которая затем транспортируется в бункер. Очищенный газ выходит через выхлопную трубу.

Аппараты РЦ рекомендуется применять для улавливания пылей, склонных к слипанию, с повышенной влажностью или маслянистостью, содержащих очень крупнодисперсную фракцию, обладающих повышенной абразивностью.

На маслоэкстракционных предприятиях, перерабатывающих семена подсолнечника, применение этих циклонов целесообразно в системах аспирации,

пневмотранспорта, технологических установках. Данный аппарат в полной мере соответствует особенностям пылей, выделяющихся при переработке подсолнечника. Эти системы весьма перспективны как в масложировой, так и в других отраслях, поскольку они исключают поступление запыленного воздуха в производственные помещения и имеют ряд других преимуществ [162].

6.6.4. Источники пылевыведений при переработке шротов

Шроты получают в процессе извлечения масла из форпрессового жмыха путем экстрагирования его органическими растворителями. Шроты представляют собой рыхлую сыпучую массу с содержанием масла от 0,8 до 2 %. В них содержится много белковых веществ, витамины группы В и Е. Основные свойства пыли шрота подсолнечника приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8
Характеристика пыли шрота подсолнечника [162]

Место отбора проб пыли (в воздуховоде после оборудования)	Насыпная плотность, кг/м ³	Угол естественного откоса, град.	Масличность, %	Влажность, %	Зольность, %
Элеватор шрота подсолнечника	331...460	27...34	н/б 54	3,5...19,9	н/б 3,1
Шрот	327...407	45	н/б 2	7...9,5	5,3...8,4
Пыль от весов, норий	346	42	1,6	8,2	5,9...8,2

В процессе образования шрота, его обработки, транспортирования и хранения выделяется ряд вредных веществ, основными из которых являются пары бензина и пыль шрота. Пыли различных шротов представляют собой также измельченный в процессе сушки, пневмотранспортирования и дробления шрот. Пыль шрота во многом идентична для различных масличных культур, и ее, как и шрот, используют в качестве корма для животных.

В производственных помещениях элеватора шрота пыль поступает в воздух рабочей зоны при работе норий, транспортеров, сепараторов, дробилок, а также в результате вторичного пылеобразования.

В атмосферу пыль шрота поступает после пылеуловителей систем аспирации, пневмотранспорта шрота для складирования и при отгрузке его. Основными местами пылевыведения от норий являются головка и башмак.

Во всех производственных помещениях элеватора шрота, надсилосных и подсилосных этажах силосных корпусов, складах шрота следует предусматривать централизованные системы вакуумной пылеуборки.

Для очистки воздуха от пылей различных шротов в настоящее время на предприятиях в основном применяют двухступенчатые схемы очистки. В то же время в эксплуатации имеются системы аспирации с одной до четырех ступеней очистки воздуха. Концентрация пыли в воздухе, поступающем в атмосферу после очистки, как правило, превышает допустимую по санитарным нормам.

Для очистки воздуха от пылей шрота разработан циклонный аппарат с перераспределяющими лопатками (РЦП) на базе регулируемого циклонного аппарата РЦ [162].

Циклонный аппарат с перераспределяющими лопатками (рис.2.16) состоит из корпуса 1, нижняя часть которого имеет форму обратного конуса. Отличительной особенностью циклонного аппарата является наличие на выхлопной

трубе перераспределяющих лопаток 2. Газопылевой поток подводится через входной патрубок, а для отвода очищенного воздуха служит выхлопная труба.

Перераспределяющие лопатки 2 выполнены в виде плоских прямоугольных пластин, которые установлены на некотором расстоянии от выхлопной трубы, причем вертикальная ось лопатки параллельна вертикальной оси циклонного аппарата. Лопатки размещены под некоторым углом к радиусу выхлопной трубы, проходящему через ось крепления лопаток.

Принцип действия циклонного аппарата следующий. Запыленный воздух поступает во входной патрубок закручивающего аппарата, где приобретает винтовое движение. В результате во вращающемся потоке начинается интенсивная сепарация частиц пыли. Проходя зону лопатки, газопылевой поток разделяется на две части. Одна часть потока обтекает лопатку с внешней стороны и отклоняется к внешней стенке циклонного аппарата. Это способствует тому, что пылевые частицы в силу их инерции достигают внешней стенки циклонного аппарата. Другая

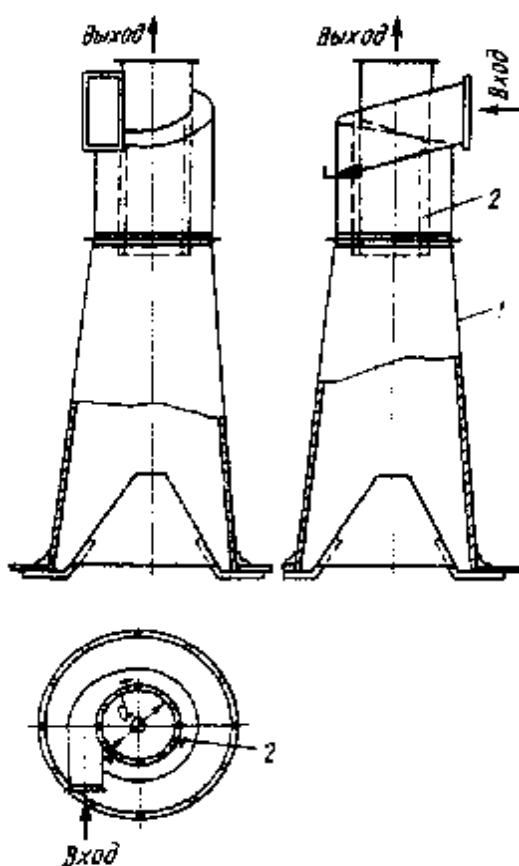


Рис. 2.16. Циклон с перераспределяющими лопатками РЦП

часть потока обтекает лопатку с внутренней стороны и попадает в зазор между плоскостью лопатки и стеной выхлопной трубы. Проходя через этот зазор, имеющий форму трубы Вентури, газопылевой поток за счет уменьшения сечения канала увеличивает свою скорость и несколько турбулизуется. Это способствует увеличению интенсивности сепарации и коагуляции частиц пыли в

зоне выхлопной трубы и перемещению ее к наружной стенке циклонного аппарата.

После первой лопатки пылевой поток, совершив четверть оборота, попадает в зону второй лопатки, где процесс повторяется снова, и так в зоне каждой лопатки. Образующийся вихревой поток поступает в обратный конус через входное окно, где продолжает свое движение. Под действием центробежных сил здесь происходит дальнейшая сепарация частиц пыли, которые затем поступают в бункер. Очищенный воздух отводится через выхлопную трубу.

Для очистки воздуха от пылей шрота разработана двухступенчатая система (рис.2.17). Установка состоит из охладителя шрота 1, сборного коллектора 2, циклонов с конусом – коагулятором 3, регулируемых циклонных аппаратов с перераспределяющими лопатками РЦП 4, вентилятора 5.

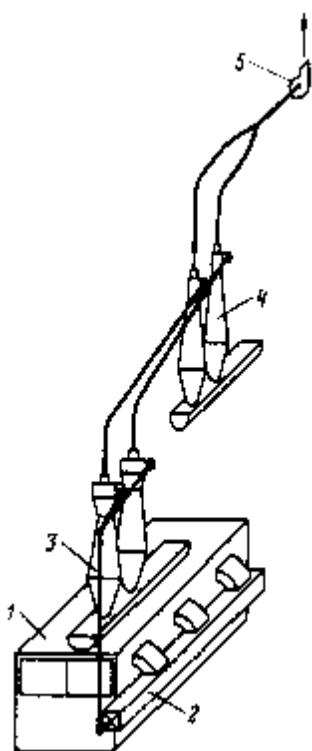


Рис. 2.17.

Двухступенчатая установка для очистки воздуха от пыли шрота

В качестве 1-й ступени использованы циклонные аппараты с конусом – коагулятором, в качестве 2-й – циклоны с перераспределяющими лопатками. Циклоны с конусом – коагулятором применяются в системах аспирации предприятий масложировой промышленности, перерабатывающих семена хлопчатника, пыль которых имеет волокнистые пылевые частицы. Данные циклоны отличаются наличием дополнительного конического элемента – конуса-коагулянта. Т.е. нижняя его часть состоит из двух конических элементов, соединенных меньшими основаниями. В конусе-коагуляторе в результате увеличения скорости происходит турбулизация потока. Волокнистые пылевые частицы коагулируют, образуя устойчивые агрегаты. Вследствие этого эффективность очистки воздуха в циклоне повышается, так как увеличивается количество крупной фракции, и мелкодисперсная пыль захватывается крупнодисперсными частицами. При улавливании пылей других шротов, не содержащих волокнистых частиц, в качестве первой ступени можно устанавливать регулируемые циклонные аппараты РЦ.

Установка внедрена на Кокандском масложировом комбинате в отделении шрота. Эффективность очистки воздуха от пыли хлопкового шрота составила 99,8 %. Установка может быть рекомендована для широкого применения в отрасли [162].

7. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Для очистки промышленных и вентиляционных газовых смесей органических веществ перед выбросом в атмосферу обычно применяют абсорбционные методы, что позволяет обеспечить экологическую безопасность производства и уловить ценные органические соединения .

Процессы очистки и обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов от газо- и парообразных примесей характеризуется тем, что,

во-первых, газы, выбрасываемые в атмосферу, весьма разнообразны по химическому составу;

во-вторых, они часто имеют достаточно высокую температуру и содержат большое количество пыли, что существенно затрудняет процесс газоочистки и требует предварительной подготовки отходящих газов;

в-третьих, концентрация газообразных и парообразных примесей чаще в вентиляционных и реже в технологических выбросах обычно переменна и низка.

Для масложировой промышленности характерно выделение в атмосферу следующих газообразных примесей: аммиак или фреон (из компрессорных установок); пары щелочи (из бутылкомоечных машин); пары растворителей (экстракция растительных масел); водород (гидрирование растительных масел); пары уксуса (изготовление майонеза); запахи (жарение семян или их влаготепловая обработка, выжимание растительного масла). Загрязнение газов обусловлено дымами углеродистых, жидких и полужидких частиц, жирами, маслами, кислотами и их смесями.

Методы очистки промышленных выбросов от газообразных загрязнителей по характеру протекания физико-химических процессов делят на пять основных групп:

- промывка выбросов растворителями примесей (абсорбция);
- промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (хемосорбция);
- поглощение газообразных примесей твердыми активными веществами (адсорбция);
- термическая нейтрализация отходящих газов;
- поглощение примесей путем применения каталитического превращения.

Метод абсорбции. Очистка газовых выбросов методом абсорбции заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов (абсорбатов) этой смеси жидким поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. При протекании химической реакции в жидкой фазе абсорбируемый компонент вступает в реакцию с поглотителем. Большинство реакций, протекающих в процессе хемосорбции, являются экзотермическими и обратимыми, поэтому при повышении

температуры раствора образующиеся химические соединения разлагаются с выделением исходных компонентов. На этом принципе основан механизм десорбции хемосорбента.

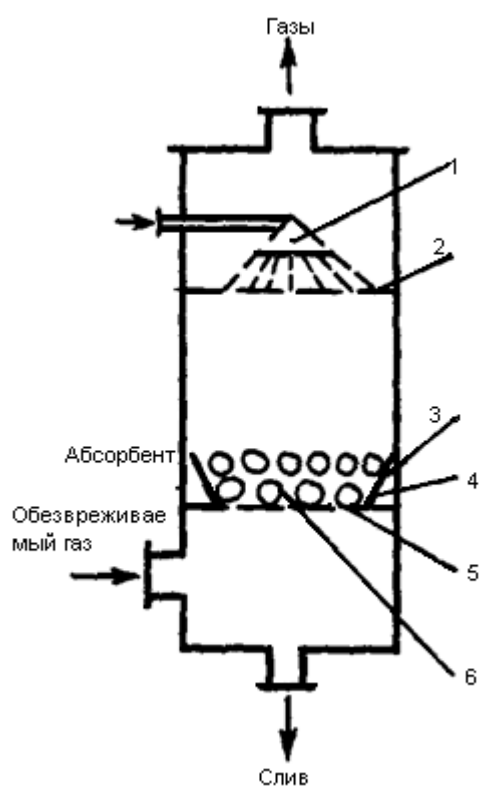


Рис. 2.18. Скруббер с подвижной насадкой

элемент 4, делящий пространство опорной решетки на кольцевую 3 и центральную 6 зоны. В качестве насадочных тел используют полые, сплошные и перфорированные шары, а также кольца, полукольца, кубики, скрещенные сплошные и перфорированные диски.

Обрабатываемый газ подается в аппарат под опорную решетку и делится на два потока: центральный и кольцевой. При прохождении кольцевой зоны поток газа сужается, увеличивает скорость движения, вступает в контакт с прижимаемыми к стенке элементами подвижной насадки и перемещает их от стенки в центральный поток. Насадка совершает пульсационное движение в центральном и прилегающем к стенке аппарата потоках, турбулизирует взаимодействующие фазы и обеспечивает высокую эффективность обработки газа жидкостью. В тех случаях, когда в результате процесса выпадает осадок, подвижная насадка удаляет его со стенок корпуса аппарата или опорной решетки.

Методы абсорбции и хемосорбции, применяемые для очистки промышленных выбросов, называют мокрыми. Преимущество абсорбционных методов заключается в экономичности очистки большого количества газов и осуществлении непрерывных технологических процессов.

Хемосорбция – один из распространенных способов очистки отходящих газов от оксидов азота, сероводорода, диоксида серы, углекислого газа и др.

Основным видом аппаратуры для реализации процессов хемосорбции служат насадочные башни, пенные и барботажные скрубберы, распылительные аппараты типа труб Вентури и аппараты с различными механическими распылителями. В промышленности распространены аппараты с подвижной насадкой, к достоинствам которых относится высокая эффективность разделения при умеренном гидравлическом сопротивлении, а также большая пропускная способность по газу.

На рис.2.18 показана принципиальная схема скруббера с подвижной насадкой. В верхней части аппарата установлен ороситель 1, под ним размещены верхняя 2 и нижняя 5 опорная ограничительные решетки, между которыми находится подвижная насадка. К опорной решетке меньшим основанием прикреплен расширяющийся усеченный кольцевой

Основной недостаток мокрых методов состоит в том, что перед очисткой и после ее осуществления сильно понижается температура газов, что приводит в конечном итоге к снижению эффективности рассеивания остаточных газов в атмосфере. Кроме того, оборудование мокрых методов очистки громоздко и требует создания системы жидкого орошения. В процессе работы абсорбционных аппаратов образуется большое количество отходов, представляющих смесь пыли, растворителя и продуктов поглощения. В связи с этим возникают проблемы обезжиривания, транспортировки или утилизации шлама, что удорожает и осложняет эксплуатацию.

Метод адсорбции. Метод основан на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой смеси. В пористых телах с капиллярной структурой поверхностное поглощение дополняется капиллярной конденсацией.

В основе хемосорбции лежит химическое взаимодействие между адсорбентом и адсорбируемым веществом реакций.

В качестве адсорбентов (поглотителей) применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы. Так, удельная поверхность активированных углей достигает $10^5 \dots 10^6 \text{ м}^2/\text{кг}$. Их применяют для очистки газов от органических паров, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в незначительных количествах в промышленных выбросах, а также летучих растворителей и целого ряда других газов.

В качестве адсорбентов применяют также простые и комплексные оксиды (активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолиты, или молекулярные сита), которые обладают большей селективностью, чем активированные угли. Однако их нельзя использовать для очистки очень влажных газов. Некоторые адсорбенты иногда пропитывают соответствующими реактивами, повышающими эффективность адсорбции, так как на поверхности адсорбента происходит хемосорбция.

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных, горизонтальных, либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Выбор конструкции определяется скоростью газовой смеси, размером частиц адсорбента, требуемой степенью очистки и рядом других факторов. Вертикальные адсорберы, как правило, применяют при небольших объемах очищаемого газа; горизонтальные и кольцевые – при высокой производительности, достигающей десятков и сотен тысяч $\text{м}^3/\text{ч}$.

Фильтрация газа происходит через неподвижный или движущийся слой адсорбента. Наиболее распространены адсорберы периодического действия, в которых период контактирования очищаемого газа чередуется с периодом регенерации адсорбента. Установки периодического действия (с неподвижным слоем адсорбента) отличаются конструктивной простотой, но имеют низкие допускаемые скорости газового потока и, следовательно, повышенную металлоемкость и громоздкость. Процесс очистки в таких аппаратах имеет периоди-

ческий характер, т.е. отработанный, потерявший активность поглотитель время от времени заменяют или регенерируют. Существенный недостаток таких аппаратов – большие энергетические затраты, связанные с преодолением гидравлического сопротивления слоя адсорбента.

Адсорбция эффективна при удалении больших концентраций загрязняющих веществ (при этом необходима высокая адсорбционная емкость или большая масса адсорбента). В тех случаях, когда концентрации загрязнителей невелики и обработке подвергается большое количество воздуха, адсорбция может оказаться эффективной для удаления летучих углеводородов и органических растворителей. Этот метод применим в случаях, когда загрязняющий газ трудно или невозможно сжечь, когда необходима гарантированная рекуперация достаточно ценной примеси, когда нужно удалить пары ядовитых или канцерогенных веществ.

Термическая и термокаталитическая очистка газов. Метод основан на способности горючих токсичных компонентов (газы, пары и сильно пахнущие вещества) окисляться до менее токсичных при наличии свободного кислорода и высокой температуры газовой смеси. Этот метод применяется в тех случаях, когда объемы выбросов велики, а концентрация загрязняющих веществ превышает 300 млн^{-1} .

Методы термической нейтрализации вредных примесей во многих случаях имеют преимущества перед методами адсорбции и абсорбции:

- отсутствие шламового хозяйства;
- небольшие габариты очистных установок, простота их обслуживания;
- пожарная автоматизация работы установок;
- высокая эффективность обезвреживания при низкой стоимости очистки.

Область применения метода термической нейтрализации вредных примесей ограничивается характером образующихся при окислении продуктов реакции. Метод термического обезвреживания применим для выбросов, включающих токсичные компоненты органического происхождения, но не содержащие галогены, серу и фосфор, так как при их сжигании образуются продукты реакции, токсичность которых во много раз превышает токсичность исходного газового выброса.

Различают три схемы термической нейтрализации газовых выбросов: прямое сжигание в пламени; термическое окисление; каталитическое сжигание.

Прямое сжигание в пламени и термическое окисление осуществляют при температурах $600 \dots 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$; каталитическое сжигание – при $250 \dots 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Выбор схемы нейтрализации определяется химическим составом загрязняющих веществ, их концентрацией, начальной температурой газовых выбросов, объемным расходом и предельно допустимыми нормами выброса загрязняющих веществ [167].

8. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ОТРАСЛИ

Кроме перечисленных методов газоочистки промышленных выбросов для удаления неприятных запахов биологического происхождения начали применять биохимические методы очистки газов.

Биохимические методы газоочистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами под влиянием отдельных соединений или группы веществ, присутствующих в очищаемых газах.

Биохимические методы газоочистки более всего применимы для очистки отходящих газов постоянного состава. При частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться к новым веществам и вырабатывают недостаточное количество ферментов для их разложения, в результате чего биологическая система будет обладать слабой разрушающей способностью по отношению к вредным компонентам газов. Высокий эффект газоочистки достигается при условии, что скорость биохимического окисления уловленных веществ больше скорости их поступления из газовой фазы.

Различают две группы аппаратов биохимической очистки газов: биоскрубберы и биофильтры.

Биоскрубберами называют абсорбционные аппараты (абсорберы, скрубберы), в которых орошающей жидкостью (абсорбентом) служит водная суспензия активного ила. Содержащиеся в очищаемых газах вредные вещества улавливаются абсорбентом и расщепляются микроорганизмами активного ила. Так как биохимические реакции протекают с относительно небольшой скоростью, для обеспечения высокой эффективности работы газоочистной установки требуется промежуточная емкость, которая может быть выполнена в виде отдельного реактора или встроена в основание абсорбера.

В биофильтрах очищаемый газ пропускают через слой фильтра-насадки, орошаемой водой для создания необходимой влажности, достаточной для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов. Насадкой служат природные (торф, почва, компост и др.) или искусственные материалы. При использовании искусственных материалов на них предварительно выращивают биологически активную пленку орошением водой или суспензией активного ила.

Способность активного ила к расщеплению уловленных веществ устанавливается по соотношению полной биохимической потребности в кислороде (BPK_{Π}) до начала процессов нитрофикации и химической потребности в кислороде (ХПК), которая характеризует окисление вещества до диоксида углерода и воды. При отношении $BPK_{\Pi} : ХПК \geq 0,5$ вещества поддаются биохимическому окислению.

Эффективная работа биофильтров обеспечивается за счет равномерного распределения очищаемого воздуха по всей фильтрующей поверхности, равно-

мерной влажности (20...50 %) и плотности фильтрующего слоя, поддержания оптимальных температур (25...35 °С) и значения рН 6,5...8,5.

Выбор метода очистки определяется технико-экономическим расчетом и зависит от: концентрации загрязнителя в очищаемом газе и требуемой степени очистки, зависящей от фонового загрязнения атмосферы в данном регионе; объемов очищаемых газов и их температуры; наличия сопутствующих газообразных примесей и пыли; потребности в тех или иных продуктах утилизации и наличия требуемого сорбента; размеров площадей, имеющих для сооружения газоочистной установки; наличия необходимого катализатора, природного газа и т.д.

При выборе аппаратного оформления для новых технологических процессов, а также при реконструкции действующих установок газоочистки необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- максимальная эффективность процесса очистки в широком диапазоне нагрузочных характеристик при малых энергетических затратах;
- простота конструкции и обслуживания; компактность;
- возможность изготовления аппаратов или отдельных узлов из полимерных материалов;
- возможность работы на циркуляционном орошении или на самоорошении.

Главный принцип, который должен быть положен в основу проектирования очистных сооружений, – это максимально возможное удержание вредных веществ, теплоты и возврат их в технологический процесс [164].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте классификацию аэродисперсных систем.
2. Дайте определение понятию «неорганизованный промышленный выброс».
3. Укажите наиболее эффективный метод снижения выбросов в атмосферу.
4. Какое оборудование используется в сухих методах очистки от пылей?
5. Какое оборудование используется в методах очистки от туманов и брызг?
6. Какие методы применяют для очистки промышленных выбросов от газообразных примесей?
7. Отметьте достоинства и недостатки циклонов.
8. Дайте классификацию фильтров по типу фильтрующей перегородки.
9. К какой разновидности фильтров относятся тканевые фильтры? Укажите требования, предъявляемые к тканям для фильтров.
10. Отметьте достоинства и недостатки мокрых пылеуловителей.
11. Дайте классификацию мокрых пылеуловителей по способу действия.
12. Какие стадии включает электрическая очистка газов?

13. Какой должна быть максимальная температура аэрозолей горючих веществ?
14. Чем определяется ПДК пыли, выделяющейся при переработке семян подсолнечника?
15. Содержанием какого соединения определяется ПДК пыли, выделяющейся при переработке семян подсолнечника?
16. Укажите основные недостатки рукавных фильтров при их работе на маслоэкстракционных комбинатах.
17. Отметьте основные недостатки циклонов при их работе на маслоэкстракционных комбинатах.
18. Укажите, для очистки каких отходящих газов преимущественно используется хемосорбция.
19. Отметьте недостатки мокрых методов очистки воздуха от газообразных примесей.
20. В каких случаях применяют активированные угли?
21. В каких случаях метод адсорбции применять не рекомендуется?
22. Укажите преимущества термической нейтрализации вредных примесей.
23. Чем определяется выбор схемы нейтрализации?
24. Что служит абсорбентом в биоскрубберах?
25. Назовите основные схемы термической нейтрализации.
26. Укажите, для очистки каких выбросов применим метод термического обезвреживания?
27. Какие требования предъявляются при выборе аппаратного оформления газоочистки?
28. Какие абсорбенты используют при хемосорбции?

ОХРАНА ВОДНОГО БАССЕЙНА

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ВОДНОГО БАССЕЙНА

Баланс водопотребления и водоотведения – соотношение между фактически используемыми объемами из всех источников водоснабжения и отводимыми объемами сточных вод за год.

Бассейн подземных вод – совокупность водоносных горизонтов и слабо-проницаемых (водоупорных) пластов, характеризующаяся замкнутым балансом подземных вод (т.е. равенством в многолетнем разрезе величин питания и разгрузки подземных вод).

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – количество растворенного кислорода, потребляемого за установленное время и в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ.

Вода питьевая – вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения.

Вода техническая – вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной, пригодная для использования в народном хозяйстве.

Вода оборотная (циркуляционная) – вода, использованная в технологическом процессе или для охлаждения продуктов и оборудования и после очистки и охлаждения в градирнях или других сооружениях снова подаваемая для тех же целей.

Водные ресурсы – запасы поверхностных и подземных вод, находящихся в водных объектах, которые используются или могут быть использованы.

Водозабор – комплекс сооружений и устройств для забора воды из водных объектов.

Водоотведение – технологический процесс, обеспечивающий прием сточных вод абонентов с последующей передачей их на очистные сооружения канализации.

Водопользование – использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства.

Водопотребление – использование воды абонентом (субабонентом) на удовлетворение своих нужд.

Водоснабжение – технологический процесс, обеспечивающий забор, подготовку, транспортировку и передачу абонентам питьевой воды.

Загрязнение вод – поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов или тепла.

Загрязнение водных объектов – сброс или поступление иным способом в поверхностные и подземные водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают (исключают) их использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

Загрязняющее воду вещество – вещество в воде, вызывающее нарушение норм качества воды.

Индекс качества воды – обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования.

Качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

Локальные очистные сооружения – сооружения и устройства, предназначенные для очистки сточных вод абонента (субабонента) перед их сбросом (приемом) в систему коммунальной канализации.

Неразрешенный сброс – запрещенные к сбросу сточные воды и загрязняющие вещества, вызывающие или могущие вызвать аварии в системе канализации, причиняющие ущерб, нарушающие нормальное функционирование этой системы и ведущие к загрязнению окружающей среды.

Нормативы водоотведения или нормативы сброса – установленные органами местного самоуправления показатели объема и состава сточных вод, разрешенные к приему (сбросу) в системы канализации и обеспечивающие ее нормальное функционирование.

Нормативы предельно допустимого вредного воздействия на подземные водные объекты – совокупность количественных и качественных показателей (характеристик) процессов и сооружений, которые могут оказывать вредное воздействие на подземные водные объекты. При соблюдении этих нормативов вредное воздействие не превышает допустимых пределов.

Нормы состава сточных вод – перечень веществ, содержащихся в сточных водах, и их концентрации, установленные нормативно-технической документацией.

Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ.

Охрана водных объектов – деятельность, направленная на сохранение и восстановление водных объектов.

Пользование водными объектами (водопользование) – юридически обусловленная деятельность граждан и юридических лиц, связанная с использованием водных объектов.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) веществ в воде – концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Предельно-допустимый выброс – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Состав сточных вод – характеристика сточных вод, включающая перечень загрязняющих веществ и их концентрацию.

Сточные воды – вода, сбрасываемая в установленном порядке в водные объекты после ее использования или поступившая с загрязненной территории.

Химическое потребление кислорода (ХПК) – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей.

Экологический критерий качества воды – критерий качества воды, учитывающий условия нормального во времени функционирования водной экологической системы.

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ

Гидросфера – это совокупность всех видов вод (океаны, моря, реки, озера, болота, ледники, снежный покров, подземные воды, влага почвенная и атмосферная), образующих прерывистую водную оболочку Земли.

Общее количество природной воды на Земле составляет 1465 млн км³, из которого мировой ресурс пресной воды – 30 млн км³. На долю ледников и айсбергов как источников пресной воды приходится 97 % объема воды. Озера и реки как наиболее доступные источники пресной воды покрывают 3 % поверхности суши.

Человечество для своей жизни и производственной деятельности расходует в год 5...6 млн км³ воды, т.е. 0,3...0,4 % всей гидросферы Земли. Около половины этого количества потребляется безвозвратно, а другая половина превращается в сточные воды.

К основным потребителям пресной воды относят сельское хозяйство, промышленность, а также коммунальное хозяйство. Соотношение воды, используемой ими, соответственно составляет, %, 70:20:10.

Водопотребление различных отраслей промышленности в процентах от всего водозабора составляет: черная и цветная металлургия 41, химическая промышленность 16, топливная и нефтяная 13, целлюлозно-бумажная 11, другие отрасли 19 (в том числе пищевая).

К этому следует добавить, что водопотребление чрезвычайно колеблется в зависимости от типа производства и его мощности. Так, в соответствии с действующими нормами удельный расход воды составляет, м³/т: при производстве сахара-песка 2,49; хлебобулочных изделий 4,33 (мощность завода 30 т/сут); макаронных изделий 10,98 (мощность завода 105 т/сут); прессованных дрожжей 195,5; концентрата квасного сусла 54,85; крахмала из картофеля 15,7.

Для получения 1000 дал виноматериалов марочных вин требуется 58,05 м³ свежей исходной воды, водки 84; спирта из зерна 1482, солода 19,8, пива 109,2, хлебного кваса 20,3; безалкогольных напитков (газированных) 61,96 м³[1].

В системах производственного водоснабжения в пищевой промышленности воду используют как сырье и источник энергии, как хладагент и экстрагент, для мойки и транспортировки сырья, мойки тары, оборудования, трубопроводов, для санитарно-бытовых нужд и др.

Ученые подсчитали, что ресурсы пресной воды могут быть исчерпаны уже в конце этого столетия. Дефицит пресной воды в мире – прежде всего следствие безвозвратного ее потребления, всевозрастающего загрязнения природных вод промышленными и бытовыми стоками, а также необходимости многократного разбавления сточных вод перед сбросом их в водоемы.

Масложировая промышленность потребляет значительные количества свежей воды. Отношение количества сброшенных сточных вод к потреблению свежей воды (водоотведение, водопотребление) в масложировой промышленности составляет 80 %. Высокий уровень водопотребления обуславливает и большой объем сточных вод. В структуре сброшенных предприятиями масложировой промышленности сточных вод доля загрязненных вод составила около 50 %. Показатели водопользования в масложировой промышленности приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Показатели водопользования в масложировой промышленности [3]

Расход свежей воды, млн м ³			Сброшено сточных вод, млн м ³			Объем оборотной исполь- зованной воды, млн м ³		
2000 г.	2003 г.	2005 г.	2000 г.	2003 г.	2005 г.	2000 г.	2003 г.	2005 г.
27,8	28,9	33,3	22,2	25,6	26,6	108,0	137,3	218,2

С каждым годом все более острой становится проблема рационального использования и охраны воды. Если количество загрязняющих веществ в воде повышается, и она становится непригодной для использования, происходит качественное истощение водных ресурсов. Одним из главных способов предотвращения этого является очистка сточных вод.

В нашей стране промышленные сточные воды предварительно подвергаются локальной и общезаводской очистке непосредственно на тех предприятиях, где они образуются, после этого воды поступают в городскую канализацию, смешиваются с хозяйственно-бытовыми сточными водами и вместе с ними проходят общегородские сооружения биологической очистки.

Следует отметить, что существующие системы очистки воды в основном не обеспечивают извлечения загрязняющих веществ, большинство очистных сооружений морально и физически устарело, а финансовых средств на их заме-

ну нет. Необходимость и эффективность применения локальной очистки доказана многочисленными исследованиями, однако широкого применения она не имеет.

Еще одной проблемой в области водопотребления является необходимость увеличения доли оборотного водоснабжения, внедрения разработанных малосточных или бессточных технологий [168].

Качество промышленных сточных вод предприятий пищевой промышленности, поступающих после локальной очистки в канализацию, нормируется инструкциями санитарно-эпидемиологических станций, органов рыбоохраны, органов по регулированию использования и охране вод.

Все сведения о предприятии (его мощность, ассортимент сырья и целевой продукции, удельные расходы теплоты, электроэнергии, холода, данные об источниках и размерах выбросов в атмосферу, сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду) содержатся в экологическом паспорте предприятия – нормативно-техническом документе, включающем данные по использованию предприятием всех видов ресурсов и определению влияния производства на окружающую среду.

В настоящее время разработан целый ряд мероприятий, которые имеют различные аспекты: технический, экономический, юридический, организационный, этический, призванных привести водное хозяйство в соответствие с требованиями охраны окружающей среды. Проведение подобных мероприятий должно обеспечить:

- постоянное уменьшение удельных затрат воды на единицу продукции;
- внедрение безводных и маловодных технологий;
- сокращение водоотведения и сброса сточных вод в водоемы путем максимального использования оборотных систем, замкнутых производственных циклов, повторного использования сточных вод;
- комплексное использование водных ресурсов;
- повышение эффективности капиталовложений в водное хозяйство;
- совершенствование структуры, форм и техники управления водным хозяйством и т.д.

На основании разработок технических мероприятий и их экономической оценки могут быть созданы комплексные целевые программы, в которых должна быть предусмотрена система конкретных водоохранных мероприятий, рассчитанных на достижение наивысшего социального, экологического и экономического эффекта. Они должны определять планы по совершенствованию системы управления водоохраной деятельностью, содержать рекомендации по размещению производительных сил, совершенствованию правовой охраны природных вод.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

3.1. Благоустройство и эксплуатация источников водоснабжения

Проведение мероприятий по благоустройству и эксплуатации источников водоснабжения, которые возлагаются на предприятие, является одним из основных элементов охраны окружающей среды.

Предприятия пищевой промышленности используют в основном подземные воды.

Подземные воды по условиям залегания разделяются на верховодку, грунтовые и артезианские:

- верховодка залегает наиболее близко к поверхности и ввиду отсутствия водоупорной кровли легко подвергается загрязнению;
- к грунтовым водам относятся воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта. Сплошной кровли из водонепроницаемых пород они не имеют, область питания грунтовых вод обычно совпадает с областью их распространения.
- артезианские напорные воды залегают между водоупорными слоями. Благодаря надежной защищенности почти не содержат бактерий, обладают хорошими органолептическими свойствами, что делает их наиболее ценными и надежными в санитарном отношении.

Водоснабжение предприятий пищевой промышленности осуществляется за счет городского водопровода и артезианских скважин.

Качество воды, подаваемой на производственные нужды, влияет на качество выпускаемой продукции, обеспечивает надлежащие санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала, поэтому оно должно соответствовать определенным технологическим требованиям.

Все водопользователи обязаны планировать и выполнять установленные контролирующими организациями планы мероприятий по благоустройству и эксплуатации источников водоснабжения, руководствуясь технологическими нормами и правилами водопользования, санитарными нормами. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения, водопроводных сооружений и водоводов должны быть установлены в соответствии со СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения".

Зона санитарной охраны представляет собой территорию, на которой соблюдается определенный санитарный режим, предупреждающий ухудшение качества воды источника в месте водозабора.

Санитарный режим в зоне санитарной охраны водопроводов с подземными источниками водоснабжения предотвращает возможность случайного или умышленного загрязнения воды в месте водозабора или нарушение работы го-

ловных сооружений и устанавливается в зависимости от местных санитарных и гидрогеологических условий.

Различают две зоны санитарной охраны.

В первый пояс зоны санитарной охраны или зоны строгого режима входит территория, на которой расположен водозабор и все головные водопроводные сооружения (скважины и каптажи, насосные станции, установки для обработки воды, резервуары). Размеры первого пояса санитарной зоны артезианских и других подземных вод, имеющих на поверхности надежные водоупорные перекрытия, устанавливаются около 0,25 га, причем радиус территории первого пояса должен быть не менее 30 м вокруг скважины (при пользовании защищенных подземных вод), а также должны выполняться все требования СНиП 2.04.02-84. При выборе места заложения артезианской скважины необходимо учитывать, что скважину не следует закладывать на территории производственных объектов, так как в большинстве случаев при этом возникают затруднения с установлением первого пояса зоны санитарной охраны.

При использовании грунтовых вод размеры первого пояса зоны увеличиваются до 1 га при радиусе 50 м (при использовании недостаточно защищенных подземных вод). Не разрешается размещать скважины и головные сооружения (насосы, резервуары) в жилых, производственных и других помещениях, не имеющих отношения к водопроводу. Территория этой зоны должна быть изолирована от всех зданий.

Второй пояс зоны санитарной охраны, или зона ограничения, устанавливается для всех скважин с учетом санитарных и гидрологических условий. В зависимости от этих условий использование территории второго пояса зоны санитарной охраны может ограничиваться для предотвращения загрязнения водоносного горизонта.

На территории второго пояса зоны санитарной охраны ликвидируются или восстанавливаются старые недействующие скважины; ликвидируются имеющиеся поглощающие скважины и устройства; регулируется бурение новых скважин. Все строительные и другие работы должны проводиться по согласованию с санитарно-эпидемиологической службой, территориальными управлениями геологии.

Границы второго пояса устанавливаются на основании определения протяженности участка реки, в пределах которого обеспечивается ликвидация, поступившего загрязнения, благодаря способности водоемов к самоочищению.

3.2. Схемы использования воды

Предприятия пищевой промышленности по надежности водообеспечения относятся к первой категории водопользователей. Они требуют практически бесперебойного водоснабжения с обеспеченностью 95 %. Существуют несколько схем использования воды [169].

Прямоточная схема использования воды. При прямоточном снабжении водой (рис. 3.1, а) вся забираемая из водоема вода после прохождения по технологической цепи (в виде отработавшей) направляется в водоприемник, исключая безвозвратные потери. Объем отводимой воды определяют следующим образом:

$$Q_{сбр} = Q_{ист} - Q_{пот}, \quad (3.1)$$

где $Q_{ист}$ – вода, подаваемая из водоисточника на нужды производства;

$Q_{сбр}$ – очищенная вода, сбрасываемая в водоприемник;

$Q_{пот}$ – вода, расходуемая на производство.

Сточные воды перед сбросом в водоприемник обязательно очищают в зависимости от вида загрязнений.

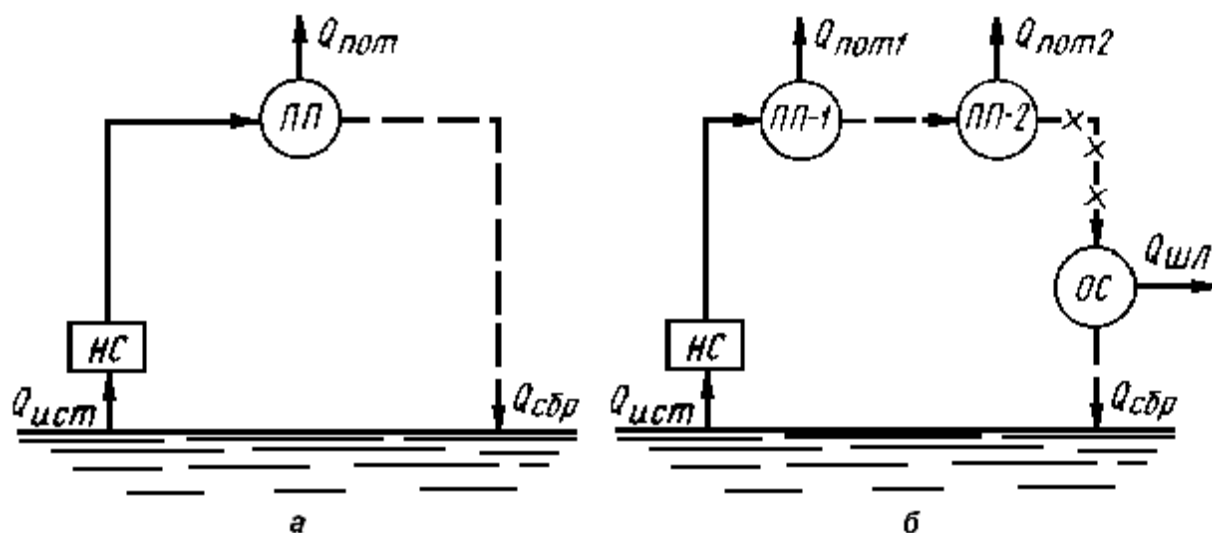


Рис. 3.1. Прямоточная (а) и последовательная (б) схемы использования воды:

— чистая вода; - - - - - нагретая вода; -х-х-х-х- нагретая и загрязненная вода; ······ – очищенная вода; ПП, ПП-1, ПП-2 – производства, предприятия; НС – насосные станции; ОС – очистные сооружения

Последовательная схема использования воды. При последовательном использовании воды (рис. 3.1, б), которое бывает двух- и трехкратное, количество сброшенной сточной воды уменьшается в соответствии с потерями на всех участках производства и на очистных сооружениях, т.е.:

$$Q_{сбр} = Q_{исп} - (Q_{исп} + Q_{ном^1} + Q_{ном^2} + Q_{шл}) \quad (3.2)$$

где $Q_{исп}$ – потери воды при испарении;

$Q_{ном^1}$, $Q_{ном^2}$ – потери воды на нужды производств;

$Q_{шл}$ – вода, удаляемая со шламом и осадками.

Оборотная схема использования воды. В настоящее время единственно возможным способом использования воды является создание замкнутых водооборотных циклов по следующим причинам:

- во-первых, из-за дефицита пресной воды;
- во-вторых из-за возможности исчерпания обезвреживающей способности воды. При сбросе возможен летальный синтез, т.е. образование из исходных сбрасываемых токсичных веществ еще более токсичных. Поэтому лучше бы не чистить сточную воду до тех или иных нормативов, а вообще ничего не сбрасывать;

- в-третьих, по экономическим соображениям. Современные знания позволяют очищать воду до любой заданной степени чистоты. Все зависит от денежных затрат, которые нужно осуществить для организации необходимой степени очистки. В подавляющем большинстве случаев для производственных нужд требуется куда более низкая степень очистки, чем предъявляемая санитарно-гигиеническими требованиями к условиям сброса в природные водоемы. Поэтому с экономической точки зрения выгоднее очистить отработанную воду и использовать ее еще раз, чем чистить до высокой степени чистоты, сбрасывать ее в водоем и далее забирать для технологических нужд свежую.

В настоящее время на предприятиях сахарной, консервной промышленности широко внедряется повторное использование воды, прошедшей соответствующую очистку; на предприятиях пивоваренной, сахарной, спиртовой и других отраслей – с участков гидроподачи сельскохозяйственного сырья, компрессорных.

При обратном снабжении водой, если она была теплоносителем или в процессе использования подвергалась нагреванию, перед повторным использованием вода должна охладиться в пруду. Затем ее пропускают через брызгальный бассейн, градирню (рис. 3.2).

Если обратная вода использовалась для транспортировки сырья (свеклы, картофеля, овощей фруктов) или в ней растворены примеси, перед повторным использованием ее очищают. Потери воды в этой схеме составляют 5...10 %, поэтому возникает необходимость периодической подпитки.

Для бесперебойного обеспечения водой производств составляется балансовая схема использования воды и водоотведения (в м³/сут) с нумерацией мест и точек забора (приема), сброса воды, передачи другим водопользователям.

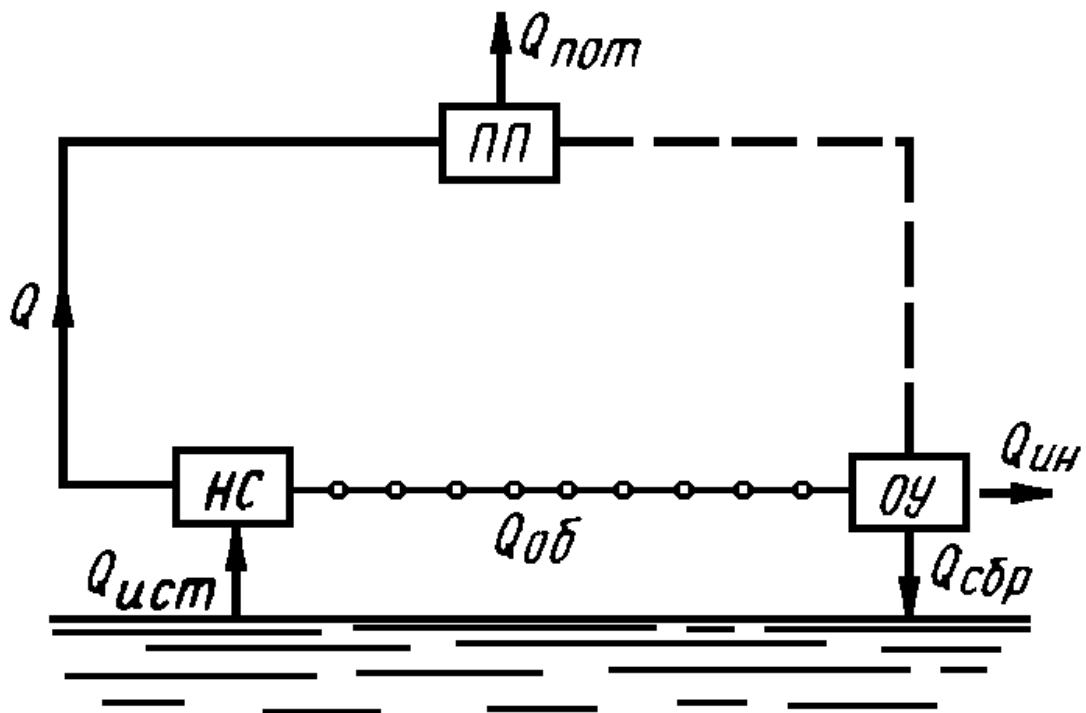


Рис. 3.2. Схема использования оборотной воды с охлаждением:

——— — чистая нагретая вода; - - - - - — нагретая сточная вода; -o-o-o- — охлажденная очищенная вода; ОУ — охладительные устройства; НС — насосная станция; ПП — производства, предприятия; $Q_{об}$ — оборотная вода; Q — вода, подаваемая на нужды производства; $Q_{ун}$ — потери воды на испарение и унос из охладительных установок

Количественным показателем рационального использования воды являются коэффициент использования оборотной воды ($K_{об}$) и коэффициент использования свежей воды ($K_{св}$):

$$K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{св}}; \quad (3.3)$$

$$K_{св} = \frac{Q_{св} - Q_{об}}{Q_{св}}, \quad (3.4)$$

где $Q_{об}$ — оборотная вода;

$Q_{св}$ — количество вновь забираемой свежей воды для подпитки.

Оба коэффициента должны стремиться к единице.

Согласно требованиям Основ водного законодательства России и других государств СНГ система водообеспечения предприятий пищевой промышленности должна быть оборотной, т.е. система должна обеспечивать водой как все предприятие, так и функционировать в качестве замкнутых циклов для остальных участков и цехов. При этом должна быть предусмотрена система очистки сточной воды. Прямоточная система водообеспечения допускается только при невозможности или нецелесообразности применения оборотного водоснабжения. Такая система водоснабжения действует на предприятиях хлебопекарной и макаронной промышленности.

На основании результатов научных исследований, сделанных в ходе анализа работы ряда предприятий МЖП (ООО «Ивановский маргаринный завод», г. Иваново, ОАО «Шуйский маслоэкстракционный завод», г. Шуя, Ивановской обл., ООО «Владгазинвест», г. Мелехово, Ковровский р-н, Владимирской обл.) учеными Ивановского государственного химико-технологического университета разработана ресурсосберегающая водная химико-технологическая система (ВХТС) масложирового производства, представляющая собой сочетание систем: разделения – смешивания объема технологической воды производства на индивидуальные потоки подразделений (цехов); повторно-последовательного использования технологической воды; высокоэффективной локальной обработки сточных вод; водооборотной системы технологической воды; контроля качества технологической воды и продуктов ее обработки; оценки эколого-экономической эффективности ВХТС.

Предложены способы энергоресурсосбережения при функционировании масложировых производств: снижение удельных норм водопотребления и водоотведения, повторное использование в основной технологии оборотной воды, парового конденсата, очищенной сточной воды; а также разработаны проектные решения по созданию ВХТС локальной обработки сточных вод масложировых производств, рассчитаны технологические и конструкционные параметры основных узлов ее аппаратурного оформления [170-175].

Функциональная блок-схема интегрированной ресурсосберегающей химико-технологической системы водного хозяйства масложировых комбинатов представлена на рис. 3.3.

3.3. Требования к показателям оборотной и сточной воды

Раньше как на отечественных предприятиях, так и за рубежом барометрическую воду после однократного использования сбрасывали в реки или в канализацию. Это было допустимо из-за сравнительно небольшого содержания жировых веществ в воде (25...80 мг/дм³). В настоящее время на отечественных предприятиях от такой практики почти повсеместно отказались с целью снижения потребления водопроводной воды. Теперь применяется водооборот, т.е. вода после очистки и охлаждения вновь подается в цикл.

Вода на повторное использование

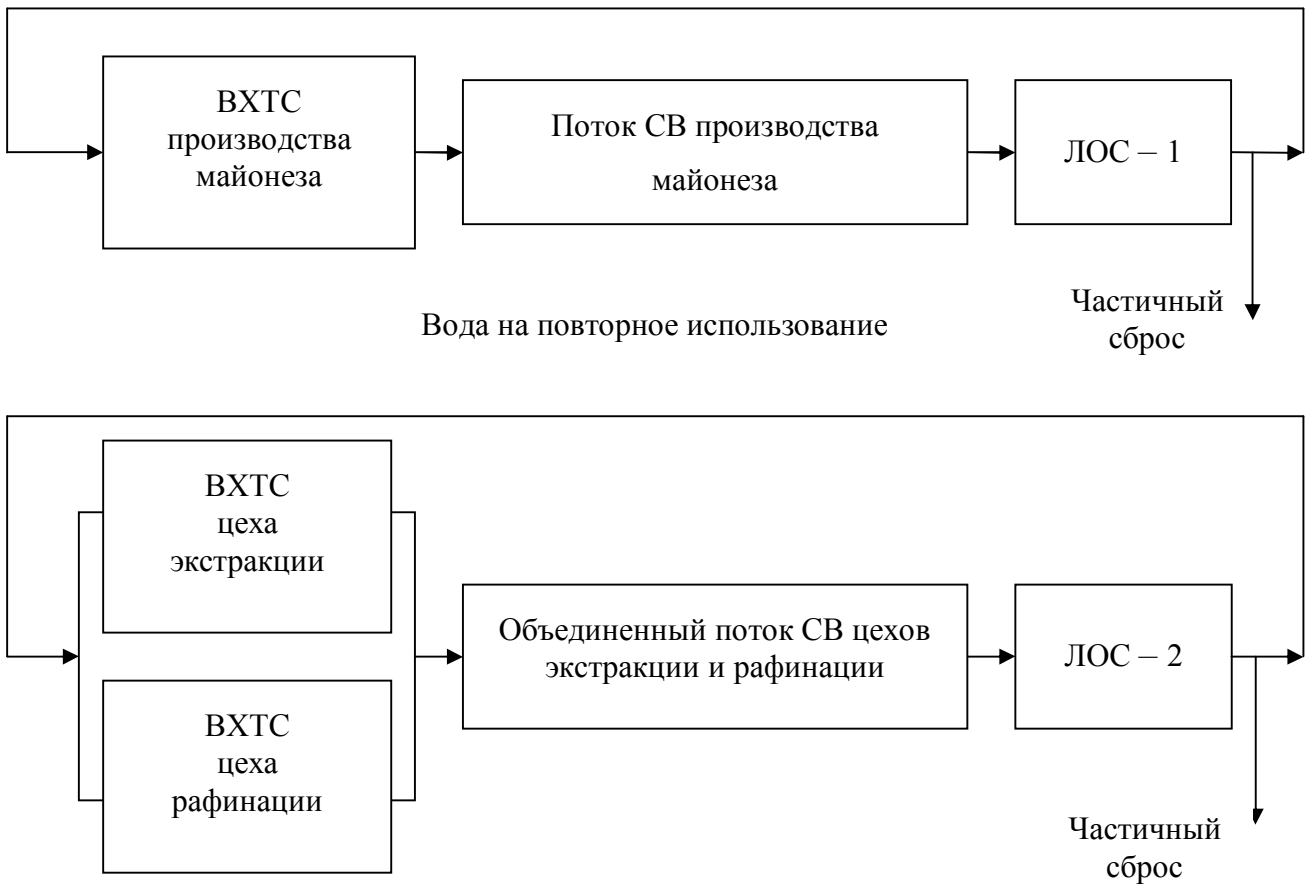


Рис. 3.3. Функциональная блок-схема интегрированной ресурсосберегающей химико-технологической системы водного хозяйства масложировых комбинатов [170]

При водообороте происходит многократный нагрев воды до $35...45^{\circ}\text{C}$ и охлаждение в вентилируемых градирнях. В градирнях часть воды теряется из-за испарения. Потери воды от испарения составляют в среднем 2,5 %, потери от капельного уноса на градирнях (брызгоунос) 0,3...0,5 %. Потери воды частично компенсируются конденсатом острого пара, а в установках с пароэжекторными вакуумными насосами – и конденсатом рабочего пара. Кроме того, для компенсации потерь добавляется свежая вода.

Несмотря на это, происходит постепенное изменение химического состава оборотной воды. В ней накапливаются растворимые соли и из нее на стенках аппаратуры осаждаются нерастворимые соли. Осаждение солей происходит, в частности, при разложении гидрокарбонатных ионов в присутствии двухва-

лентных катионов (разложение солей, обуславливающих временную жесткость):



Помимо этого осаждаются и соли, обуславливающие постоянную жесткость, в первую очередь, сульфат кальция (гипс). Все это приводит к образованию на стенках прочных отложений, удаление которых весьма затруднительно. Их наличие в трубах теплообменников может существенно снизить эффективность последних.

Накопление растворимых солей (особенно хлоридов) в оборотной воде вызывает рост ее коррозионной активности. В отсутствие ингибиторов предельное содержание солей в оборотной воде должно быть не выше 2 кг/м^3 , максимум 3 кг/м^3 .

При оборотном водоснабжении вода на выходе из конденсаторов содержит от 50 до 200 мг/дм^3 веществ, экстрагируемых эфиром. Этот показатель зависит от степени очистки воды, поступающей в конденсаторы, от кислотного числа масла, подаваемого на дезодорацию, а также от параметров основного процесса – дезодорации. Требования к качеству воды системы оборотного водоснабжения приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2
Рекомендуемые значения показателей оборотной воды [169]

Показатели	Допустимое значение
Температура, °С	25..40
Жесткость, г-экв/м ³ :	
общая	Не более 7
карбонатная	Не более 2,5
Щелочность, г-экв/м ³	3..4
Общее солесодержание, г/м ³	1300..2000
Взвешенные вещества, г/м ³	Не более 50
Масла и смолообразующие вещества, г/м ³	Не более 20
Анионы, г/м ³ :	
хлориды	150..300
сульфаты	350..500

Время от времени (например, при накоплении солей сверх допустимых норм) возникает необходимость полного или частичного сброса оборотной воды. Отвод производственных сточных вод за пределы предприятия допускается при условии, если показатели их загрязненности не превышают допустимых значений. При одном и том же количестве загрязнений, сброшенных со сточной водой, ущерб, нанесенный среде обитания, может быть разным в зависимости от местных условий. В связи с этим требования к сбрасываемой воде устанавливают органы санитарно-эпидемиологических служб на местах. Ориентировочные нормы, действующие в России, приведены в табл. 3.3.

Требования к сточной воде [169]

Показатели	Допустимое значение
Общее солесодержание, г/м ³	5000..10000
Вещества, растворимые в эфире, г/м ³	25..50
Биохимическая потребность в кислороде при 20°C (БПК ₂₀), г/м ³	500
Химическая потребность в кислороде, г/м ³	Не более 1,5 от БПК ₂₀
Хлориды, г/м ³	150..350
Сульфаты, г/м ³	200..500
Никель, г/м ³	0,5
Медь, г/м ³	0,5
pH	6,5..9,0

3.4. Нормирование водопотребления и водоотведения

В соответствии с назначением воду в системах производственного водоснабжения обычно разделяют на четыре категории:

- воду категории I используют для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах без соприкосновения с продуктом, вода нагревается и практически не загрязняется; возможны лишь аварийные утечки жидких и газообразных продуктов, загрязняющих воду, при неисправных теплообменных аппаратах;

- вода категории II служит средой, поглощающей различные нерастворимые (механические) и растворенные примеси; вода не нагревается, но загрязняется механическими и растворенными примесями (например, гидротранспорт);

- воду категории III используют так же, как и воду категории II, но она подвергается нагреву (например, улавливание и очистка газов в скрубберах);

- вода категории IV служит экстрагентом или растворителем реагентов.

Для рационального использования воды в отраслях пищевой промышленности необходимо нормирование водопотребления и водоотведения на единицу выпускаемой продукции. Основная задача нормирования – обеспечить применение в производстве технически и экономически обоснованных норм водопотребления и водоотведения в целях наиболее эффективного использования водных ресурсов.

Нормированию подлежит: общее потребление воды, необходимой для производства единицы продукции, в том числе потребность в свежей питьевой и технической, оборотной, повторно-последовательно используемой воде, а также количество отводимых от производства сточных вод.

Нормой водопотребления считается максимально допустимое плановое количество воды требуемого качества, необходимое для производства единицы

продукции установленного качества в определенных организационно-технических условиях производства.

Нормой водоотведения является максимально допустимое плановое количество отводимых сточных вод установленного качества, образующихся при производстве единицы продукции.

В укрупненную норму водопотребления входит суммарный объем воды всех категорий (производственные, хозяйственно-питьевые, бытовые и т.д.), используемый на собственные нужды, в том числе объем воды из собственных водозаборов, а также городских водопроводов и водохозяйственных систем других министерств и ведомств. Объем оборотной и последовательно используемой воды в этот показатель не входит.

Норма водоотведения включает количество выпускаемых в водоем сточных вод – очищенных и бытовых, не требующих очистки, фильтрационных из прудосветлителей, шламонакопителей.

Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения выражаются в кубических метрах воды на единицу готовой продукции или используемого сырья.

Многие предприятия применяют временные, технологические нормы водопотребления и водоотведения, не согласованные с органами по регулированию использования и охране вод. Советом Экономической Взаимопомощи, Всесоюзным научно-исследовательским институтом водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии Госстроя России разработаны «Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности».

Эти нормы для предприятий масложировой, парфюмерно-косметической промышленности и предприятий по производству синтетических моющих средств представлены в приложении.

Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения на единицу продукции предназначены для разработки прогнозов, технико-экономических обоснований и проектирования схем водоснабжения и канализации промышленных узлов, они также применяются при проектировании строящихся реконструируемых систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий.

В показателе «использование воды на производственные нужды» указывается полный объем воды, расходуемой для производственных (технических) нужд, включая объем свежей воды, поступающей на подпитку систем оборотного водоснабжения. Объем оборотной и последовательно используемой воды в этот показатель не входит.

Под термином «объем последовательно используемой воды» следует понимать суммарные объемы воды, использованной каким-либо потребителем (цехом, участком, установкой) и переданной (с очисткой или без нее) другому потребителю на том же предприятии (комбинате), а также полученной от другого предприятия и использованной на производственные нужды, при отсутст-

вии которой предприятие было бы вынуждено обеспечить забор дополнительного объема свежей воды.

Под термином «объем оборотной воды» следует понимать суммарный объем воды (с учетом его циркуляции в системе), который потребовался бы при отсутствии системы оборотного водоснабжения, т. е. экономию забора свежей воды в результате применения оборотных систем. В этот объем не включают объемы воды, циркулирующей в системах промышленного и коммунального водяного отопления. Подпитка указанных систем свежей водой учитывается в показателе использования воды на «производственные нужды предприятия», тут же учитывается и подпиточная вода системы оборотного водоснабжения.

Руководствуясь настоящими укрупненными нормами, можно установить дифференцированные нормы или дать оценку рациональности использования воды на каждом действующем предприятии.

Среднегодовые расходы сточных вод W определяют по формуле:

$$W = NQ, \quad (3.5)$$

где N – объем производства;
 Q – среднегодовая укрупненная норма расхода воды или количества сточных вод на единицу продукции или сырья.

Если в состав данного предприятия входит ряд самостоятельных производств, указанных в таблице укрупненных норм, расходы воды и количества сточных вод определяются по формуле:

$$\Sigma W = \Sigma NQ = N_1Q_1 + N_2Q_2 + N_3Q_3 + \dots + N_nQ_n \quad (3.6)$$

Для получения максимальных (как правило, в летний период) и минимальных (в зимний период) расходов воды и количества сточных вод следует учитывать коэффициенты изменения нормы по сезонам года $K_{лет}$ и $K_{зим}$:

$$Q_{max} = K_{лет} \cdot Q; \quad (3.7)$$

$$Q_{min} = K_{зим} \cdot Q, \quad (3.8)$$

где Q – среднегодовая укрупненная норма, соответствующая расходам в весенний и осенний периоды.

Суммарный расход свежей воды, забираемой из источника (графы 5...7), приведен в графе 8 таблиц укрупненных норм, а возврат сточной воды в водоем в графе 9 (сумма граф 10...13).

Безвозвратное потребление и потери воды в системе водоснабжения и канализации предприятия или производства (графа 14) представляют собой разность между суммарным расходом свежей воды из источника (графа 8) и возвратом сточной воды в водоем (графа 9).

Образующиеся сточные воды от продувки систем оборотного водоснабжения и стоки от мелких потребителей, использующих воду по прямоточной схеме (однократно), а также очищенные сточные воды, качество которых отвечает указанным выше требованиям, непосредственно или после соответствующей доочистки и обработки могут быть использованы повторно для тех или иных целей (без выпуска их в водоем) [169].

4. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

4.1. Характеристика сточных вод

В пищевой промышленности, в частности на масложировых предприятиях (МЖП), для производственных и хозяйственно-бытовых нужд используют воду питьевую, техническую и оборотную, повторно направляемую в производство без промежуточной обработки и охлаждения. Отработанная вода, сбрасываемая в водоем после предварительной очистки или без нее, называется сточной водой.

В результате использования воды в технологическом процессе и на хозяйственно-питьевые нужды образуются сточные воды, которые можно разделить на следующие группы: производственные, хозяйственно-бытовые и атмосферные [171].

Хозяйственно-бытовые сточные воды – это стоки бытовых помещений (душевые, санитарные узлы и пр.), пунктов питания (столовые, буфеты) и бытового обслуживания (прачечные и пр.). Они содержат примеси, из которых примерно 58 % органических веществ и 42 % минеральных. Хозяйственно-бытовые сточные воды подлежат централизованному отведению системой канализации населенного пункта на станцию биологической очистки (станцию аэрации). Их повторное использование в производственных целях осложнено санитарно-гигиеническими требованиями.

Атмосферные сточные воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков и стекания с территорий предприятий. Они загрязняются органическими и минеральными веществами. Атмосферные сточные воды должны отводиться системой ливневой канализации предприятия. Перед их сбросом или повторным использованием (для технических целей) такие воды подлежат

очистке главным образом от взвешенных веществ, а также специфических загрязняющих веществ.

Производственные сточные воды состоят из двух подгрупп:

технологические высококонцентрированные сточные воды – сточные воды, образующиеся в результате замены рабочих растворов и промывки основного технологического оборудования, подготовки рабочих и питающих растворов на химических станциях основных цехов, первых промывных операций изделий, мойки производственных помещений;

технологические низкоконцентрированные сточные воды – сточные воды, образующиеся в результате вторых и последующих промывных операций, периодических сбросов части воды охлаждающих систем, сточные воды вспомогательных и подсобных подразделений и т.д.

Производственные сточные воды пищевых производств представляют собой сложную физико-химическую систему. В них задерживаются не только растворимые частицы, но и частицы различной степени дисперсности (от 10^{-9} до 10^{-2} м). В сточных водах кроме взвешенных частиц содержится значительное количество загрязнителей – растворенных веществ органического и неорганического происхождения.

Загрязнения сточных вод подразделяют на три класса: минеральные, органические, бактериальные или биологические.

К минеральным загрязнениям относятся частицы глины, песка, растворы минеральных солей и т.д.

К органическим принадлежат загрязнения растительного и животного происхождения, различные углеродистые соединения и др.

В класс бактериальных и биологических загрязнений входят дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли, бактерии, простейшие организмы и биологические наросты в градирнях.

В промышленных стоках МЖП загрязнения на 75 % состоят из органических веществ в виде эмульгированных жироподобных веществ.

Общая загрязненность сточных вод органическими веществами характеризуется биологическим потреблением кислорода БПК ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$ воды), измеряемым количеством кислорода, выраженным в миллиграммах на 1 дм^3 воды или сточных вод, необходимым для достижения полной минерализации органических соединений, окисляющихся с помощью микроорганизмов в аэробных условиях при температуре 20°C . То есть БПК дает представление о кислороде, необходимом для окисления загрязнителей органического происхождения биологическим путем. При этом определяют значение БПК₅ или БПК_п, т.е. учитывают потребление кислорода за 5 суток и полное (за 20 сут). Соотношение БПК_п : БПК₅ составляет 1,5:1,8. Принято считать, что пятидневный период исследований достаточен для характеристики биологического потребления кислорода для сточных вод. В течение этого времени минерализуется 68...70 % органических веществ.

О содержании органических веществ в воде судят также по такому показателю, как окисляемость. Наиболее полное окисление загрязнителей в кислой среде достигается при использовании бихромата калия.

Окисляемость бихромата калия, называемая также химическим потреблением кислорода ХПК ($\text{мг O}_2/\text{дм}^3$ воды), – один из главных показателей степени загрязнения сточных вод. Чем выше этот показатель, тем грязнее вода.

На практике в сточных водах наиболее часто определяют ХПК и БПК₅ для расчета допустимых органических загрязнений водоемов. Следует отметить, что с помощью ХПК устанавливают органические вещества, а также некоторые неорганические соединения, поглощающие кислород, поэтому показатель ХПК не совпадает точно с БПК, и ориентировочно принимают значение $\text{БПК} = 0,8\text{ХПК}$.

При определении степени загрязнений очищенных стоков полезно знать классификацию поверхностных вод по степени их загрязнений (табл.3.4).

Таблица 3.4
Классификация поверхностных вод по степени загрязнения [7]

Степень загрязнения	БПК ₅ , $\text{мг O}_2/\text{дм}^3$	Пригодность воды	
		в системе оборотного водоснабжения	в хозяйстве пищевой промышленности
Очень чистая	0,5...1,0	Пригодна	Пригодна
Чистая	1,1...1,9	Пригодна	Пригодна
Умеренно-загрязненная	2,0...2,9	Пригодна	Пригодна с очисткой
Загрязненная	3,0...3,9	Пригодна с очисткой	Непригодна
Грязная	4...10	Пригодна с очисткой	Непригодна
Очень грязная	более 10	Пригодна с очисткой	Непригодна

Для более полной характеристики в сточных водах определяют температуру, активную кислотность (рН), количество взвешенных веществ, сухой остаток, наличие сульфатов, хлоридов и сероводорода, а также цветность, степень прозрачности сточных вод и их запах, содержание азота и фосфора.

Значение рН характеризует степень агрессивности сточных вод.

По степени агрессивности воды делят на следующие группы: неагрессивные (с рН 6,5...8,0); слабоагрессивные (слабокислые с рН 6,0...6,5 и слабощелочные с рН 8,0...9,0; сильноагрессивные воды (сильнокислые с рН < 6,0 и сильнощелочные с рН > 9,0).

По концентрации взвешенных веществ сточные воды делят на четыре группы: 1-я – 1...500, 2-я – 500...5000, 3-я – 5000...30000, 4-я – более 30000 $\text{мг}/\text{дм}^3$ [1].

При необходимости в стоках контролируют также значение ПДК ($\text{мг}/\text{дм}^3$) и других загрязнителей с учетом их лимитирующих показателей вредности: санитарно-токсикологических, общесанитарных и органолептических.

МЖП ежегодно сбрасывают в канализацию около 115 млн м³ сточных вод. Сточные воды этих предприятий кроме механических загрязнений содержат нейтральный жир, жирные кислоты в основном в виде мыла и разнообразные примеси в виде растворенных минеральных кислот, щелочей, глицерина, поваренной соли, красящих веществ, углеводородов. Количество жировых веществ в данном объеме сточных вод составляет около 20 тыс. тонн.

Сточные воды МЖП различаются большим разнообразием как по составу компонентов, так и по их концентрации и подразделяются на следующие группы [176].

Стоки маслоэкстракционного и маслопрессового производств. Маслоэкстракционные предприятия сбрасывают наиболее загрязненные стоки, трудно поддающиеся биологической очистке. В данные стоки поступают в значительном количестве конденсаты водяных паров от сушки масла, конденсаты, содержащие бензин, использовавшийся в качестве экстрагента. Бензин и жировые вещества, образующие тонкую эмульсию, являются основными загрязнителями стоков маслоэкстракционных производств. Содержание загрязнений в воде от экстракционного отделения после бензолушки: ХПК 500...600 мг О₂/дм³; БПК₅ 400...500 мг О₂/дм³; бензин (определяемый как нефтепродукты) 40...50 мг/дм³. Последний компонент, имея очень низкое отношение БПК_{полн}/ХПК (не более 0,03), практически не поддается биологическому окислению в условиях обычных очистных систем. В связи с этим перед направлением бензинсодержащих стоков на биологическую очистку следует отгонять бензин в специальных аппаратах. Сточная вода, образующаяся при окончательной очистке масла после маслоэкстракционных производств, имеет более высокое содержание загрязняющих компонентов: ХПК ~ 2,5 г О₂/дм³; БПК₅ ~ 2,3 г О₂/дм³; жировые вещества ~1,0 г/дм³. Для биологической очистки целесообразно объединять такую воду с водой от маслоэкстракционного цеха, предварительно освобожденной от бензина.

В маслопрессовом производстве стоки образуются при очистке масла. Буферные воды после линии очистки имеют следующие показатели: ХПК 7,0...7,2 г О₂/дм³, БПК₅ ~ 6,8...7,0 г О₂/дм³, содержание жировых веществ 3,0...3,5 г/дм³.

Стоки рафинационных производств. При рафинации жиров основными отходами являются соапсток и промывные воды. Промывные воды образуются в количестве 0,3 м³ на 1 тонну готового масла. Температура промывных вод около 90 °С, рН 8...10.

Характеристика общего стока от рафинации масла по видам вод от различных процессов приведена в табл. 3.5.

Стоки гидрогенизационных производств. Гидрогенизационные предприятия производят саломас – продукт гидрогенизации жидких жиров. Малозагрязненные воды образуются при охлаждении паров в барометрических конденсаторах.

Таблица 3.5

Характеристика сточных вод рафинационного производства [176]

Сточные воды	рН	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Жировые вещества, мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³
От промывки масла	6...10	250...5000	750...1500	1500...3000	1300...2700
Барометрические от дезодорации	7...7,5	50...150	50...150	100...300	70...270
Барометрические от сушки масла	6...7	0...10	10...20	20...40	15...36
От разложения соапстока	5...6	1000...2000	1500...2000	3000...4000	1200...1600

Температура таких вод около 40 °С. Наибольшее количество органических загрязнений сбрасывается с водами от промывки катализатора и водорода. Вода от гидрогенизационного производства бедна азотом, содержит значительное количество солей (хлориды, сульфаты). В табл. 3.6 дана характеристика промывных вод гидрогенизационного производства.

Таблица 3.6

Характеристика промывных вод гидрогенизационного производства [176]

Показатели	Сточные воды от промывки	
	водорода	катализатора
ХПК, мгО ₂ /дм ³	100...1000	60...200
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	50...300	25...100
Азот, мг/дм ³	3,8	—
Взвешенные вещества, мг/дм ³	50...150	50...100
Сухой остаток, мг/дм ³	250...1000	200...3000
Жировые вещества, мг/дм ³	50...100	10...50
Хлориды, мг/дм ³	1000...3500	50...500
Сульфаты, мг/дм ³	50...200	100...2000
рН	6...7	7...8

Стоки мыловаренных производств. Основу сточных вод мыловаренных производств составляет подмыльный щелок, образующийся в количестве 500...800 кг на 1 тонну готового 60 % мыла. Подмыльный щелок содержит до 1 % жирных кислот, до 0,2 % NaOH, до 0,6 % Na₂CO₃ и до 12 % NaCl. На большинстве предприятий подмыльный щелок сбрасывается в канализацию. Следует помнить, что сточные воды, содержащие мыла, способны пениться.

Образование пены зависит от состава и концентрации алкилкарбоновых кислот, температуры стоков и ряда других факторов. Мыла, полученные из ал-

килкарбоновых кислот средней молекулярной массы (C_{10} - C_{12}) образуют крупноячеичную, малоустойчивую пену, а из жирных кислот C_{16} - C_{18} – мелкоячеичную, устойчивую. Дополнительное введение в промышленный сток растворов смежных производств, содержащих щелочные компоненты, способствует пенообразованию, что затрудняет последующую очистку.

Одной из основных особенностей стоков МЖП является их нестабильность. Цеховые стоки различных производств различаются как по количеству, так и по составу. Некоторые вещества, присутствующие в сточных водах различных цехов, при их объединении могут вступать в химическое взаимодействие, образуя новые соединения, не свойственные предприятию. Отдельные стоки с высокой концентрацией и специфическими свойствами примесей даже в небольших количествах ухудшают состав общих стоков. В результате для очистки их следует разбавлять свежей или другой водой, которая может быть использована для нужд производства. Поэтому принцип объединения цеховых жиросодержащих стоков жиркомбината одной канализационной сетью с последующей очисткой общего стока не оправдывает себя.

4.2. Общая характеристика методов очистки сточных вод

С современной точки зрения, очистка сточных вод, образующихся на различных стадиях производства, является завершающей технологической стадией переработки масел и жиров и имеет два аспекта в своем решении:

- 1) очистка сточных вод до нормативных показателей, удовлетворяющих требованиям сброса воды в канализацию или водоемы;
- 2) возврат воды в оборотное водоснабжение; улавливание и утилизация содержащихся в сточных водах жировых продуктов с целью дальнейшего их использования.

Техника и технология очистки промышленных сточных вод должна развиваться по двум направлениям:

- 1) создание бессточных схем производства путем совершенствования технологии, создания рациональных внутрицеховых схем водоиспользования и водооборотных циклов;
- 2) очистка сточных вод: выбор (из числа существующих) рациональных методов очистки сточных вод и совершенствование этих методов применительно к конкретным условиям производства.

В настоящее время в масложировой промышленности сложилось тяжелое положение в области охраны окружающей среды, в частности водоохраны. В условиях рынка, где прибыль достигается любой ценой, зачастую закупается зарубежное технологическое оборудование без устройств для очистки сточных вод; предприятия сбрасывают в водоемы сточные воды без какой-либо очистки. В последние годы отмечается парадоксальная ситуация: имеется высокий уровень научно-технических разработок – и крайняя отсталость, неподготовлен-

ность предприятий для внедрения этих достижений, положительный опыт эксплуатации современных передовых технологий очистки сточных вод – и слабое внедрение их в отрасли. Хозяйственный механизм слабо влияет на заинтересованность предприятий внедрять передовые научно-технические достижения по охране окружающей среды.

Для очистки сточных вод на МЖП применяют механические, физико-химические, химические, биологические и другие способы очистки [177-184]. Каждый метод очистки следует рассматривать как с точки зрения эффективности очистки, утилизации получаемых продуктов, а также современных требований окружающей среды и рыночной экономики. Выбор способа очистки зависит от количества стоков, вида и концентрации загрязнителей, требуемой степени очистки, местонахождения предприятия, наличия городских канализационных систем, а также размера водоема и его типа.

Механические способы очистки. Почти на всех МЖП первой стадией является механическая очистка, которая предусматривает очистку сточных вод путем отстаивания, процеживания, центрифугирования и фильтрования. Содержащиеся в очистной воде грубодисперсные частицы и коллоидные примеси плотностью, превышающей плотность воды, осаждаются под действием сил тяжести в отстойниках, осветлителях, жироловушках. Крупные примеси удаляют через стационарные решетки с просветом между прутьями до 40 мм. Для удаления мелких частиц используют стационарные и другие сита. Продолжительность осаждения взвешенных частиц в отстойниках не должна превышать 2 ч во избежание гнилостного разложения органических веществ.

Для очистки сточных вод от частиц суспензий можно применять фильтрацию через различные ткани или зернистые материалы (фильтры). Однако эффективность очистки механическими методами невелика (для жироловушек не превышает 40 %).

Физико-химические способы очистки. Основаны на процессах адсорбции, дистилляции, ионного обмена, осмоса и др. К физико-химическим методам очистки сточных вод относят флотацию, коагуляцию, адсорбцию, ионный обмен, экстракцию, ректификацию, выпаривание, дистилляцию, обратный осмос, ультрафильтрацию и др.

На МЖП широкое применение нашли методы напорной флотации и ультрафильтрации. Перспективным методом в технологии очистки сточных вод является метод электрофлотации.

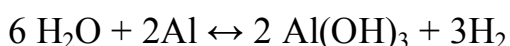
Флотацию проводят путем пропускания воздуха через слой воды, при этом очистка состоит из нескольких стадий: аэрации воды под давлением, образования во флотаторе воздушных пузырьков при понижении давления до атмосферного, всплывания взвешенных и эмульгированных частиц жира вместе с пузырьками воздуха.

Аппараты напорной флотации просты и надежны в эксплуатации и обеспечивают меньшее остаточное содержание загрязнений по сравнению с жироловушками. Однако метод напорной флотации имеет существенные недостат-

ки, связанные с необходимостью иметь реагентное хозяйство, которое в значительной мере усложняет эксплуатацию очистных сооружений и автоматизацию процесса очистки.

Весьма перспективным является способ электрической флотации, обладающий высокой скоростью и эффективностью при извлечении тонкодисперсных частиц, находящихся в сточных водах, без применения каких-либо реагентов.

При работе электрофлотатора из воды выделяется только водород, а кислород, образующийся при электролизе воды, вступает в реакцию с растворенными под действием электрического тока алюминиевыми электродами:



Полученный в результате реакции гидроксид алюминия с помощью газа быстро перемешивается в воде и коагулирует находящиеся в ней загрязнения.

Преимущество электрофлотации заключается в том, что обеспечивается генерация газовых пузырьков весьма тонкой дисперсности (примерно 10...15 мкм в момент их образования) и в достаточном для флотации количестве. Регулируя степень дисперсности и гранулометрический состав пузырьков водорода изменением силы тока, с помощью пузырьков водорода и гидроксида металла можно извлекать из сточных вод жировые частицы любых размеров.

С целью экономии электроэнергии на очистку направляют сточные воды после предварительного усреднения реакции среды.

Большие неудобства в эксплуатации очистных сооружений с применением электричества может вызвать выделяющийся при электролизе воды водород, который в смеси с воздухом дает взрывоопасную смесь. Следовательно, все электродвигатели, освещение и т.п. должны быть выполнены во взрывобезопасном исполнении с соблюдением всех мероприятий по технике безопасности. Кроме того, широкому распространению метода препятствует то, что пока не найдены надежные и удобные в работе аппараты, а также эффективные и доступные способы очистки электродов и быстрая их замена.

Для удаления загрязнений в растворенных сточных водах может использоваться адсорбция. Адсорбцией называется процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора поверхностью твердого тела – адсорбента. Чтобы этот процесс был эффективным, необходима большая поверхность, поэтому в качестве сорбента применяются пористые тела, обладающие громадной поверхностью. Различают физическую адсорбцию и химическую (хемосорбцию).

Первая обусловлена взаимным притяжением молекул адсорбента и адсорбируемого компонента (сорбтива) смеси. При этом не возникает химического взаимодействия (реакций).

Во втором случае между молекулами адсорбента и молекулами поглощаемого компонента происходит химическая реакция и возникает химическая связь.

При поглощении паров в порах адсорбента в некоторых случаях может произойти конденсация, и поры заполнятся жидкостью. Этот процесс называется капиллярной конденсацией.

Адсорбцию газов и паров твердыми телами исследуют статическими и динамическими методами. В статических методах адсорбент помещают в атмосферу газа или пара, и после установления равновесия измеряют равновесные давления, температуру и количество поглощенного сорбата. Измерения адсорбционной способности производят или по привесу адсорбента (весовой метод), или по разности количества адсорбтива, введенного в измерительную ячейку, и оставшегося в равновесной газовой фазе после контакта с адсорбентом (объемный метод). Статические методы применяются обычно при изучении индивидуальной адсорбции газов или паров с использованием вакуумной техники. Путем вакуумирования и нагрева адсорбент освобождают от ранее адсорбированных веществ.

Адсорбционная очистка вод может быть регенеративной, т.е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и деструктивной, при которой сорбированные вещества уничтожаются вместе с адсорбентом.

Эффективность адсорбционной очистки достигает 80...95 % и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и ее доступности, химического строения вещества и его состояния в растворе.

В качестве сорбентов используют активные угли, синтетические сорбенты и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки и др.).

В общем случае процесс адсорбции складывается из трех стадий: переноса вещества из сточной воды к поверхности зерен адсорбента (внешнедиффузионная область), собственно адсорбционного процесса, переноса вещества внутри зерен адсорбента (внутридиффузионная область). Скорость адсорбции зависит от концентрации, природы и структуры растворенных веществ, температуры воды, вида и свойств адсорбента. Принято считать, что скорость собственно адсорбции велика и не лимитирует общую скорость процесса. Следовательно, лимитирующей стадией может быть внешняя либо внутренняя диффузия. В некоторых случаях процесс лимитируется обеими этими стадиями.

Для очистки часто используются аппараты с кипящим слоем непрерывного действия. Благодаря высокой скорости потока зерна сорбента находятся во взвешенном подвижном состоянии, что обеспечивает интенсивный массообмен между ними и очищаемым газом (или жидкостью).

Ионообменная очистка применяется для извлечения из сточных вод растворенных солей металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути, кадмия, ванадия, марганца и др.), а также соединений мышьяка, фосфора, цианидов и радиоактивных веществ. Метод позволяет рекуперировать ценные вещества

при высокой степени очистки воды. Поэтому он широко используется для обес-соливания при водоподготовке.

Ионный обмен представляет собой процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы. Вещества, составляющие эту твердую фазу, носят название ионитов. При очистке стоков они должны быть практически нерастворимы в воде. Те из них, что способны поглощать из растворов электролитов положительные ионы, называются катионитами, отрицательные – анионитами. Первые обладают кислотными свойствами, вторые – основными. Если иониты обменивают и катионы, и анионы, их называют амфотерными. Поглотительная способность ионитов характеризуется обменной емкостью, которая определяется числом эквивалентных ионов, поглощаемых единицей массы или объема ионита.

Катиониты и аниониты бывают неорганические (минеральные) и органические. Это могут быть природные или искусственно полученные вещества. К неорганическим природным ионитам относятся цеолиты, глинистые минералы, полевые шпаты, различные слюды и др. Органические природные иониты – это гуминовые кислоты почв и углей. Они проявляют слабокислотные свойства.

В настоящее время, вследствие дороговизны и специфики загрязнений, этот метод не получил широкого распространения на масложировых предприятиях.

Ультрафильтрация, или мембранный способ очистки, можно применять для доочистки зажиренных сточных вод после установок напорной флотации. Частично очищенная сточная вода под давлением 0,2 МПа поступает на установку с мембранами, способными задерживать загрязнения под действием осмотического давления. Мембранная технология очистки сточных вод является перспективной ввиду своих преимуществ: компактности, постоянства состава, малой энергоемкости. Недостатки метода: возникновение явления концентрационной поляризации, которая заключается в росте концентрации растворенного вещества у поверхности мембраны, а также ряд водорастворимых веществ (низкомолекулярные жирные кислоты, белок, глицерин и т.д.) не задерживаются мембраной, что приводит к уменьшению производительности, степени разделения и срока службы мембраны.

Химические способы очистки. Методы основаны на взаимодействиях химических реагентов с загрязняющими веществами. В результате химических процессов повышается уровень безопасности воды, снижается цветность, и исчезают неприятные запахи. Химические процессы в ряде случаев способствуют удалению из сточных вод взвесей, коллоидных и растворенных соединений.

В группу химических методов очистки входят: нейтрализация, окисление, раскисление, флокуляция, коагуляция и некоторые другие способы с использованием реагентов.

Нейтрализацию сточных вод, содержащих минеральные кислоты или щелочи, проводят путем смешения кислых и щелочных стоков с введением реагентов, также абсорбцией кислых газов щелочными водами или абсорбцией

аммиака кислыми водами. Практически сток считается нейтральным при рН 6,5...8,5.

Окисление – одна из стадий очистки сточных вод, в которой используют в качестве окислителей: газообразный и сжиженный хлор, хлорат кальция, перманганат кальция, бихромат калия, пероксид водорода, кислород воздуха, пероксосерные кислоты, озон, пиролюзит и др.

Хлор и вещества, содержащие хлор, используют для очистки сточных вод от сероводорода, фенолов, цианидов и др.

Окисление кислородом воздуха используют для очистки стока от железа, для окисления соединений железа (II) в железо (III) с последующим отделением от воды гидроксида железа.

Окисление озоном позволяет одновременно обеспечить обесцвечивание воды, удаление привкусов и запахов и обеззараживание стоков. Озонированием можно очистить сточные воды от фенолов, нефтепродуктов, сероводорода, соединений мышьяка, поверхностно-активных веществ, цианидов, красителей, пестицидов и др.

Недостаток вышеуказанных методов заключается в большом расходе реагентов, поэтому их применяют только в тех случаях, когда вещества, загрязняющие сточные воды, нецелесообразно или нельзя извлечь другими способами.

Одним из наиболее современных методов очистки является метод раскисления с применением серной кислоты или смешением подмыльного щелока с кислыми стоками. Главный недостаток данного метода – это видоизменение жировых веществ под действием реагентов, так, например, натриевые соли жирных кислот переходят в другие соединения, и появляется новый продукт, который порождает проблему его утилизации.

Коагуляция применяется для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Коагуляция может происходить самопроизвольно или под влиянием химических и физических процессов. При очистке сточных вод коагуляция происходит под влиянием добавляемых веществ – коагулянтов.

Сущность данного метода заключается в потере агрегативной или седиментационной устойчивости дисперсной системы, с последующим расслоением (разделением) фаз.

Началом коагуляции считают потерю агрегативной устойчивости свободной дисперсной системы, в которой дисперсная фаза равномерно распределена по всему объему, под действием каких-либо факторов, заключающуюся в сближении частиц дисперсной фазы и взаимной их фиксации на небольших расстояниях друг от друга. Между частицами остаются прослойки воды, эти структуры отличаются подвижностью частиц относительно друг друга.

Следующий этап заключается в разрушении этих прослоек среды и непосредственном контакте частиц.

На заключительной стадии образуются жесткие агрегаты из твердых частиц или происходит полное их слияние в системах с жидкой или газообразной фазой с последующим осаждением.

В качестве соединений, способных вызвать коагуляцию дисперсных частиц, используют соли железа и алюминия, образованные многозарядными катионами слабых оснований и анионами сильных кислот (SO_4^{2-} , Cl^-). На МЖП в качестве коагулянта чаще всего используют сернокислый алюминий, который в результате гидролиза образует гидроксид алюминия, обладающий свойством адсорбировать на своей поверхности загрязнения. Выбор коагулянта зависит от его физико-химических свойств, стоимости, а также от состава и свойств сточных вод.

Преимуществами данного метода является довольно простое и компактное аппаратное оформление, достаточно дешевые и недефицитные реагенты, высокая эффективность очистки от жировых примесей, а также от бактерий (кишечной палочки), вирусов (бактериофага, ботулинического токсина).

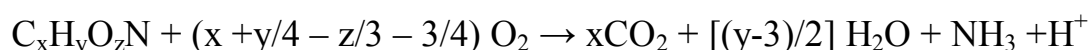
Основным недостатком метода являются затраты на приобретение и приготовление реагентов.

Флокуляция – процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами. В промышленности используют как природные, так и синтетические флокулянты. Из природных соединений наиболее распространены крахмал, декстрины, эфиры и др., из синтетических – кремниевая кислота $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$, полиакрилат технический и полиакрилат гидролизированный.

Метод флокуляции используют не как самостоятельный метод очистки сточных вод, а для интенсификации процесса коагуляции.

Биологические способы очистки. Методы широко распространены в пищевой промышленности. Применяются для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от многих растворенных органических и некоторых неорганических веществ. Под биологической очисткой сточных вод понимают очистку, осуществляемую специальными микроорганизмами, способными окислить загрязнители стоков до минеральных веществ. Загрязнители стоков в этом случае служат для микроорганизмов легкоусвояемыми источниками питания и энергии.

Процессы биологического окисления органических веществ, находящихся в сточных водах, протекают внутри клеток микроорганизмов и в общем случае, весьма сложны. Их описывают «брутто» реакциями:



К ним относят аэробные и анаэробные методы очистки сточных вод в заводских условиях, орошение почвы сточными водами, очистку сточных вод в биологических прудах и фильтрах.

Аэробный метод основан на использовании аэробных групп организмов для жизнедеятельности которых необходим постоянный приток кислорода и температура 20...40 °С. При аэробной очистке, происходящей при продувании воздуха, используют активный ил – смешанную культуру различных систематических групп – бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей и членистоногих. Основу биомассы составляют бактерии. Благодаря тому, что общая поверхность 1 г сухой биомассы составляет 100 м², очистка стоков биологическим путем идет быстро.

Аэробные методы очистки могут протекать в естественных и искусственных условиях. В естественных условиях очистка происходит на так называемых полях орошения и в биологических прудах – 3...5 ступенчатых каскадах прудов, через которые с небольшой скоростью протекает очищаемая вода. Суть биологической очистки на полях состоит в том, что при фильтровании сточной воды через слой почвы в ней адсорбируются взвешенные и коллоидные вещества, которые со временем образуют в порах почвы микробиологическую пленку. Эта пленка адсорбирует и окисляет задержанные органические вещества, превращая их в минеральные соединения.

Искусственная биологическая очистка может протекать в аэротенках, биофильтрах и т.д.

Анаэробный метод очистки протекает без доступа кислорода и используется главным образом для обезвреживания осадков. Как правило, это предварительная ступень перед аэробной очисткой. Но для очистки сточных вод МЖП он менее эффективен, чем все вышеперечисленные, т.к. остаточное содержание сульфатов, хлоридов в стоках остается высоким.

При решении вопроса о биологической очистке воды (аэробной или анаэробной) необходимо знать состав стоков и степень их загрязнения. Важно, чтобы на биологическую очистку поступали сточные воды с наличием С, N и P в усвояемой форме, а соотношение компонентов субстрата имело вид: БПК_п : N : P = 100:5:1. Кроме того, необходимо сохранять неравенство БПК_п:ХПК ≥ 0,75, а также условия, при которых содержание взвешенных частиц в сточных водах было не более 10 г/дм³. Диапазон рН должен находиться в пределах 6,5...8,5. Это значение рН должно быть стабильным для воды, поступающей на очистку.

В настоящее время разработаны новые методы очистки сточных вод МЖП, такие как термический метод; метод огневого обезвреживания, который приводит к получению практически чистых солей и дистиллята; многостадийный комбинированный метод по схеме: отстой – пережиривание – обработка хлористым кальцием – фильтрация – доупаривание (применяется для очистки подмыльного щелока). Однако они не были опробованы в промышленных условиях, и данные эффективности очистки отсутствуют.

Выбор того или иного метода очистки производят с учетом санитарных и технологических требований, предъявляемых к очищенным производственным сточным водам с целью дальнейшего их использования, а также с учетом коли-

чества сточных вод и концентрации загрязнений в них, наличия необходимых материальных и энергетических ресурсов и экономичности процесса.

Подробную информацию о вышеизложенных методах очистки и применении оборудовании можно получить в рекомендуемой авторами литературе, приведенной в конце данного пособия. Ниже будут изложены усовершенствованные классические методы очистки сточных вод, перспективные методы очистки и действующие в настоящее время на МЖП схемы очистки производственных сточных вод.

4.3. Механические методы очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности

Вследствие того, что производственные сточные воды МЖП представляют собой сложную химическую систему, применение одного метода не может обеспечить очистку стока, удовлетворяющую всем требованиям, поэтому, как правило, используются комбинации различных методов. Уровень техники и технологии очистки сточных вод МЖП в настоящее время характеризуется сочетанием применения классических (механические, физико-химические) и новых (биологических, мембранных) методов очистки.

Почти на всех МЖП первой стадией является механическая очистка, предназначенная для удаления крупных загрязнений и грубодисперсных примесей.

Содержащиеся в очистной воде грубодисперсные частицы и коллоидные примеси плотностью, превышающей плотность воды, довольно легко удаляются механическими очистными установками. Кроме этого, за счет сорбции механическими загрязнителями, находящимися во взвешенном состоянии в сточных водах, частично извлекаются химические и бактериальные загрязнители. Одновременно происходит существенное снижение концентраций таких загрязнителей, как железо и органика. В результате резко снижается нагрузка устройств физико-химической очистки, чем обеспечивается значительный эколого-экономический эффект. В используемых для процеживания сточных вод вертикальных или наклонных решетках ширина щели составляет 15...20 мм. С поверхности решетки осадок может удаляться вручную или механически.

Механические методы основаны на процессах процеживания, отстаивания, фильтрования и центрифугирования. Процеживание ведут через решетки или сита. Для отстаивания используют песколовки или отстойники различных конструкций. Фильтрование и центрифугирование осуществляют с использованием аппаратов периодического и непрерывного действия [7, 160, 165, 185, 199].

Отстаивание основано на процессе осаждения твердых частиц в жидкости под действием силы тяжести. При этом может иметь место свободное либо стесненное осаждение неслипавшихся частиц и осаждение частиц, склонных к коагулированию. По направлению движения сточной воды в отстойниках их делят

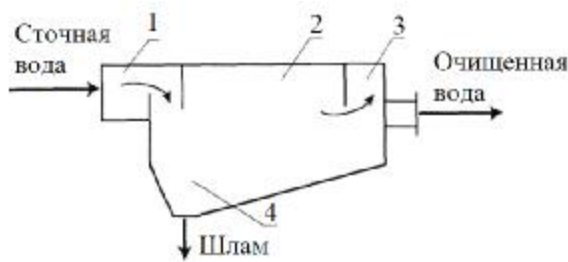


Рис. 3.4. Горизонтальный отстойник

Существует довольно много различных конструкций отстойников непрерывного действия, которые используются для очистки больших объемов сточных вод [199].

В горизонтальном отстойнике (рис.3.4) вода подводится в переднюю торцовую часть через входной патрубок 1, проходит вдоль корпуса аппарата 2 до противоположного конца и, осветленная, сливается через выходной патрубок 3. Для более равномерного распределения воды по поперечному сечению потока устраивают водораспределительные и водосборные устройства в виде поперечных водосливов, перфорированных перегородок и желобов, а также устанавливают легкие продольные перегородки с таким расчетом, чтобы ширина каждого потока была не более 6 м. Площадь отверстий в них выбирают так, чтобы скорость проходящей воды была меньше той скорости, при которой начинается разрушение хлопьев скоагулированной взвеси (не более 0,5 м/с). В нижней части перегородки на 0,3...0,5 м выше зоны накопления и уплотнения осадка отверстия не предусматриваются. Осадок, скапливающийся в шламосборнике 4, удаляют скребковыми транспортерами или выпускают через сборную систему каналов на дне отстойника. По высоте отстойник условно разделяется на две части: зону осаждения, где взвесь осаждается, и зону накопления и уплотнения осадка. Высоту отстойника в зависимости от высотной схемы станции принимают равной 3...5 м.

На рис. 3.5 представлена схема вертикального отстойника, в который очищаемая вода поступает по трубопроводу 4 в кольцевую зону, образованную цилиндрической перегородкой 3 и корпусом 5 отстойника.

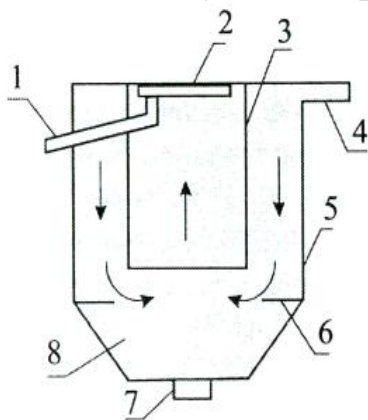


Рис. 3.5. Вертикальный отстойник

на горизонтальные, вертикальные, радиальные и комбинированные. Характеристики отстойника должны обеспечивать заданный эффект осветления. При подводе и отводе воды стремятся обеспечить равномерное поле скоростей и их низкие значения, используя для этого специальные вспомогательные устройства.

В процессе вертикального движения сточная вода встречает на своем пути отражательное кольцо 6, направляющее поток воды во внутреннюю полость перегородки 3, а твердые частицы оседают в шламосборник 8. Очищенная сточная вода поступает в кольцевой водосборник 2 и через трубопровод 1 выводится из отстойника. Осадок, скапливающийся в шламосборнике, периодически удаляется из не-

го через трубопровод 7. Размер отстойников определяется гидравлическим сопротивлением, глубиной отстойника у боковой стенки и временем отстаивания.

Песколовки применяются на очистных сооружениях производительностью 100 м^3 в сутки и более для задержания минеральных загрязнений. Скорость движения стоков в песколовке должна быть такой, чтобы выпадали только наиболее тяжелые минеральные загрязнения, мелкие же и органические частицы не успевали осесть. При горизонтальном движении воды скорость в песколовке должна быть не более $0,3$ и не менее $0,15 \text{ м/с}$. Различают песколовки горизонтальные, в которых жидкость движется в горизонтальном направлении, вертикальные, в которых жидкость движется вертикально снизу вверх, и щелевые. Для увеличения эффективности очистки в песколовке может использоваться аэрация. Наиболее широко применяются горизонтальные песколовки с прямоточным движением сточных вод и механическим удалением осадка.

На рис. 3.6 представлена схема горизонтальной песколовки с аэрацией. Сточная вода поступает в песколовку через входной патрубок 1. Воздух подается через воздухопровод 2 и с помощью воздухораспределителя 3 равномерно распределяется по всему корпусу аппарата. Оседающие в процессе движения воды твердые частицы скапливаются в шламоборнике 5 и удаляются через патрубок для удаления шлама 6.

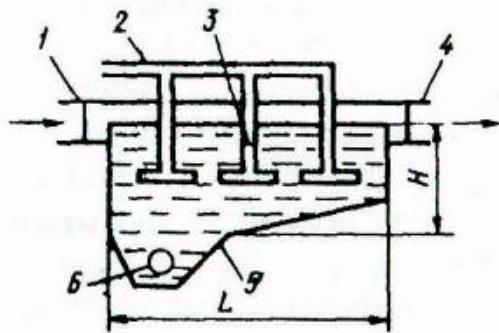


Рис.3.6. Горизонтальная песколовка с аэрацией

Очищенная вода через выходной патрубок 4 направляется для дальнейшей обработки. Удаление осадка из песколовок осуществляют, как правило, ежедневно. С помощью отстаивания улавливают также легкие (всплывающие) примеси (жиры, смолы, нефть).

Жироловки и маслоловушки применяются при очистке малых количеств сточных вод, в которых содержатся жиры или смазочные масла. Жироловушки бывают цеховые и дворовые (наружные), по форме прямоугольные или цилиндрические. Цеховые жироловушки по размерам значительно меньше дворовых, и продолжительность отстаивания промышленных стоков в них составляет $5 \dots 10$ мин. Их устанавливают непосредственно в цехах для улавливания легко всплывающих частиц жира. Наружные жироловушки рассчитаны на более длительное пребывание в них жировых стоков с одного или целого ряда жироперерабатывающих производств [185].

Цеховая жироловушка (рис.3.7) представляет собой емкость прямоугольной формы 1, с глубиной проточной части от 1 до 2 м, внутри которой имеется гидроэлеватор 2, приямок для осадка 7, куда скребковым транспортером 6 собираются нежировые примеси.

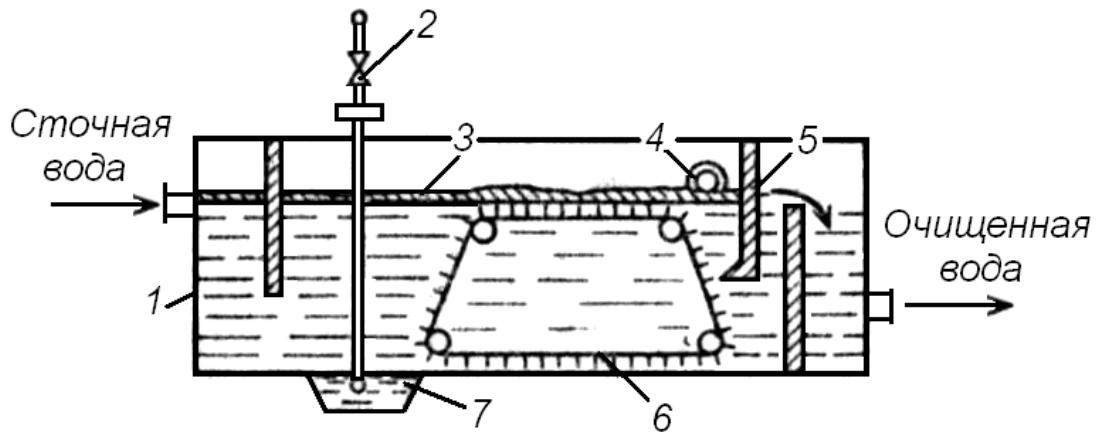


Рис. 3.7. Жироловушка

В начале и в конце жироловушки устанавливают поперечные перегородки 5, не доходящие до дна на 0,3 м. Назначение их – изменять скорость движения и увеличивать время пребывания сточных вод в жироловушке с целью более полного отделения примесей. Всплывающие на поверхность жировые и другие примеси 3 улавливают с поверхности воды при помощи жироборных труб 4 и откачивают на мыловаренный завод, осевший шлам сжигают.

Дворовые жироловушки имеют примерно такую же конструкцию, как и цеховые, но по размерам они значительно больше и рассчитываются на время пребывания в них стоков – 2 часа и более. Эффективность очистки в жироловушках не превышает 40 %. Для повышения эффективности очистки сточных вод применяют аэрацию их сжатым воздухом через систему дырчатых труб.

Фильтрованием называют процесс разделения неоднородных систем при помощи пористых перегородок, которые задерживают одни фазы этих систем и пропускают другие. Фильтрация сточных вод позволяет очищать их от тонкодисперсных твердых примесей. Процесс фильтрации применяется также после физико-химических и биологических методов очистки, т.к. некоторые из этих методов сопровождаются выделением в очищаемую жидкость механических загрязнителей.

Фильтры могут применяться как одна из ступеней комплексной схемы очистки воды (после отстойников и осветлителей), либо как самостоятельное очистительное сооружение, в зависимости от концентрации загрязнений в исходной воде.

Используемые для очистки сточных вод пищевых предприятий фильтры могут быть классифицированы по следующим признакам: по режиму работы – периодического и непрерывного действия; характеру разности давлений – вакуум-фильтры и фильтры, работающие под давлением; конструктивным признакам – барабанные, дисковые, карусельные, ленточные, фильтры-прессы, патронные, мешочные и др.

Фильтровальные перегородки могут быть гибкие (ткани, сетки, перфорированные листы), жесткие (металлокерамика, керамика, картон), насыпные

(гравий, песок, дробленый шлак, гранитный щебень, керамзит, мраморная крошка, активированный уголь), намывные, а также плавающие (из вспененных полимерных материалов).

Регенерация фильтрующих элементов проводится обратной промывкой (в том числе импульсной), промывкой при перемешивании, химической очисткой.

Работа фильтров характеризуется скоростью фильтрования ($\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2), а именно количеством очищаемой воды за единицу времени с единицы площади поверхности фильтрующего слоя. Различают медленные (скорость фильтрования $0,5 \text{ м/ч}$), скоростные (скорость фильтрования $2 \dots 24 \text{ м/ч}$) и сверхскоростные (скорость фильтрования более 25 м/ч) фильтры.

В большинстве случаев для очистки стоков пищевых предприятий в качестве механических фильтров применяют гравийно-песочные медленные (безнапорные) и скорые (напорные) фильтры. Фильтры с зернистой загрузкой высотой до 2 м получили наибольшее применение.

Гравийно-песочный медленный безнапорный фильтр представляет собой открытый резервуар с дренажной системой для удержания горизонтально расположенной песчано-гравийной загрузки. Слой воды, подлежащий очистке, находится над загрузкой. Площадь загрузки, т.е. площадь фильтрования, и скорость фильтрования, (условная скорость протекания жидкости через всю площадь) определяют производительность такого фильтра.

В скором, или напорном фильтре корпус закрытый. Необходимая скорость в нем устанавливается под действием перепада давления на входе в фильтр и на выходе из него. Высота таких фильтров (типа ФОВ-2,6-6) достигает 4 м , а площадь поперечного сечения зависит от площади фильтрования [199].

Полимербетонные напорные фильтры (типа ПБФ), разработанные в ООО «Эколог» (г. Ростов-на-Дону), начали применять с 1980 г. Сегодня эксплуатируются сотни установок производительностью $1,5 \dots 50,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Сравнительная характеристика фильтров ФОВ-2,6-6 и ПБФ производительностью $50,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ каждый, представленная в табл. 3.7, позволяет судить о преимуществах полимербетонного фильтра [199].

Таблица 3.7
Технико-экономическая характеристика фильтров [199]

Тип фильтра	Площадь фильтрования, м^2	Скорость фильтрования, м/ч	Строительный объем, м^3	Масса загрузки (фильтро-элементов), т	Масса стального корпуса, т
ФОВ-2,6-6	5,3	9,5	20,3	28,0	3,7
ПБФ	7,6	6,6	0,95	0,35	0,53

В таких фильтрах меньше потери напора по сравнению с фильтрами с зернистой загрузкой и, следовательно, ниже расход электроэнергии, больше время между промывками, меньше расход воды на собственные нужды. Фильтры ПБФ отличает высокая надежность в работе. Срок их службы без замены фильтроэлементов (т.е. разборки фильтра) – более 10 лет.

В фильтрах с пористым полимербетоном зерна жестко соединяются между собой полимерным связующим, т.е. формируется искусственный пористый камень, который образует пористую фильтроперегородку любой формы (минимальная толщина фильтроперегородки составляет 1,5...3,0 см).

Такая перегородка может располагаться как угодно, даже вертикально без поддерживающих слоев. Поверхность поровых каналов пористого полимербетона покрыта слоем полимерной пленки и не только эффективно сорбирует взвеси из жидкости, но и легко отмывается обратным током чистой воды. При этом интенсивность промывки возрастает с увеличением температуры промывочной воды. При определенных условиях фильтры ПБФ можно использовать в качестве биофильтра.

Применение фильтров с полимербетонной загрузкой позволяет значительно уменьшить размеры станций очистки стоков, в большинстве случаев они могут успешно заменить традиционные устройства механической очистки, такие как песколовки, контактные осветлители и отстойники, широко используемые на предприятиях пищевой промышленности.

Легкие (плавающие) загрузки имеют плотность зерен фильтрующего материала меньше плотности воды и предназначены главным образом для очистки сточных вод от жира и других всплывающих органических веществ. Материалы обладают большой грязеемкостью, механической устойчивостью к истиранию и измельчению, эффективной адгезией к загрязнениям.

В качестве фильтрующего материала для плавающих загрузок используют пенополистирол (ППС), пенополиуретан (ППУ) и некоторые другие материалы. Пористые фильтрующие материалы обладают адсорбционными свойствами, поэтому очистка способом фильтрования совмещает в себе два процесса – фильтрацию и адсорбцию, что повышает ее эффективность.

Использование синтетических материалов, пористость которых достигает 95 %, позволяет существенно повысить скорость фильтрования, увеличить продолжительность фильтроцикла и осуществлять процесс очистки с меньшими затратами по сравнению с обычными фильтрами [186].

Харьковское отделение НИИ ВОДГЕО совместно с Гимпромясомолпромом разработало технологическую схему очистки сточных вод с использованием фильтров из полиуретана. Фильтры с полиуретановой засыпкой (ФППУ-2,6-0,6) предназначены для очистки сточных вод от жиров и взвешенных веществ и могут быть также использованы для очистки нефтесодержащих стоков на предприятиях отрасли, имеющих большое транспортное хозяйство [199].

Грязеемкость 1 м³ засыпки из ППУ в зависимости от условий фильтрования колеблется от 40 до 200 кг. Регенерация такой засыпки проводится путем про-

мывания водой при одновременном перемешивании сжатым воздухом. Затем материал отжимают, при этом поглощающая способность практически полностью восстанавливается.

Разработаны фильтры, в которых процесс регенерации осуществляется непосредственно в корпусе, что позволяет продлевать фильтроцикл, повышает их экономическую эффективность, а также предотвращает распространение гнилостной микрофлоры (бактерий) и неприятного запаха по территории предприятия.

В НИИ конверсии и экологии МГУПБ была разработана экспериментальная фильтрационная установка с высокопористой полимерной загрузкой (рис. 3.8).

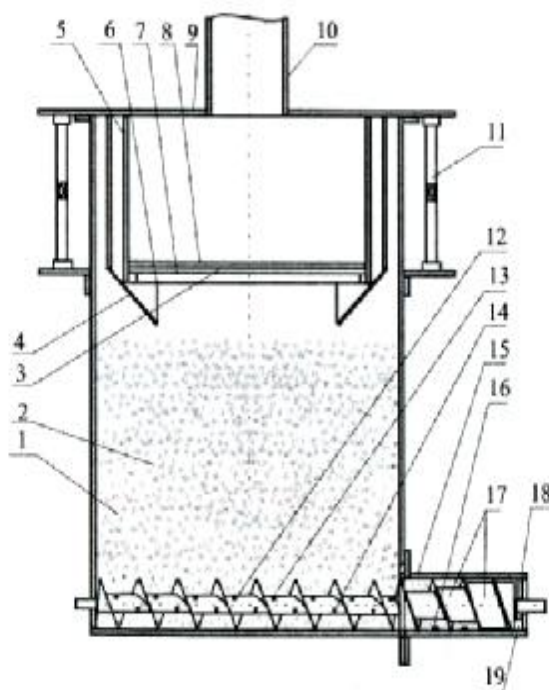


Рис. 3.8. Устройство для очистки жиросодержащих сточных вод:

1 – корпус; 2 – высокопористая полимерная загрузка; 3 – бак уплотнитель; 4 – направляющие; 5 – боковые отверстия; 6 – днище; 7 – сливное отверстие; 8 – пробка; 9 – крышка; 10 – патрубок; 11 – подъемный механизм; 12 – шнек; 13 – полый вал; 14 – отверстие для подачи пара; 15 – цилиндрический кожух; 16 – перфорация; 17 – пластина, приваренная между витками шнека; 18 – крышка; 19 – выходное отверстие

Установка (фильтр) состоит из цилиндрического корпуса высотой 800 мм с внешним диаметром 250 мм и толщиной стенки 5 мм, к которому болтами крепятся верхняя крышка с патрубком для подачи сточной воды, манометром, патрубком для подачи пара и нижняя крышка со сливным патрубком. Фильтр работает следующим образом. Через патрубок в верхней крышке внутрь корпуса насосом подается сточная вода, попадающая на верхнюю перфорированную перегородку и поступающая далее на фильтрующий слой из высокопористых пенопо-

лиуретановых (поролонных) кубиков размером 10x10x10 мм полимерной загрузки. В результате жир и взвешенные вещества, находящиеся в воде, задерживаются (адсорбируются) на поверхности фильтрующего материала, а очищенная таким образом вода сливается через патрубок в приемный сосуд. Скорость фильтрации следует принимать не более 10 м/ч, в противном случае необходимо предусматривать сжатие фильтрующего материала и подачу очищаемой воды в корпус аппарата под давлением [199].

Центрифугирование используется реже для очистки сточных вод МЖП, чем методы осаждения и фильтрования. Это связано с тем, что центрифугирование является процессом энергозатратным.

Центрифуги бывают отстойные и фильтрующие. В процессах очистки сточных вод фильтрующие центрифуги используют для разделения грубодисперсных систем, отстойные – для разделения труднофильтрующихся тонко- и грубодисперсных суспензий, а также для классификации суспензий по размерам и плотности частиц. Для очистки производственных сточных вод наиболее перспективны отстойные центрифуги. Для выделения из сточных вод тонко- и среднедиспергированных примесей применяют центрифуги с фактором разделения более 2500.

Экономически целесообразно использовать центрифуги для локальной очистки сточных вод в том случае, когда выделенный осадок имеет ценность и может быть рекуперирован и когда для выделения осадка нельзя использовать реагенты.

Центрифуги периодического действия целесообразно использовать при концентрации нерастворимых примесей в сточных водах не более 2...3 г/дм³ и если образующиеся осадки цементируются или характеризуются высокими абразивными свойствами.

Из центрифуг непрерывного действия в системах очистки вод наибольшее распространение получили горизонтальные центрифуги типа ОГШ. Их используют для выделения веществ с гидравлической крупностью примерно 0,2 мм/с (противоточные) и 0,05 мм/с (прямоточные).

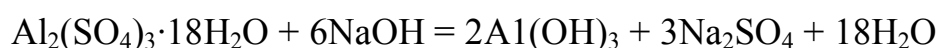
4.4. Физико-химические методы очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности

На масложировых предприятиях из этой группы методов широкое применение нашли методы напорной флотации и ультрафильтрации. Перспективным методом в технологии очистки сточных вод является метод электрофлотации.

Методы флотации. Флотация – один из наиболее распространенных методов очистки сточных вод [165,176, 187-191]. Она используется в тех случаях, когда невозможно или неэффективно удаление загрязнений механическими методами. Флотационные установки используют для удаления из сточных вод ма-

сел, нефтепродуктов, жиров, смол, гидроксидов, ПАВ и других органических веществ, твердых частиц с гидравлической крупностью менее 0,01 мм/с, полимеров, волокнистых материалов, а также для разделения иловых смесей.

Метод флотации основан на использовании мельчайших пузырьков воздуха, выделяющихся из жидкости при снижении давления, которые, прилипая к жировым частицам, выносят их на поверхность очищаемых стоков. Это позволяет ускорить процесс выделения жировых веществ из сточных вод по сравнению с отстаиванием. Масса флотируемых частиц не должна превышать силы их прилипания к газовым пузырькам и подъемной силы последних. В случае флотационной очистки размер пузырьков воздуха составляет 15...30 мкм. Оптимальная крупность извлекаемых частиц находится в пределах $10^{-3} \dots 10^{-1}$ см. Для повышения эффективности очистки к воде добавляют коагулянт, хлопья которого способствуют укрупнению частиц загрязнений. В качестве коагулянта используют 6...8 % раствор технического сульфата алюминия – сернокислого глинозема, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Эффективная очистка воды достигается, когда расход сернокислого глинозема составляет примерно 1 г на 1 г жировых веществ, находящихся в воде, поступающей на очистку. Кроме того, периодически подают раствор едкого натра, чтобы вода имела нейтральную или слабокислую реакцию (рН 6,5...7). Это необходимо для образования из сернокислого глинозема гидроксида алюминия, который и выступает в роли коагулянта. В соответствии с уравнением на 1 моль (666 г) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ требуется 6 моль (240 г) NaOH, т.е. на 1 кг сернокислого глинозема требуется 0,36 кг едкого натра:



В зависимости от метода насыщения воды пузырьками воздуха различают следующие способы флотационной очистки сточных вод [165]:

- ❖ с выделением воздуха из пересыщенного раствора (вакуумная, напорная, эрлифтная);
- ❖ с механическим диспергированием воздуха (импеллерная, безнапорная, пневматическая);
- ❖ с образованием газов в воде (электрофлотация, химическая и биологическая).

Флотация с выделением воздуха из пересыщенного раствора. Наиболее распространенным видом данного способа является напорная флотация. Установка для напорной флотации включает в себя: сборные (приемные) емкости для сбора сточной воды, насосы, эжекторы или компрессоры, напорный резервуар (сатуратор) для насыщения воды воздухом, флотатор и оборудование для сбора и удаления пены с загрязнениями. Для повышения эффективности очистки предусматривают предварительную коагуляцию воды. Установку дополняют смесителями, камерами хлопьеобразования и др.

Флотаторы представляют собой отстойники радиального типа с встроенной флотационной камерой (рис.3.9). Сточные воды в виде водно-воздушной

эмульсии через входной штуцер 8 и далее через вращающийся водораспределитель 6, поступают во флотационную камеру 5. При прохождении флотационной камеры сточная вода подвергается аэрации мельчайшими пузырьками воздуха, выделяющимися из водно-воздушной эмульсии вследствие снижения давления. Во флотационной камере происходит всплывание на поверхность наиболее крупных жировых частиц очищаемой жидкости. Пройдя флотационную камеру, сточные воды попадают в зону отстаивания. Здесь происходит всплывание наиболее мелких частиц жира с помощью мельчайших пузырьков воздуха, засасываемых сюда потоком очищаемой жидкости. В этой зоне происходит также выпадение наиболее тяжелой взвеси главным образом минерального происхождения. Очищенная сточная вода через выпуск 4 может быть направлена на дальнейшую очистку. Для поддержания постоянного уровня воды во флотаторе на всю его длину установлена кольцевая перегородка 1. Верхняя часть флотатора снабжена скребковым механизмом 3 для сбрасывания пены в лоток 2 и далее в один из сборников-уплотнителей. Лопатки скребков могут

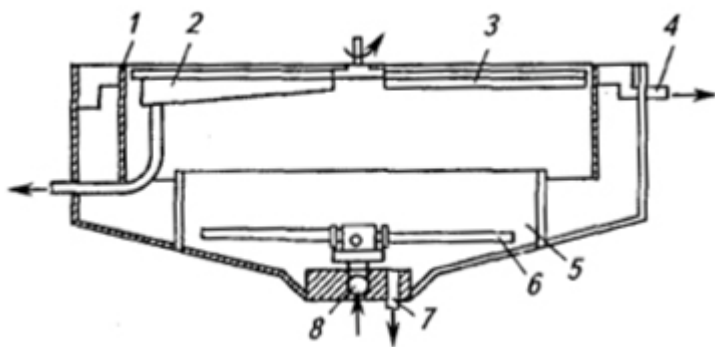


Рис. 3.9. Радиальный флотатор

быть резиновыми, но лучше вместо них на скребках на гибких резиновых подвесах закрепить металлические полосы размером 2000x250x5 мм, поскольку они более эффективны и долговечны. Из лотка жиромасса самотеком отводится в резервуар для уплотнения с помощью пара. Образующийся в конусной части осадок по выпуску 7 периодически удаляют

в специальную емкость с последующей транспортировкой на свалку или на иловые площадки для подсушки. Диаметр стандартного флотатора, рассчитанного на очистку 600 м³/ч воды, составляет 12 м.

Аппараты напорной флотации обеспечивают по сравнению с жироловушками в 5...10 раз меньшее остаточное содержание загрязнений и имеют в 5...10 раз меньшие габариты. Они просты и надежны в эксплуатации. Однако, как показал опыт промышленной эксплуатации таких установок, эффект очистки жиросодержащих сточных вод не превышает 50...60 %.

В Курском институте экологической безопасности выпускается ряд высокоэффективных модульных установок напорной флотации с 2-х и 3-х ступенчатой очисткой с производительностью до 20 м³/ч в сочетании с самотечными и напорными фильтрами и адсорберами для извлечения из сточных вод нефтепродуктов, масел, жиров, взвешенных веществ, ПАВ и т.д. Особенности конструкции модулей позволяют обеспечить эффект очистки по взвешенным веществам до 90...95 %, по жирам 80...95 %. Установки малоэнергоёмки, обеспечивают обратное водоснабжение, не требуют много места и больших капиталь-

ных вложений, эффективно работают как локальные установки, так и в составе очистных сооружений [199].

Фирма «Агро-3» предлагает флотационный блок, состоящий из двух ступеней: первая ступень – безреагентная напорная флотация, вторая ступень – реагентная флотация с дозированием коагулянта и флокулянта. Применение второй ступени обработки сточных вод реагентной флотацией позволяет довести очистку стоков по основным показателям до нормативных требований. Кроме того, после реагентной флотации не требуется применение другого оборудования доочистки, например осветлительных фильтров. При реагентной флотации для сокращения дозы коагулянта и увеличения эффективности осветления сточной воды используют флокулянты преимущественно катионного типа. Доза флокулянта зависит от молекулярной массы применяемого реагента. Чем выше молекулярная масса, тем ниже эффективная доза полимера [199].

В последние годы для предприятий МЖП предлагается проводить очистку сточных вод на напорных флотаторах ИНСТЭБ типа Сейм, работающих в режиме пенной флотации. Флотационные установки Сейм УПФ - 1/1.15 (рис.3.10, а) и Сейм УПФБ - 1/1.15 - башенного типа (рис. 3.10, б) (ТУ 4859 - 006 - 11085815 - 2003) предназначены для очистки сточных вод от масел, жиров, нефтепродуктов, ПАВ, взвешенных веществ, растворенных органических примесей при работе в режиме пенной сепарации и оборотным водоснабжением. Для повышения степени очистки модули могут работать с применением коагулянтов и флокулянтов. Техническая характеристика флотационных установок приведена в табл. 3.8.

Особенность конструкции флотационных установок – обеспечение всех функций от одного насоса и возможность 12-кратного рецикла воды, чем и достигается высокая степень очистки. Эффективность очистки по взвешенным веществам 90...95 %, жирам 80...95 %, нефтепродуктам до 98...99 %.

Таблица 3.8

Техническая характеристика флотационных установок Сейм

Наименование параметров	УПФ -1/1.15	УПФБ -1/1.15
Производительность, м ³ /ч	15	15
Установленная мощность, кВт	7,5	-
Габаритные размеры, мм:		
длина	6000	1930
ширина	2000	1520
высота	2300	6524
Масса нетто, кг, не более	2500	2000

Флотационные установки ИНСТЭБ, разработанные ЗАО «Институт экологической безопасности» г. Курска (ЗАО «ИНСТЭБ») получили высокую оценку ГНЦ НИИВОДГЕО, прошли государственную экологическую и санитарно-гигиеническую экспертизы, по достоинству оценены природоохранными органами, запатентованы в России [199].

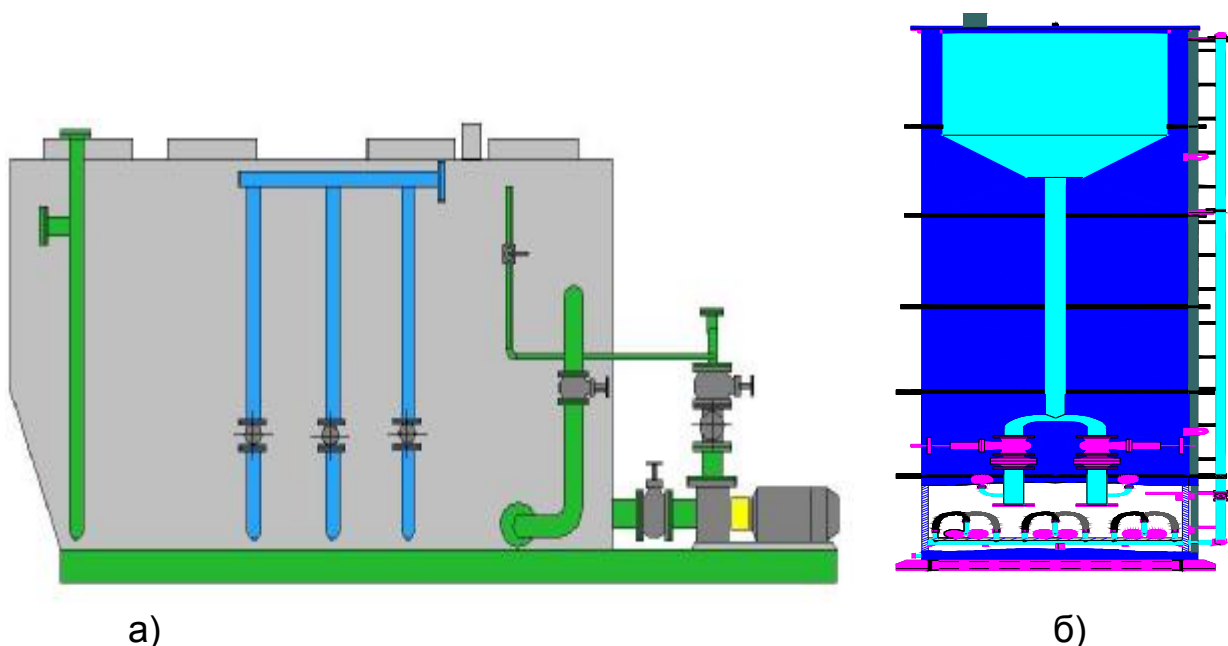


Рис. 3.10. Флотационные установки:
Сейм УПФ - 1/1.15 (а) и Сейм УПФБ - 1/1.15 - башенного типа (б)

Для очистки сточных вод предприятий МЖП напорные флотационные установки могут быть использованы в различных технологических схемах.

В прямоточной схеме вся обрабатываемая вода поступает в сатуратор и насыщается воздухом, а затем поступает во флотатор. Схема наиболее проста в осуществлении и эксплуатации, но требует большого расхода энергии. Ее нецелесообразно применять для удаления коллоидных или хлопьевидных частиц, которые могут разрушаться в сатураторе.

При частично прямоточной схеме 30...70 % неочищенной воды направляется в сатуратор, а остальная часть – сразу же во флотатор. Это позволяет сократить расход энергии на проведение процесса очистки.

В схеме с рециркуляцией в сатуратор подается 20...50 % очищенной воды. Такую схему применяют при очистке стоков, содержащих хлопьевидные взвешенные вещества, при использовании коагулянтов и флокулянтов, при уплотнении активного ила и др. По этой схеме расход воздуха на флотацию меньше, чем при использовании прямоточной схемы. Однако с рециркуляцией воды объем флотационной камеры увеличивается.

Рассмотрим наиболее распространенные схемы флотации: прямоточную (рис. 3.11) и с рециркуляцией очищенной воды (рис. 3.12). По первой схеме очищаемую воду непосредственно насыщают воздухом при давлении 0,20...0,25 МПа (2,0...2,5 кгс/см²), а по второй – воздухом под давлением 0,3...0,4 МПа (3...4 кгс/см²) насыщают некоторое количество уже очищенной воды (приблизительно 1/3 от объема очищаемой) и смешивают ее с водой, поступающей на очистку [192].

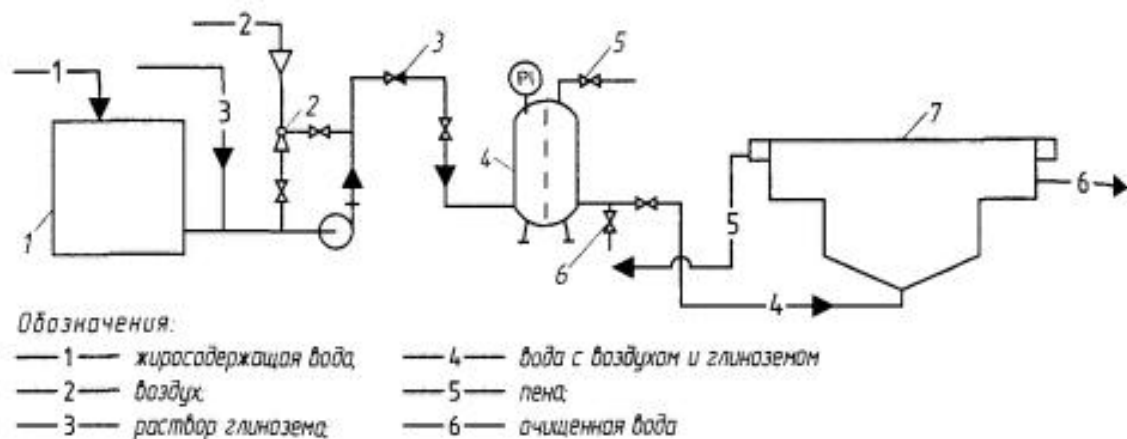


Рис.3.11. Схема прямоточной очистки сточных вод методом напорной флотации:

1 – накопительный бак; 2 – эжектор; 3 – обратный клапан; 4 – напорный бак; 5 – клапан для сбора воздуха; 6 – пробоотборный кран; 7 – флотатор

У каждой из схем имеются преимущества и недостатки. Первая позволяет иметь объем флотатора на 20...30 % меньше, чем вторая. Однако при этом флотация происходит в худших условиях, так как при перекачке воды насосом разрушаются хлопья, образованные коагулянтom, что приводит к снижению эффективности очистки.

На рис. 3.11 приведена схема прямоточной очистки сточных вод методом напорной флотации. Сточные воды при температуре 35 °С из накопительного бака 1 насосом перекачиваются в напорный резервуар 4. Сжатый воздух в количестве 3 % нагнетается в сточные воды с помощью эжектора 2, установленного между всасывающим и напорным патрубками насоса. В напорном резервуаре 4 воздух при избыточном давлении 0,20...0,25 МПа в течение 2...3 мин растворяется в воде, в результате получается водно-воздушная эмульсия. Такая эмульсия поступает во флотатор 7, где при снижении давления до атмосферного жировые примеси флоатируются пузырьками воздуха и накапливаются на поверхности. Скребокoвым механизмом, расположенным в верхней части флотатора, пену снимают и направляют на мыловаренный завод. Очищенные сточные воды направляются для охлаждения на градирню или в промежуточный бак и на вторую ступень очистки.

Коагулянт (сернистый алюминий) в виде 10 % водного раствора вводится во всасывающую линию насоса в количестве 0,5 % от объема поступающих стоков для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Также вводится 9...42 % раствор гидроксида натрия в количестве 0,01 % от объема стоков с целью нейтрализации кислых стоков, либо для абсорбции кислых газов щелочными стоками.

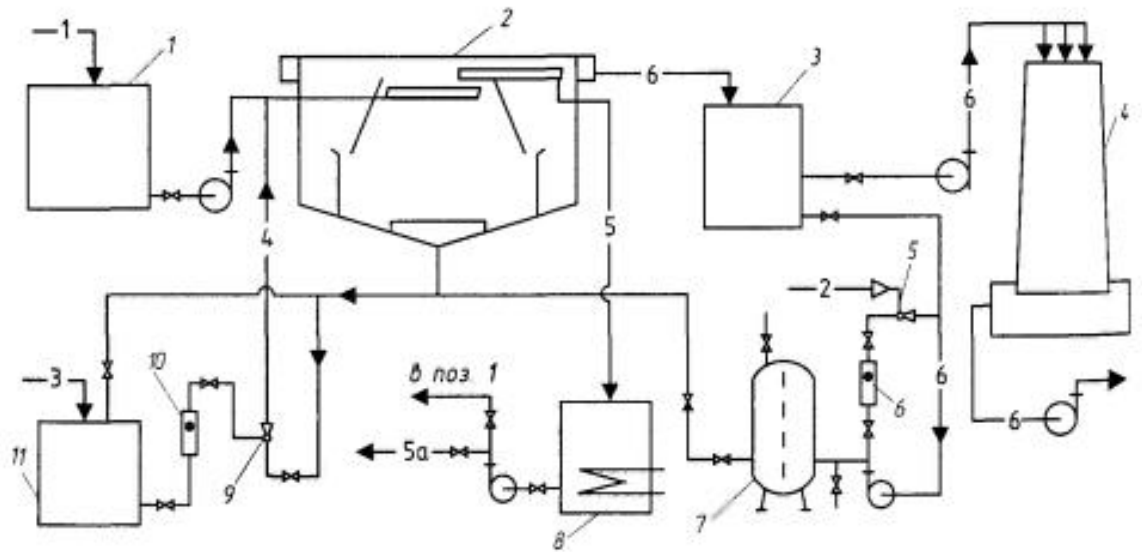


Рис. 3.12. Схема очистки сточных вод методом напорной флотации с рециркуляцией:

1 – накопительный бак; 2 – флотатор; 3 – промежуточный бак очищенной воды; 4 – градирня; 5,9 – эжекторы; 6,10 – ротаметры; 7 – напорный бак; 8 – сборник-накопитель; 11 – бак рабочего раствора коагулянта

В напорный бак и флотатор второй ступени стоки подают так же, как и на первую ступень. Только подача коагулянта производится по мере необходимости в зависимости от характера и степени загрязнения сточных вод, поступающих после первой ступени очистки [192].

Значения основных технологических параметров при работе флотационной установки зависят от количества и физико-химических свойств загрязнений. Для очистки воды от жировых веществ время ее пребывания в напорном баке составляет 4 мин, во флотационной камере – не менее 20 мин; количество подсасываемого эжектором воздуха 2...3 % от объема очищаемой воды.

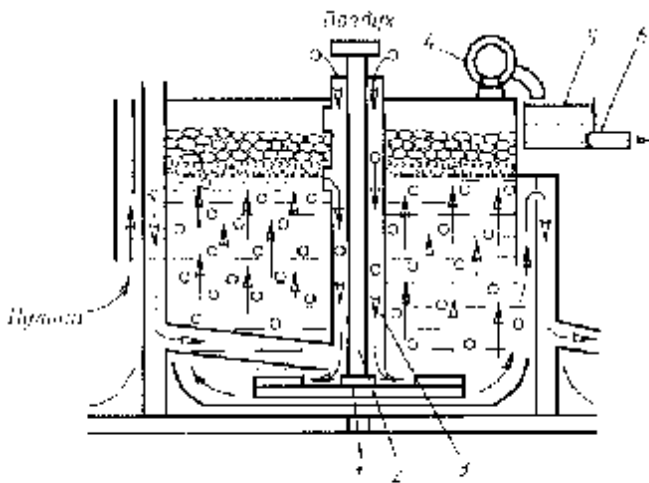


Рис. 3.13. Флотационная установка с импеллером

Сооружения с применением метода напорной флотации были впервые пущены в постоянную эксплуатацию в 1969 году на Ленинградском и Краснодарском масложировых комбинатах. Эффективность очистки составляла 90...98 %. До очистки сточные воды содержали: взвешенных веществ от 200 до 5000 мг/дм³; жировых 280...5600 мг О₂/дм³ по БПК_п.

После очистки содержание веществ составляло: взвешенных до 60 мг/дм^3 , жировых не более $30 \dots 50 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ по БПК_п.

Недостаток способа напорной флотации – необходимость иметь реагентное хозяйство, усложняющее эксплуатацию очистных сооружений и автоматизацию процесса очистки.

Флотация с механическим диспергированием воздуха. В технологиях очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности практическое применение получили механические и пневматические флотационные установки. К ним относятся импеллерная, безнапорная и пневматическая флотация.

Схема наиболее распространенной механической флотационной машины с центробежным импеллером приведена на рис. 3.13 [165].

Импеллер 1, представляющий собой диск с радиальными лопатками, укреплен на вертикальном валу 2, который помещен в обсадной трубе 3. Верхний конец обсадной трубы находится над уровнем пульпы, а нижний опирается на приемный колпак с присоединенной к нему над импеллером крышкой. При вращении импеллера в приемном колпаке создается вакуум, вследствие чего туда засасывается обрабатываемая вода и воздух. Водовоздушная смесь выбрасывается в нижнюю часть камеры, а собирающийся на поверхности слой пены устройством для отвода пены 4 сгоняется в пеносборник 5 и далее через выходной патрубок для загрязнений 6 периодически удаляется. Очищенная вода отводится из средней части камеры.

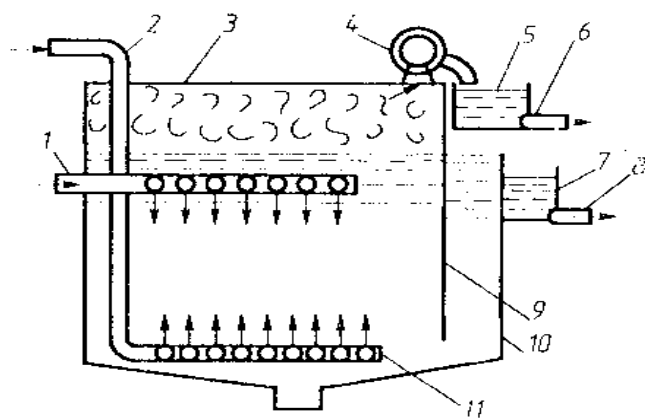


Рис. 3.14. Флотационная установка

При пневматической флотации в жидкость вводят под напором воздух с диспергированием его пористыми материалами (рис. 3.14) [165]. Основными узлами пневматической флотационной установки являются: трубопровод для сточной воды 1, трубопровод для воздуха 2, крышка 3, устройство для отвода пены 4, пеносборник 5, выходной патрубок для загрязнений 6, приемник 7, трубопровод для удаления воды 8, перегородка 9, корпус 10, насадка 11.

Пневматические флотационные установки с подачей воздуха через различные пористые материалы отличаются простотой конструкции флотационных камер, уменьшением энергозатрат, отсутствием сложных механизмов (насосы, импеллеры).

Их недостаток – возможность зарастания и засорения пор и трудность подбора мелкопористых материалов, обеспечивающих подачу мелких и близких по размерам пузырьков, так как воздушные пузырьки повышенной крупности ухудшают качество очистки.

Флотация с образованием газов в воде. Перспективным методом в технологии очистки сточных вод является метод электрической флотации, обладающий высокой скоростью и эффективностью при извлечении тонкодисперсных частиц, находящихся в сточных водах, без применения каких-либо реагентов. В электрофлотационных установках обрабатываемая вода пропускается между электродами, на поверхности которых образуются пузырьки газа (водород, кислород). Могут применяться нерастворимые и растворимые электроды. В случае применения растворимых электродов процесс электрофлотации сопровождается процессом электрокоагуляции, что обеспечивает более эффективную флотацию.

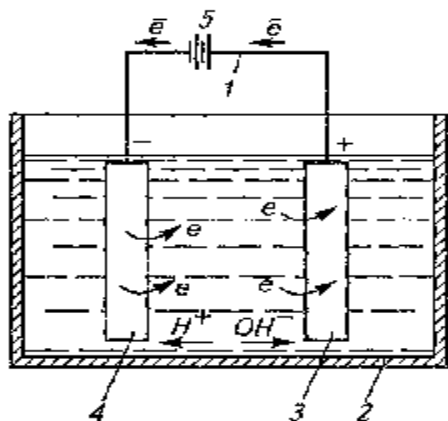


Рис. 3.15. Электролизер

Устройства, в которых проводят те или иные процессы электрохимического воздействия на водные растворы, имеют общее название – электролизеры. Общая принципиальная схема таких устройств представлена на рис. 3.15.

Вода поступает в емкость 2, в которую погружены два электрода: анод 3 и катод 4, соединенные внешней цепью 1 с источником тока 5. Под действием электрического поля, положительно заряженные ионы мигрируют к отрицательному электроду – катоду, а отрицательно заряженные ионы – к положительно заряженному электроду – аноду. На электродах происходит переход электронов. Катод отдает электроны в раствор, и в приэлектродном пространстве происходят процессы, связанные с присоединением электронов к реагирующим частицам, – восстановление. В прианодном пространстве протекают процессы переноса электронов от реагирующих частиц к электроду – окисление.

Иногда представленную на рис. 3.15 схему усложняют, разделяя полупроницаемой перегородкой (диафрагмой или ионообменной мембраной) катодное и анодное пространства. Тогда поступающая на обработку вода либо последовательно проходит каждую из двух образовавшихся камер, либо циркулирует в одной из них.

В зависимости от природы процессов, протекающих в таких аппаратах и обеспечивающих извлечение или обезвреживание загрязняющих компонентов, электролизеры разделяют на следующие типы: электролизеры, электрофлотаторы, электрокоагуляторы и электродиализаторы.

Электрофлотационные установки разделяют по направлению движения воды и флотирующих газов в них на противоточные и проточные, с горизонтальным или вертикальным расположением электродов. Электроды выполняют в виде пластин, однако чаще их изготавливают в виде проволочной сетки из меди или нержавеющей стали. Размер пузырьков газа, покидающих электроды, зависит от величины краевого угла смачивания и кривизны поверхности элект-

тров, поэтому, изменяя диаметр проволоки, удается регулировать дисперсность газовой фазы. Оптимального распределения по размерам газовых пузырьков, а также газонаполнения достигают варьированием плотности тока на электродах.

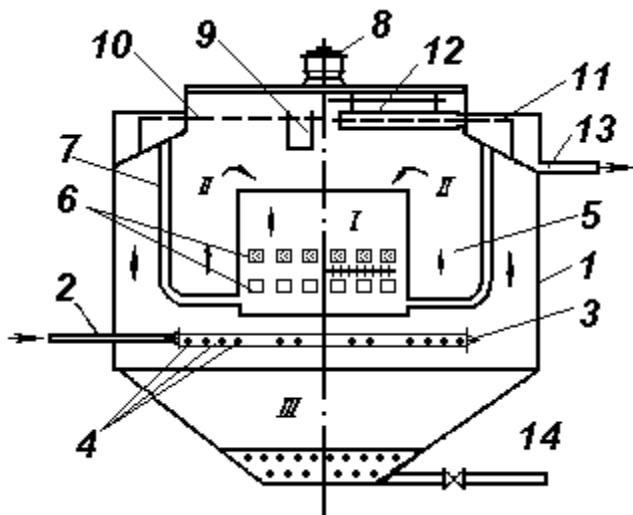


Рис. 3.16. Схема электрофлотатора

На рис. 3.16 представлена схема электрофлотатора. Электрофлотатор работает следующим образом. Очищаемая вода подается в корпус аппарата 1 по впускному патрубку 2 и распределяется равномерно по всей площади отстойной зоны II через отверстия 4, находящиеся в водораспределителе 3. При прохождении отстойной зоны II жировые частицы и другие легкие вещества всплывают на поверхность воды, а тяжелые и взвешенные вещества оседают в зону III. Предварительно очищенная

вода из отстойной зоны поступает в верхнюю часть флотационной камеры 5 зоны флотации I и далее направляется вниз к водоотводным трубам 7. В нижней части флотационной камеры размещаются в два ряда электроды 6 (лучше алюминиевые), которые под действием тока частично разлагаются, образуя гидроксид алюминия и водород. Полученный реагент с помощью газа быстро перемешивается в воде, находящейся во флотационной камере, и коагулирует находящиеся в ней загрязнения. В результате перемешивания реагента очищаются стоки, находящиеся в верхней части флотатора. Очищенная вода через водоотводные трубы 7 направляется в кольцевой водосборный лоток 10, из которого переливается через водосливную стенку 11 и может быть направлена на доочистку на фильтры через выпуск 13. Всплывшая на поверхность воды жиромасса с помощью скребка, приводимого в круговое вращение приводом 8, сбрасывается в жиросборный лоток 9, откуда она направляется на уплотнение острым паром до влажности 95...96%. Осадок, образующийся в зоне III, подлежит периодическому удалению на иловые площадки через выпуск осадка 14. В случае образования отложений (главным образом карбонатных) приводится в движение диэлектрическая щетка 12 от привода 8. После электрофлотатора коагулированные сточные воды следует направлять на флотаторы, а жиромассу после обработки — в мыловаренное производство.

Как показали исследования, при силе тока в 1 А можно разложить 0,35 г алюминиевых электродов. Для коагуляции загрязнений, находящихся в 1 м³ малозагрязненных сточных вод (до 100 мг О₂/дм³ по БПК_п), необходимо разложить 5 г алюминия. Для более загрязненных вод потребляемое количество

алюминия увеличивается, примерно на 5 г на каждые последующие 100 мг/дм³ загрязнений, находящихся в сточных водах.

Процесс электрокоагуляции основан на электролитическом растворении металлических электродов с образованием нерастворимых гидроксидов металла. Эти гидроксиды обладают повышенной адсорбционной активностью к коллоидным и взвешенным частицам, включая радионуклиды.

В результате электрокоагуляции примерно в 10 раз уменьшается количество осадка, поскольку под воздействием токов происходит разрушение органических веществ с образованием газообразных продуктов.

При очистке сточной воды этим методом происходит образование хлоридов, что требует включения в схему очистки узла дехлорирования обработанной сточной воды.

На рис. 3.17 представлена схема электрокоагуляционной установки. Сточная вода из емкости 8 насосом 9 подается по трубопроводу 10 в электролизер 3, в котором расположены электроды 2, питающиеся от выпрямителя 1. При пропускании электрического тока через воду происходит анодное растворение поверхности стальных электродов с образованием ионов двухвалентного железа, гидролизующихся в воде.

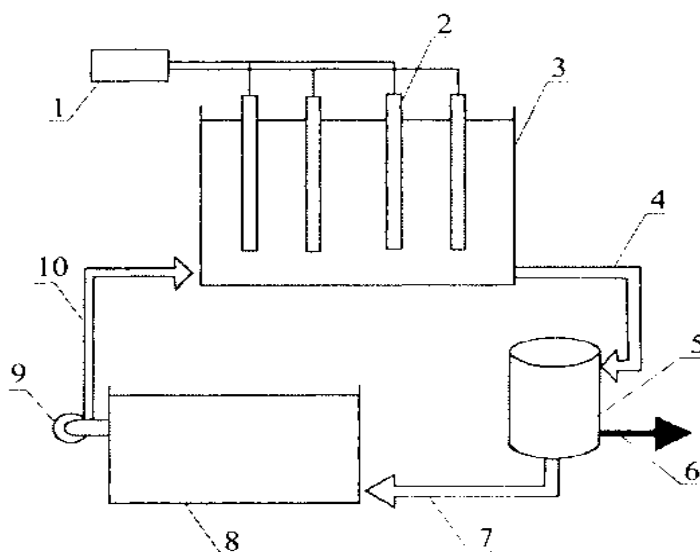


Рис. 3.17. Схема электрокоагуляционной установки [199]

Сточная вода с гидроксидами поступает по трубопроводу 4 в центрифугу 5, где происходит отделение взвесей под действием центробежных сил. Осадок удаляется через трубопровод 6. Очищенная вода поступает на повторное использование по трубопроводу 7.

Эксплуатация флотационных установок, работа которых основана на сложных физико-химических явлениях, связана с постоянным наблюдением за процессом, что требует специальной подготовки и высокой квалификации обслуживающего персонала.

Достоинствами флотации являются непрерывность процесса, широкий диапазон условий применения, относительно небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, простая аппаратура, селективность выделения примесей, большая скорость процесса по сравнению с отстаиванием, а также возможность получения шлама более низкой влажности (90...95 %), высокая степень очистки (95...98 %), возможность рекуперации удаляемых веществ.

Анализ действующих технологических схем и опыта эксплуатации очистных сооружений и оборудования позволил РХТУ им. Д.И. Менделеева разработать серию эффективных водоочистных аппаратов на базе электрофлотомембранных процессов. Применение электрофлотации, ультрафильтрации и обессоливания обратным осмосом гарантирует повышение производительности сооружений очистки сточных вод и высокую эффективность очистки стоков, обеспечивающую возможность создания оборотного водоснабжения производства. Система очистки сточных вод комбинированием методов электрофлотации и ультрафильтрации (рис. 3.18) является высокотехнологичной благодаря применению технологии ультрафильтрации на керамических либо полуволоконных мембранах. Ее главными отличиями от классической схемы являются:

- ✓ направленность на создание при следующем этапе модернизации очистных сооружений замкнутого цикла оборотного водоснабжения;
- ✓ более высокая степень автоматизации процесса водоочистки;
- ✓ более высокие капитальные затраты на приобретение оборудования, но существенно более низкие эксплуатационные затраты благодаря отсутствию необходимости ежегодной замены ионообменных смол, закупки реагентов для их регенерации, длительный (до 10 лет для керамических мембран и до 3 лет для полых волокон) срок службы мембранных элементов в установке ультрафильтрации, что впоследствии приведет к значительной экономии финансовых средств предприятия;
- ✓ отсутствие возможности проскока остаточных концентраций тяжелых металлов при несвоевременной регенерации ионообменного оборудования, а также потребности в самих реагентах для регенерации и кондиционирования ионообменных смол, и, следовательно, значительное снижение анионного состава очищенных сточных вод.

Одной из сложных задач на стадии проектирования систем водоочистки промышленных объектов является составление последовательно реализуемой цепочки технологических процессов поэтапной водоочистки. Разработка новых проектных решений – процесс длительный и трудоемкий. Одним из инструментов, направленных на ускорение процесса разработки и внедрения новых идей, технологических решений, оборудования и аппаратурно-технологических схем в промышленность, может стать разработанная специалистами РХТУ и ПО "Совинтервод" информационная система автоматизированного проектирования сооружений по очистке сточных вод и утилизации осадков.

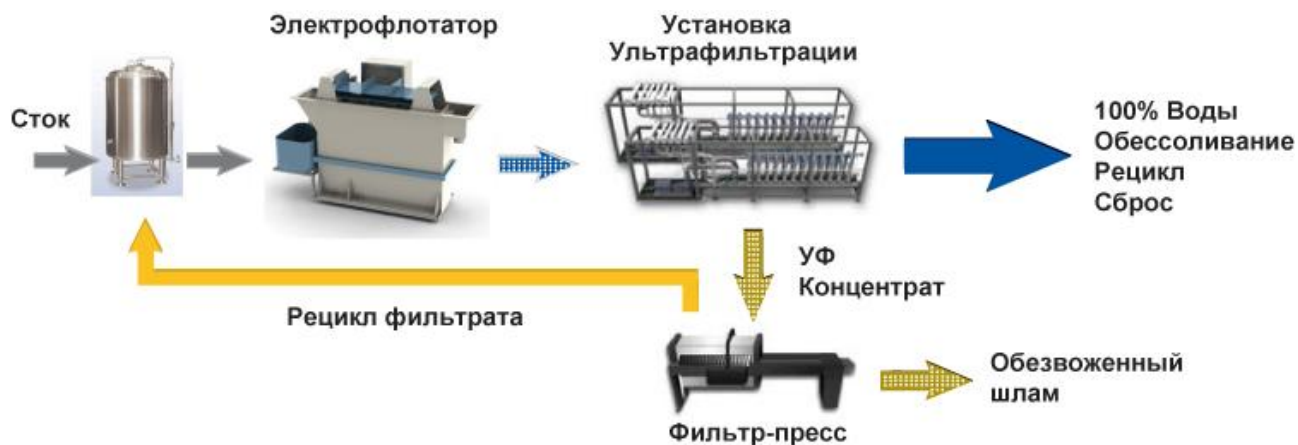


Рис. 3.18. Очистные сооружения – комбинирование электрофлотации и ультрафильтрации

Информационная система представляет собой базу данных, с помощью которой при наличии сведений о составе загрязняющих веществ сточной воды по ряду показателей (токсикологические, органолептические, микробиологические и др.) можно определить необходимые для ее обработки технологические процессы и способы, подобрать необходимое оборудование и аппаратурно-технологическую схему, чтобы она соответствовала санитарно-гигиеническим требованиям при сбросе ее в водные объекты или в систему канализации населенного пункта или другого водопользователя. Информационная система автоматизированного проектирования сооружений по очистке сточных вод удостоена золотой медали ВВЦ.

Для решения различного рода задач, возникающих при очистке жидких отходов (сточные воды, технологические растворы, солевые системы), разработано пять модульных установок очистки воды (МУОВ), три из которых с применением электрохимических процессов (электрофлотация, электродиализ, мембранный электролиз). Основные характеристики МУОВ приведены в табл. 3.9.

В зависимости от поставленных задач возможна различная компоновка модулей, при этом состав модуля при необходимости может изменяться и дополняться. Модули легко монтируются в существующие очистительные системы. Технологические решения предусматривают автоматизированное управление и контроль за процессом очистки сточных вод.

Модуль может быть включен в технологическую схему и смонтирован стационарно или в виде передвижного мобильного комплекса, когда основное оборудование, насос, источник тока и пульт управления процессом монтируются на платформе. МУОВ изготавливаются в соответствии с ТУ и имеют Гигиенический сертификат и Сертификат соответствия. Технологические решения по очистке жидких отходов промышленных объектов внедрены за последние 10 лет на 30 предприятиях России, СНГ и за рубежом.

Таблица 3.9

Основные характеристики МУОВ

Марка модуля*	Технологический процесс очистки	Область применения	Характеристики
МУОВ-1Ф	Напорная фильтрация с применением многослойных фильтрующих материалов	Доочистка от взвешенных, коллоидных и эмульгированных веществ, удаление железа и марганца	Исходная концентрация загрязняющих веществ $< 500 \text{ мг/дм}^3$; степень очистки 90...99 %; производительность до $20 \text{ м}^3/\text{ч}$; занимаемая площадь (при производительности $20 \text{ м}^3/\text{ч}$) 5 м^2
МУОВ-2С	Сорбция с применением различных сорбентов	Доочистка от растворенных неорганических и органических соединений, дезодорация и обесцвечивание	Широкий диапазон исходных концентраций загрязняющих веществ; степень очистки $> 99\%$; производительность до $20 \text{ м}^3/\text{ч}$; занимаемая площадь (при производительности $20 \text{ м}^3/\text{ч}$) 5 м^2
МУОВ-3 (модуль глубокой очистки)	Электрофлотация с применением нерастворимых электродов	Удаление взвешенных, коллоидных и эмульгированных загрязняющих веществ (нефте- и маслопродукты, жиры, ПАВ и др.)	Исходная концентрация загрязняющих веществ $< 1500 \text{ мг/дм}^3$; степень очистки 90...99 %; производительность до $80 \text{ м}^3/\text{ч}$; энергозатраты $0,2...0,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$; занимаемая площадь (при производительности $10 \text{ м}^3/\text{ч}$) 10 м^2
МУОВ-4 (безреагентный электрохимический модуль)	Мембранный электролиз с применением ионитовых мембран (диафрагм) и нерастворимых электродов	Снижение содержания растворенных минеральных веществ, коррекция рН, утилизация металлов, щелочи и	Производительность по едкому натру до $0,75 \text{ кг/ч}$, по серной кислоте до $0,9 \text{ кг/ч}$; энергозатраты при уда-

		кислот, регенерация технологических щелочных растворов	ленин 1 кг-экв соли 50 кВт·ч, при обработке воды 3,5...4,0 кВт·ч/м ³ занимаемая площадь (при производительности 5 м ³ /ч) 10 м ²
МУОВ-5 (модуль обессоливания)	Сочетание мембранного электролиза и электрофлотации	Удаление взвешенных, коллоидных и эмульгированных загрязняющих веществ, ионов металлов, коррекция рН, утилизация металлов, щелочи и кислот	Исходная концентрация ионов металлов ≤ 150 мг/дм ³ ; степень очистки 90...95 %; производительность до 5 м ³ /ч; энергозатраты 3,5...5,0 кВт·ч/м ³ занимаемая площадь (при производительности 5 м ³ /ч) 20 м ²

* В зависимости от марки модульной установки в ее состав могут входить емкости, насосы, щит управления, КИП и А, источники тока, трубопроводы, запорная арматура и другие вспомогательные элементы.

Мембранные методы. Классические реагентные физико-химические методы очистки (коагуляция, флокуляция, реагентная напорная флотация, электрохимические методы) имеют ряд недостатков: потребность в реагентах, малая эффективность в отношении различных видов жировых загрязнений и главное – невозможность утилизации продукта очистки. Находящиеся в жиродержащих сточных водах жиры видоизменяются под действием различных реагентов (алюминиевые и железные мыла, гидроокись алюминия или железа с адсорбированными жирами и др.), и возникает проблема их утилизации. Затрат на утилизацию требуется не менее, чем на саму очистку. Вывозимая на свалку жиросмесь загрязняет окружающую среду.

С этой точки зрения заслуживают внимания безреагентные методы очистки жиродержащих сточных вод – баромембранные методы, в частности ультрафильтрация, преимущества которых неоспоримы. Мембранные методы ввиду простоты конструкций установок позволяют создавать принципиально новые малогабаритные и энергосберегающие технологические схемы. К важным преимуществам мембранных методов относится осуществление процесса при любых температурах и при любых рН. Разделение смесей мембранным способом производится при минимальных затратах энергии. Расход энергии при мембранном разделении смесей ближе к термодинамической работе разде-

ления по сравнению с затратами энергии в других процессах. Работа на перемещение 1 м^3 воды через мембрану при давлении 4,9 МПа равна 1,36 кВт·ч, а при испарении – 630 кВт·ч. Преимущество мембранных процессов, осуществляемых под давлением, состоит в возможности их использования для одноступенчатого разделения смесей на коллоидном, молекулярном и ионном уровнях и даже для более тонкого разделения, основанного на разном заряде частиц и их молекулярной природе.

Поскольку жирные вещества почти не обладают осмотическим давлением, они могут быть успешно выделены из водного раствора ультрафильтрацией под давлением до 6 атм. Низкомолекулярные жирные кислоты и другие сопутствующие вещества, обладающие незначительным осмотическим давлением, могут быть выделены из жирсодержащих сточных вод нанофильтрацией.

Ультрафильтрация – процесс молекулярного разделения растворов и коллоидных систем на составные части при прохождении их под давлением через полупроницаемые мембраны. Движущей силой при переносе вещества через мембрану является перепад давлений по обе стороны мембраны.

На рис. 3.19 представлен один из наиболее простых мембранных аппаратов – с трубчатыми фильтрующими элементами. Он состоит из опорно-дренажной трубки, воспринимающей высокое давление и обеспечивающей отвод фильтрата и полупроницаемой мембраны, через которую и происходит фильтрация сточной воды.

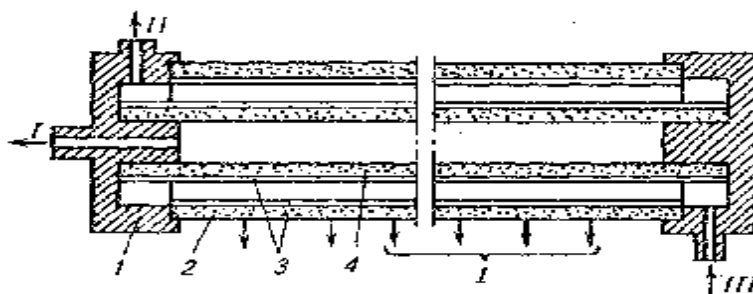


Рис. 3.19. Аппарат с трубчатыми фильтрующими элементами:

I – вывод фильтрата; II – вывод концентрата; III – ввод сточной воды на разделении; 1 – фланец; 2, 4 – пористые трубы; 3 – мембраны

Опорно-дренажные трубки выполняют пористыми (из прессованных порошков полимеров, металлов, керамики, а также из сочетания различных материалов) или сплошными (из винилпласта) с каналами для отвода фильтрата. Мембраны изготавливают из производных целлюлозы и из полимерных материалов (полиамида, поливинилхлорида), наиболее часто в МЖП применяют фторопластовые мембраны БТУ-0,5/2Ф1. Подложкой для мембраны служат пористые материалы, такие как керамика, пластмасса, бумага, тканые и нетканые

материалы. Длина фильтрующего элемента составляет 2000 мм, внутренний диаметр 12,5 мм, наружный диаметр 20 мм.

Фильтрующие элементы собираются в секцию, в которую входит семь и более опорно-дренажных трубок с мембранами. Две параллельно соединенные секции составляют ультрафильтрационный модуль; на входных и выходных коллекторах модуля устанавливают манометры для контроля перепада напора сточной воды, а на выходных еще и термометры. Давление на входе в модуль составляет 0,35...0,4 МПа, а на выходе из модуля 0,10...0,15 МПа.

Технологическая организация процесса разделения позволяет получать в результате два потока: очищенный и сконцентрированный, содержащий концентрат жиров и масел. Степень очистки воды составляет не менее 99 %, а содержание органики в ней обусловлено наличием растворимых веществ, в основном мыла, глицерин и т.д., которые при необходимости также можно удалить, применяя более тонкопористые мембраны (обратный осмос, нанофильтрация).

Эффективность работы ультрафильтрационного модуля обеспечивается установкой перед ним фильтров предварительной очистки. Фильтр предварительной очистки состоит из корпуса, внутри которого помещается стакан, обтянутый фильтрующим материалом, прижимаемый к корпусу крышкой. При засорении фильтра крышку снимают и фильтрующий материал очищают от примесей.

Данный метод применяется в системах локальной обработки сточных вод при небольших расходах для концентрирования и разделения жирсодержащих примесей и сточной воды.

В МЖП накоплен достаточный опыт ультрафильтрации жирсодержащих сточных вод на различных производствах: плоскорамная ультрафильтрационная установка ДКРИ-032 конструкции ССБО «Биотехмаш» для очистки сточных вод, образующихся при рафинации масел и жиров на Московском жиркомбинате (МЖК); плоскорамная ультрафильтрационная установка ДКРИ-050 конструкции ССБО «Биотехмаш» для очистки сточных вод гидратации и рафинации масел и жиров на Уссурийском МЖК; подмыльного щелока на Бельцком МЖК; трубчатая ультрафильтрационная установка МРТ -70-21-К-01 для очистки сточных вод цеха рафинации масел и жиров на Троицком МЖК. При нормальной эксплуатации ультрафильтрационных установок они работоспособны и позволяют решать задачи локальной очистки сточных вод различных производств [193,194].

Принципиальная схема очистки сточных вод методом ультрафильтрации (Краснодарский МЖК) приведена на рис. 3.20 [195]. Сточные воды из пятисекционной жироловушки 3 прокачиваются насосом 4 через фильтры предварительной очистки 5 и заполняют емкость 8 для исходного раствора. Здесь сточные воды нагреваются водяным паром до 40...45 °С.

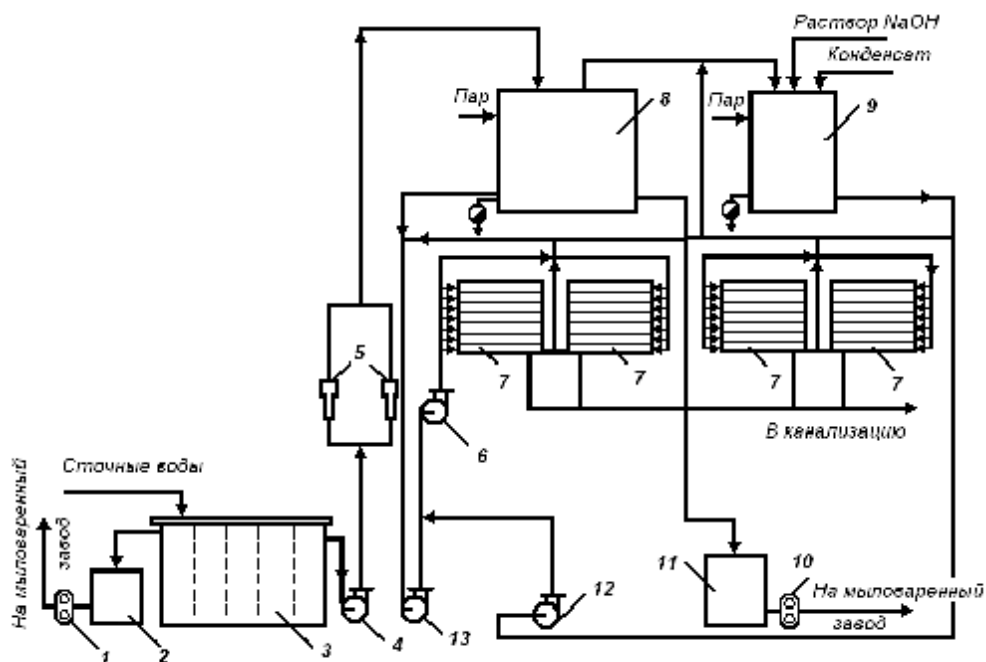


Рис. 3.20. Схема очистки сточных вод методом ультрафильтрации

Из емкости 8 сточные воды насосами 13 и 6 подаются в модули 7. Насосы 12 и 13 обеспечивают рециркуляцию реальных стоков под давлением в модулях 7. Благодаря рециркуляции достигается большая объемная степень очистки разделяемой смеси.

Часть реальных стоков, являющихся концентратом, отводится в емкость 8, получаемый фильтрат – в канализацию или возвращается как техническая вода в производство. Концентрат с повышенным содержанием жира из емкости 8 сливается в емкость 11 для жиродержащих примесей и насосом 10 откачивается на мыловаренный завод. Уловленные в жироловушке жиродержащие примеси собираются в емкости 2 и насосом 1 также передаются на мыловаренный завод.

При понижении производительности ультрафильтрационного модуля, что определяется по манометру на входном коллекторе, производится его промывка моющим раствором, который готовится в емкости 9. Для этого емкость наполняется конденсатом и смешивается с раствором щелочи.

Смесь подогревается до 45°C , и раствор прокачивается через модули 7 в течение 2...3 ч. Далее цикл повторяется: 8...10 ч работы по очистке сточных вод, 2...3 ч регенерация. Опыт работы ультрафильтрационных установок показал высокий эффект очистки сточных вод по жировым веществам – 99 % (с $20000 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ до $50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ по БПК_п). Для сточных вод, содержащих мыло, возможен проскок мыла до $150 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$.

Показателен опыт многолетней эксплуатации ультрафильтрационной установки для очистки стоков цеха рафинации масла на Московском маргариновом заводе «Юнилевер».

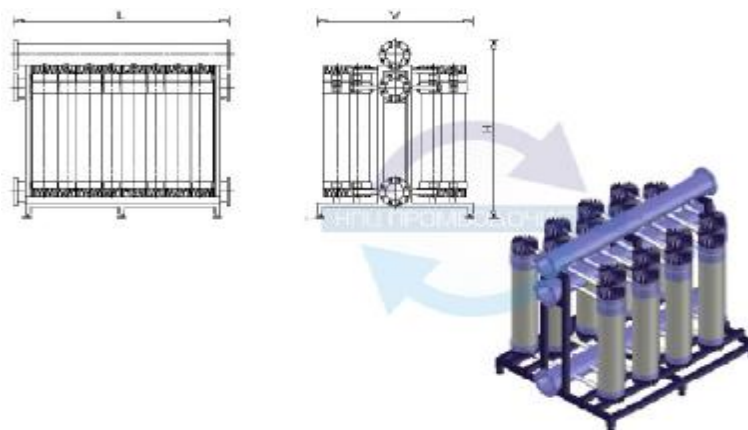


Рис. 3.21. Ультрафильтрационная установка

Ультрафильтрационное оборудование представляет собой совокупность мембранных аппаратов (модулей) фильтр-прессового типа (рис.3.21). Концентрация жиров в исходной воде колеблется в пределах 10 000...30 000 мг/дм³, но в результате только первой стадии ультрафильтрации снижается до 150...300 мг/дм³. Установка работает периодически: накопленные исходные стоки из емкости при температуре 55 °С поступают на установку, из которой выходит очищенная вода и подконцентрированный поток, который возвращается в емкость от жиров и масел. Такая многократная циркуляция приводит к накоплению в концентрате жиров до концентрации 8...15 % по массе, после чего емкость опорожняется. Данный концентрат вывозится на мыловаренный завод по выгодной цене, что существенно снижает эксплуатационные расходы. Производительность установки 1,5 м³/ч, при этом она занимает площадь примерно 20 м² с зонами обслуживания (без баков). Потребляемая мощность 7...10 кВт, масса 1000 кг.

Для более тонкой очистки стоков от растворенных органических соединений и следов масел, а также для целей умягчения и обессоливания воды выпускается оборудование с мембранными элементами в виде рулонов (рис. 3.22).



Рис. 3.22. Установка обратного осмоса

При проектировании ультрафильтрационных установок следует учитывать следующие моменты:

- Очистка становится неэффективной по проницаемости после достижения 10 % концентрации по жирам в концентрате (резко падает поток фильтрата, увеличивается проскок жиров в фильтрат).
- Необходимо постоянное выведение жиров из продуктов цикла.
- Целесообразнее применение плоскорамных установок, так как они в 5 раз менее энергоемкие, чем трубчатые, и более компактные. Половолоконные аппараты не рекомендуются, так как при давлении выше 2 атм полые волокна рвутся, а конструкция аппарата не предусматривает их замену.
- В настоящее время более эффективно использовать при локальной очистке жирсодержащих сточных вод малогабаритные энергосберегающие ультрафильтрационные установки с керамическими мембранами нового поколения (площадь $2 \times 1,5 \text{ м}^2$, керамические мембраны – давление 10 атм, температура до $300 \text{ }^\circ\text{C}$, рН 1...14, срок службы 10 лет) [193].

4.5. Биологические методы очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности

Биологический метод очистки основан на жизнедеятельности микроорганизмов, производящих минерализацию органических загрязнений, находящихся в сточных водах. Биохимической активностью микроорганизмов называют биохимическую деятельность, связанную с разрушением органических загрязнений сточных вод. При этом часть загрязнителей разлагаются не полностью или являются бионеразлагаемыми, и их содержание ограничивается требованиями, предъявляемыми к сточным водам при поступлении на биоочистку (табл. 3.10).

Биоразлагаемость сточных вод определяется биохимическим показателем, равным отношению БПК_п/ХПК. Биохимический показатель является параметром, необходимым для расчета и эксплуатации промышленных сооружений для очистки сточных вод. Его значения колеблются в широких пределах для различных групп сточных вод. Промышленные сточные воды имеют низкий биохимический показатель 0,05...0,3; бытовые сточные воды – свыше 0,5. По биохимическому показателю промышленные сточные воды делят на четыре группы.

Первая группа имеет биохимический показатель выше 0,2. К этой группе относятся сточные воды пищевой промышленности (дрожжевых, крахмальных, сахарных и пивоваренных заводов), предприятий по производству синтетических жирных кислот, белково-витаминных концентратов и др. Органические загрязнения этой группы предприятий нетоксичны для микробов.

Таблица 3.10

Допустимое содержание отдельных веществ в сточных водах, подаваемых на сооружения биологической очистки [199]

Наименование вещества	Допустимое содержание веществ в стоке, подаваемом на биоочистку, мг/дм ³	Степень удаления в процессе полной очистки, %
БПК _{полн} , мг/дм ³	500	95...98
Нефть и нефтепродукты	25	85...90
pH	6,5...8,5	-
Общее содержание солей, г/дм ³	Не более 10	-
Синтетические ПАВ (суммарное содержание анионных и неионогенных ПАВ)	20	80
Формальдегид	25	80
Сульфиды	1	99
Медь	0,5	80
Никель	0,5	50
Кадмий	0,1	60
Хром (трехвалентный)	2,5	80
Цинк	1	70
Сернистые красители	25	90
Синтетические красители	25	70
Ртуть	0,005	-
Цианиды (за исключением ферроцианидов)	1,5	-
Свинец	0,1	50
Кобальт	1	50

Вторая группа имеет показатель в пределах 0,1...0,02. В эту группу входят сточные воды предприятий горно-металлургической промышленности. Эти воды после механической очистки могут быть направлены на биохимическое окисление.

Третья группа имеет показатель 0,01...0,001. К ней относятся, например сточные воды процессов сульфирования, хлорирования, производства масел и ПАВ, а также предприятий черной металлургии, тяжелого машиностроения и др. Эти воды после механической и физико-химической локальной очистки могут быть направлены на биохимическое окисление.

Четвертая группа имеет показатель ниже 0,001. Сточные воды этой группы в основном содержат взвешенные частицы. К этим водам относятся стоки угле- и рудообогатительных заводов и др. Для них используются механические методы очистки [197-198].

На МЖП применяют следующие виды очистки: на аэротенках, биофильтрах, биоцитовой метод и флотационно-биологический.

Очистка в аэротенках. Аэротенками называют железобетонные резервуары, оборудованные устройствами для принудительной аэрации. Процесс очистки в аэротенке идет по мере протекания через него аэрированной смеси сточной воды и активного ила. Аэрация необходима для насыщения воды кислородом и поддержания ила во взвешенном состоянии.

Биохимические процессы, протекающие в аэротенке, могут быть разделены на два этапа: первый этап – адсорбция поверхностью активного ила органических веществ и минерализация легкоокисляющихся веществ при интенсивном потреблении кислорода; второй этап – доокисление медленно окисляющихся органических веществ, регенерация активного ила. На этом этапе кислород потребляется медленнее.

Как правило, аэротенк разделен на две части: регенератор (25 % от общего объема) и собственно аэротенк, в котором идет основной процесс очистки. Наличие регенератора дает возможность очистить более концентрированные сточные воды и увеличить производительность агрегата.

Перед аэротенком сточная жидкость должна содержать не более 150 мг/дм^3 взвешенных частиц и не более 25 мг/дм^3 нефтепродуктов. Температура очищаемых сточных вод не должна быть ниже 6°C и выше 30°C , а pH в пределах 6,5...9.

После контактирования с илом сточная вода поступает во вторичный отстойник, где происходит процесс разделения. Большая часть ила возвращается в аэротенк, а избыток его направляется в предаэратор.

Аэротенки подразделяются по следующим основным признакам [165]:

- 1) по гидродинамическому режиму – на вытеснители, смесители и промежуточного типа (с рассредоточенным впуском сточных вод);
- 2) способу регенерации активного ила – на аэротенки с отдельной регенерацией и без отдельной регенерации;
- 3) нагрузке на активный ил – на высоконагружаемые (для неполной очистки), обычные и низконагружаемые аэротенки (с продленной аэрацией);
- 4) количеству ступеней – на одно-, двух- и многоступенчатые аэротенки;
- 5) характеру движения сточных вод – на проточные, полупроточные, с переменным рабочим уровнем и контактовые;
- 6) конструктивным признакам.

Механизм аэрирования у аэраторов различной конструкции разный: подсос воздуха через поверхность жидкости в результате понижения давления в ней за вращающимися лопатками; насыщение кислородом струй и капель жидкости, соприкасающихся с воздухом; смешение воды и воздуха в межлопастном пространстве аэраторов в условиях резкого перепада давлений перед и за вращающимися лопатками; подсос воздуха струями жидкости, падающими в основную массу жидкости; растворение кислорода в жидкости при ее турбулентном перемешивании. На практике используют пневматический, механиче-

ский и пневмомеханический способы аэрации сточной воды в аэротенках. Выбор способа аэрации зависит от типа аэротенка и от необходимой интенсивности аэрации.

При пневматической аэрации сжатый воздух воздуходувкой подается через пористые керамические плиты (фильтросы, пористые трубы, перфорированные трубы разного диаметра. При механической аэрации происходит перемешивание жидкости различными устройствами, которые обеспечивают дробление струй воздуха. Вблизи этих устройств возникают пузырьки газа, из которых кислород переходит в сточную воду.

Аэраторы могут быть с вертикальной и горизонтальной осью вращения. Аэраторы с вертикальной осью вращения делятся на поверхностные и заглубленные в жидкость; по виду механизма аэрации они делятся на турбинные, импеллерные и струйные. Аэраторы с горизонтальной осью вращения могут быть поверхностные (роторные) и мешалочные.

Наиболее распространены коридорные аэротенки, работающие как вытеснители, смесители и с комбинированными режимами. Они бывают двух-, трех- и четырехкоридорные. На рисунке 3.23 представлен типовой четырехкоридорный (I–IV) аэротенк. Он представляет собой прямоугольный (в плане) железобетонный резервуар, оборудованный воздуховодами 1, из которых по стоякам 2 воздух подается в фильтросные каналы 3, закрытые (заделкой на цементном растворе) фильтросами – пористыми шамотными или пластиковыми пластинами (обычно их размер 300x300x40 мм).

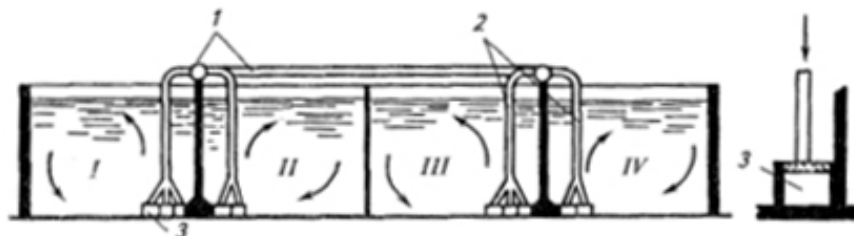


Рис. 3.23. Типовой четырехкоридорный аэротенк

Через такие пластины происходит мелкопузырчатая (размер пузырьков 1...4 мм) аэрация смеси в аэротенке. Глубина аэротенков 2...5 м. В аэротенках идеального вытеснения концентрация биомассы по длине изменяется незначительно. В начале процесса наблюдается максимальное содержание субстрата и нехватка кислорода, а в конце процесса – отсутствие субстрата и избыток кислорода. Недостаток аэротенков этого типа – чувствительность к перегрузкам, громоздкость и высокая стоимость сооружения.

В аэротенках полного смешения поступающая сточная вода мгновенно перемешивается с массой активного ила и воздухом. Это позволяет равномерно распределить органические загрязнения и кислород и проводить процесс при постоянно высоких нагрузках. Однако остаточная концентрация загрязнений в очищенной воде у них больше по сравнению с аэротенками вытеснительного типа, что является основным недостатком конструкции.

Для интенсификации процесса биохимической очистки сточные воды перед аэротенком предлагается обрабатывать окислителями (например, озоном) с целью снижения ХПК. Для этой же цели разработан процесс очистки сточных вод в глубоких шахтах. В них устанавливают вертикальные трубы, доходящие почти до дна шахты. Сточные воды подаются по трубам одновременно с воздухом. Под действием высокого гидростатического давления кислород воздуха интенсивно растворяется в сточной воде. При этом степень его использования микроорганизмами увеличивается. Иловая смесь по подъемной трубе поднимается вверх и после дегазации (выделение CO_2 и O_2) поступает в отстойник. Очистная установка занимает небольшую площадь. При ее работе отсутствует выделение запахов и достигается высокая степень очистки.

Аэробная очистка сточной воды пищевых предприятий может быть организована по многоступенчатой технологической схеме, разработанной НИИ ВОДГЕО (рис. 3.24) [199]. Технологическая схема позволяет очищать стоки пищевых предприятий до нормативов, допускающих сброс их в городскую канализацию.

По сравнению с традиционной схемой разработанная технология позволяет в 2...4 раза снизить объем очистных сооружений. Очистка стоков по многоступенчатой схеме осуществляется следующим образом. Исходная сточная вода поступает на биологическую очистку первой ступени, где происходит деструкция и сорбция органических соединений очищаемой жидкости микроорганизмами активного ила. Первая ступень является наиболее нагружаемой, т.е. процесс очистки происходит интенсивно при высокой концентрации активного ила (до 30 г/дм^3 в зависимости от типа сооружений).

Сточная вода, прошедшая первую ступень очистки, поступает во вторичный отстойник, где происходит разделение очищенной воды и активного ила. Очищенная вода поступает на дальнейшую обработку, активный ил возвращается обратно в сооружение первой ступени.

Таким образом, в системе постоянно поддерживается концентрация активного ила, являющаяся одним из основных параметров технологического процесса биологической очистки.

На первой ступени удаляется 80...90 % органических загрязнений. Концентрация основных загрязнений на выходе из аэротенка первой ступени очистки: БПК $100 \dots 200 \text{ мг/дм}^3$, взвешенные вещества $50 \dots 70 \text{ мг/дм}^3$.

Частично очищенная сточная вода из второго отстойника поступает в аэротенк второй ступени, где процесс очистки повторяется, но в присутствии меньшей концентрации активного ила ($2 \dots 4 \text{ мг/дм}^3$) и с меньшей скоростью. Разделение очищенной сточной воды и активного ила происходит в третьем отстойнике.

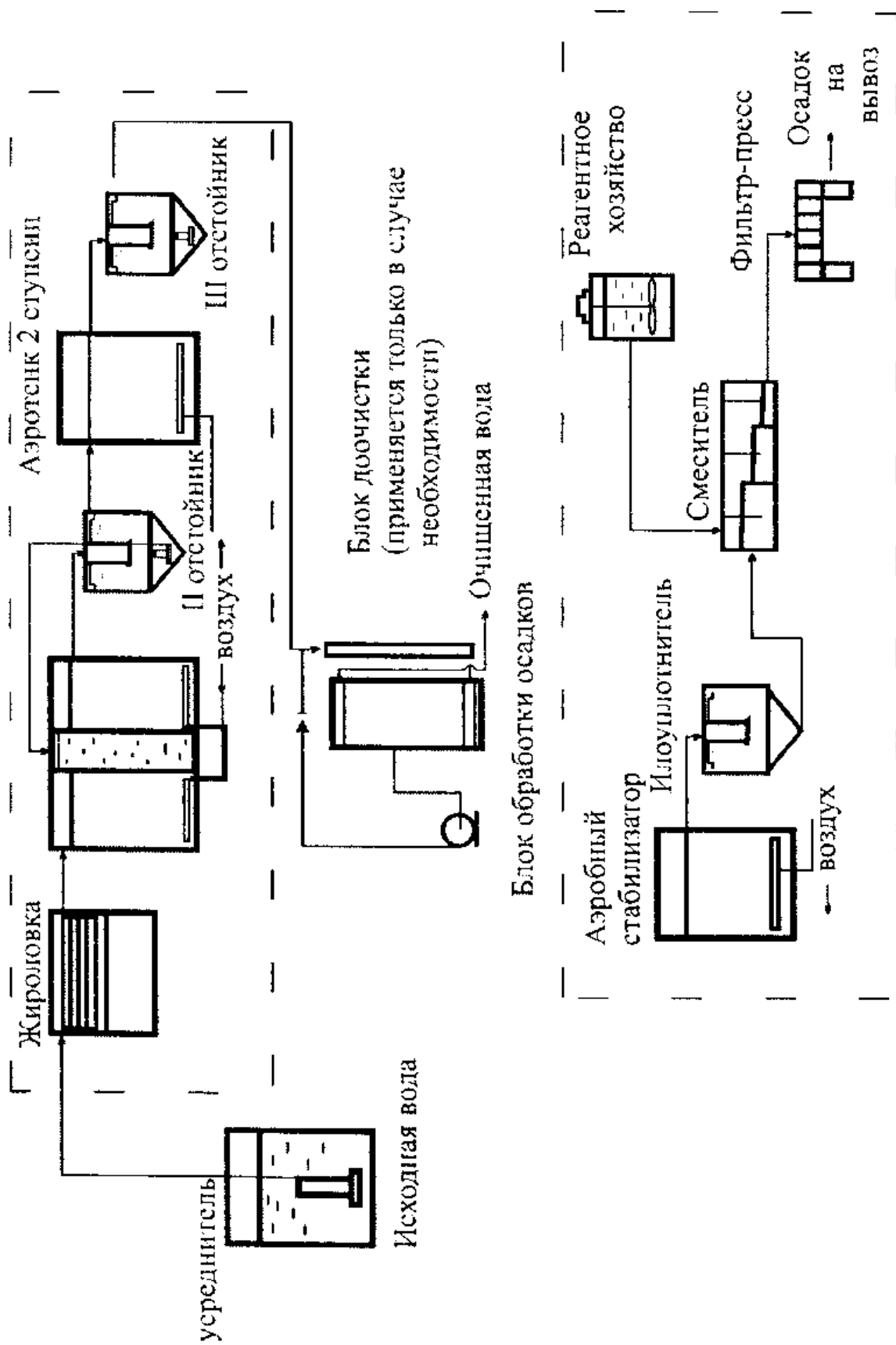


Рис. 3.24. Схема биологической очистки сточной воды пищевого предприятия

В нем обеспечивается выделение и возврат в систему активного ила, необходимого для дальнейшего процесса, и требуемое качество очистки по содержанию взвешенных веществ. При таком методе очистки промышленных стоков количество образующихся осадков (по сухому веществу) будет значительно ниже, чем при применении физико-механической и механической (безреагентной) очистки стоков.

При работе сооружений в расчетном режиме на второй ступени очистки концентрация основных загрязнений снижается: ХПК 500...600 мг/дм³, БПК 10...20 мг/дм³, взвешенные вещества 10...15 мг/дм³.

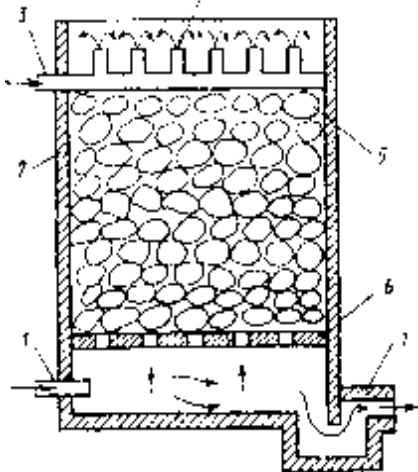


Рис. 3.25. Биофильтр

Основными элементами биофильтра (рис. 3.25) являются: трубопровод для подачи воздуха 1, корпус 2, трубопровод для подачи сточной воды 3, водораспределительные устройства 4, кусковая насадка 5, опорная решетка 6, трубопровод для удаления очищенной воды 7. В этих аппаратах сточная вода фильтруется через слой загрузки, покрытый пленкой из микроорганизмов. Микроорганизмы биопленки окисляют органические вещества, используя их как источники питания и энергии. Масса активной биопленки увеличивается. Отработавшая (омертвевшая) биопленка смывается протекающей сточной водой и выносится из биофильтра, а затем отделяется от воды.

В качестве загрузки используются различные материалы с высокой пористостью, малой плотностью и большой удельной поверхностью: щебень, гравий, шлак, керамзит, керамические и пластмассовые кольца, кубы, шары, цилиндры, шестигранные блоки, металлические тканевые и пластмассовые сетки, скрученные в рулоны.

В настоящее время предложено большое число конструкций биофильтров, которые делятся на биофильтры, работающие с полной и неполной биологической очисткой, с естественной и искусственной подачей воздуха, с рециркуляцией и без рециркуляции сточных вод, на биофильтры одноступенчатые и двухступенчатые. Двухступенчатые биофильтры применяются в том случае, когда для достижения высокой степени очистки нельзя увеличить высоту биофильтров.

Очистка в биофильтрах. В биофильтрах биоразлагаемые органические вещества жидких отходов сорбируются и окисляются в аэробных условиях популяций гетеротрофных факультативных бактерий, образующих биологическую пленку на поверхности насадки (загрузочного материала, субстрата). Для орошения насадки вода с загрязнениями периодически или непрерывно подается в верхнюю часть сооружения через неподвижные разбрызгиватели (спринклеры) или реактивные вращающиеся водораспределители.

Основными элементами биофильтра (рис. 3.25) являются: трубопровод для подачи

На эффективность очистки сточных вод в биофильтрах влияют: БПК очищаемой сточной воды, природа органических загрязнений, скорость окисления, интенсивность дыхания микроорганизмов, масса веществ, абсорбированных пленкой, толщина биопленки, состав обитающих в ней микроорганизмов, интенсивность аэрации, площадь и высота биофильтра, характеристика загрузки (размер кусков, пористость и удельная поверхность), температура процесса и гидравлическая нагрузка, интенсивность рециркуляции, равномерность распределения сточной воды по сечению загрузки, смачиваемость биопленки и др. Перед аэротенками и биофильтрами сточная жидкость должна содержать не более 100 мг/дм³ жира. Исследования по очистке жиросодержащих стоков с большим содержанием жира как на аэротенках, так и на биофильтрах не дали положительных результатов. Поэтому, например, для Шуйского маслоэкстракционного завода были запроектированы аэротенки для очистки сточных вод, содержащих жировых веществ не более 50 мг/дм³ [165].

Новым современным решением является биологическая очистка сточных вод на биореакторах типа «ИНСТЭБ-БИО», внутреннее конструктивное устройство которых обеспечивает биосорбционную очистку в псевдооживленном слое гранулированной загрузки (активированный уголь или пенополиуритан) с иммобилизованной биомассой; осветление сточных вод в слое гранул полиэтилена высокого давления. Окислительная мощность по БПК_п одного биореактора 300мг/с.

Биореактор ИНСТЭБ-БИО-7,2 (ТУ 4859-007-110858115-2003) предназначен для биологической очистки сточных вод от трудноокисляемых загрязнений при температуре сточных вод от +12 до 32 °С. Техническая характеристика биореактора приведена в табл. 3.11. В биореакторе происходит непрерывное перемещение мелкозернистой загрузки по объему сооружения и через зону регенерации.

Таблица 3.11

Техническая характеристика биореактора ИНСТЭБ-БИО-7,2

Наименование параметров	Значение
Производительность (зависит от степени загрязненности очищаемых стоков), м ³ /ч	7,2
Габаритные размеры, мм:	
диаметр	2380
высота	6400
Масса нетто, кг, не более	4300
Масса брутто (с водой), кг, не более	20000

Отличительными особенностями биореактора являются: высокая окислительная мощность, экономичность и простота эксплуатации; стабильность работы установки независимо от колебания расходов воды; возможность отказаться от применения первичных и вторичных отстойников; отсутствие необходимости замены загрузки в течение всего периода эксплуатации.

Эффект очистки по БПК_п 90 % при окислительной мощности биореактора 257 мг/с (по БПК_п) [165].

Биоцитовой метод. Рассмотрим биоцитовой метод очистки жиросодержащих сточных вод с использованием биоокислителя вертикального типа (рис.3.26) [176]. В биоокислителе одновременно производится первичное отстаивание сточных вод, их предварительная аэрация воздухом, биологическая очистка, вторичное отстаивание и дезинфекция.

Особенностью биоокислителя являются биологические щиты (биоциты), располагаемые в биологической зоне, вследствие чего такой процесс очистки и получил название биоцитовой метод. Биоциты изготавливают в виде металлических или деревянных рам, на которых с помощью капронового шнура крепятся куски пористых или волокнистых материалов, предназначенных для создания на них биопленки. Основным фактором для минерализации загрязнений

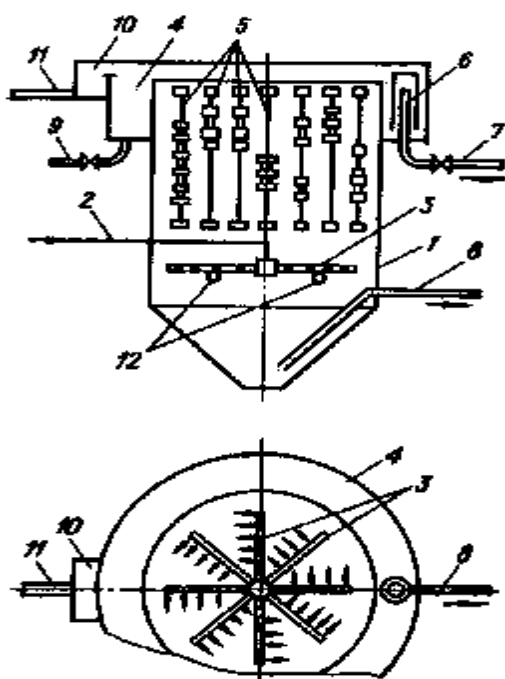


Рис. 3.26. Схема биоокислителя

в биоокислителях, является биомасса, развивающаяся на волокнистых материалах биоцитов за счет размножения микроорганизмов и образующая биопленку. Органические вещества, попадая в жидкость, превращаются в мельчайшие хлопья, которые притягиваются к биопленке, обволакивая ее со всех сторон. Принцип работы установки следующий. Сточные воды через трубу 2 и реактивный водораспределитель 3 попадают в нижнюю часть резервуара и далее проходят зону отстаивания по принципу обычных отстойников вертикального типа.

Взвешенные вещества благодаря малой восходящей скорости потока жидкости оседают в пирамидальную (или конусную) часть резервуара. Далее сточные воды проходят зону предварительной аэрации. Аэрацию

жидкости можно осуществлять сжатым воздухом, подаваемым в биоокислитель через пористые трубы 12. Для лучшего распределения воздуха по всей площади биоокислителя очищаемые стоки целесообразно подавать через реактивный водораспределитель 3 с истечением жидкости через отверстия в одном и том же направлении. Тогда жидкость, находящаяся над пористыми трубами, будет вращаться и, следовательно, вся масса будет равномерно обогащаться кислородом.

Пройдя зону аэрации, сточные воды попадают в зону биологической очистки, где расположены биоциты 5. Сточная жидкость после биологической

очистки переливается по всему периметру установки в зону вторичного осаждения 4. Отстоянная вода сбрасывается через выпуск 7 в водоем или в систему оборотного водоснабжения. Во избежание выноса из зоны осаждения 4 всплывшей на поверхность воды биопленки на выпуске 7 устанавливается гидравлический затвор 6. Осадок из отстойной зоны и конусной части следует периодически удалять на иловые площадки через выпуск 8 и 9. Всплывшая на поверхность очищенной жидкости биопленка сгребается в специальную емкость 10, которая затем через трубопровод 11 удаляется на иловые площадки для обезвоживания.

Получены положительные результаты исследований по глубокой биологической очистке сточных вод на биоокислителях конструкции ВНИИВОДГЕО с применением синтетической волокнистой загрузки на Бельцовском МЖК. Получены следующие результаты: до очистки исходная сточная вода содержала $260 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ мыла и других жировых веществ. Полное созревание биопленки осуществлялось в течение 24 дней, после чего очищенные воды имели $5...10 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ загрязнений по БПК₅.

Флотационно-биологический метод. На многих предприятиях МЖП не имеется достаточно оснащенных очистных сооружений, а имеющиеся на сегодняшний день, морально и физически устарели. Поэтому сточные воды предприятий отрасли часто не соответствуют требуемой нормативной степени очистки. Для решения проблем очистки сточных вод на предприятиях МЖП в последние годы разработан и серийно выпускается унифицированный ряд высокоэффективных установок производительностью до $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ в сочетании с самотечными и напорными фильтрами для извлечения из сточных вод масел, жиров, взвешенных и органических веществ, ПАВ, ионов тяжёлых металлов и т.д. Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные ЗАО «ИНСТЭБ» позволили разработать новые принципиальные решения для создания комплексной установки «ИНСТЭБ» для очистки зажиренных сточных вод. Установки предназначены для полной биологической очистки и глубокой доочистки бытовых и производственных сточных вод. Состоят из блоков флотационной, биологической очистки и блока доочистки. Могут работать локально, так и в составе действующих очистных сооружений и располагаться как в отапливаемых помещениях, так и вне помещений (вариант утепленных блоков биологической очистки и глубокой доочистки).

Для достижения требований к содержанию жира в сточной воде на уровне $4 \text{ мг}/\text{м}^3$ предлагается следующая поэтапная схема очистки.

Первый этап – очистка сточных вод на флотаторах «ИНСТЭБ» типа «Сейм», работающих в режиме пенной флотации, позволяющих извлекать из очищаемой воды нерастворимые и растворимые загрязнения. Во флотационных установках «ИНСТЭБ» можно производить обработку сточных вод коагулянтами и флокулянтами нового поколения, что позволяет повысить эффективности очистки от жиров до 98 %. Содержание жира в сточной воде после обработки и флотации $10...12 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Второй этап – биологическая очистка сточных вод на биореакторах типа «ИНСТЭБ-БИО», внутреннее конструктивное устройство которых обеспечивает биосорбционную очистку в псевдооживленном слое гранулированной загрузки (активированный уголь или пенополиуритан) с иммобилизованной биомассой; осветление сточных вод в слое гранул полиэтилена высокого давления. Окислительная мощность по БПК_п одного биореактора – 300 мг/с.

Третий этап – доочистка сточных вод на фильтрах с плавающей пенополистирольной загрузкой («ИНСТЭБ-2.7» и «ИНСТЭБ-2.8»), регенерация которой осуществляется путем продувки загрузки сжатым воздухом и промывкой потоком воды, накапливающейся в надфильтровом пространстве. Преимуществами фильтров с плавающей загрузкой являются: долговечность загрузки, надежность очистки, отсутствие насосов и емкостей для хранения промывной воды, способность загрузки к самостоятельной гидравлической сортировке в процессе регенерации.

Четвертый этап – грубая доочистка и обеззараживание сточных вод на фильтре типа «ИНСТЭБ» и на установке серии «Лазурь», позволяющей полностью обезвредить в воде микробиологические примеси. Установки серии «Лазурь» представляют собой новое поколение устройств для обеззараживания воды, созданных на базе конверсионных технологий. Их отличает практически полное уничтожение патогенных микроорганизмов и превращение токсичных органических соединений в нетоксичные нейтральные химические соединения [196].

Очистка сильно загрязненных сточных вод предусматривается по технологической схеме, приведенной на рис.3.27. Сточная вода из усреднителя расхода подается на флотатор «Сейм-УПФБ(м)-1/1.15», где происходит обработка сточной воды в режиме пенной сепарации (подача воздуха во флотационную камеру компрессором через фильтровальные элементы с интенсивностью $50 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$). Образующийся в процессе флотации флотошлам отводится в декантатор, откуда декантированная вода сбрасывается в «голову» (усреднитель расхода сточных вод) очистных сооружений, а осадок отводится на иловые уплотнители. В зависимости от степени загрязнённости сточной воды и требуемого качества очищенной воды в очищаемую воду могут подаваться реагенты (коагулянты и флокулянты). После прохождения флотационной очистки, при помощи насоса, сточная вода подается в биосорбер биореактора. В качестве грузочного материала для биосорбера используются специально подобранные гранулированные активированные угли. Благодаря наличию на поверхности угля биологической пленки механического истирания угля не происходит, и потери угля не превышают 1...2 % в год.

При биологической очистке сточных вод (бытовых и промышленных) биосорберы с активированным углем обеспечивают интенсивное и глубокое удаление биорезистентных органических загрязнений и биоразлагаемых до показателей, не достижимых известными способами биологической или физико-химической очистки.

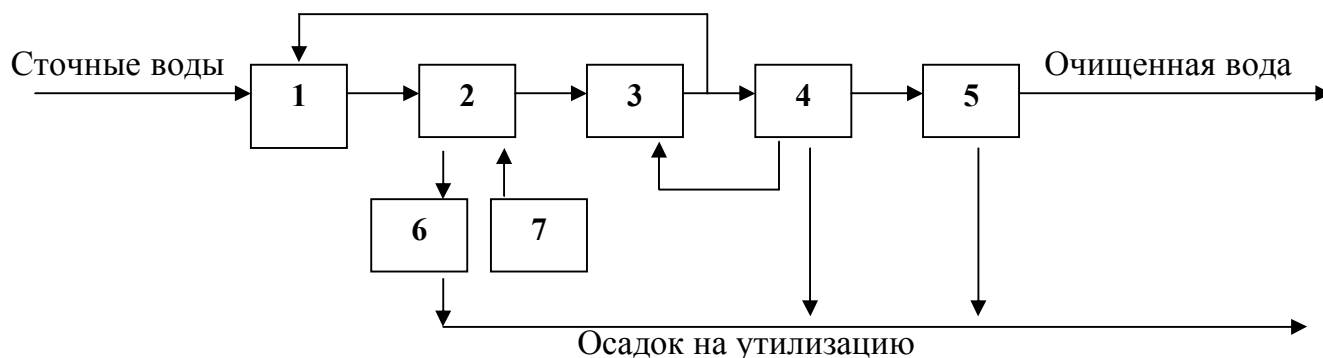


Рис. 3.27. Технологическая схема очистки:

1 - решетка и песколовка; 2 - флотатор; 3 - циркуляционный насос; 4 - биореактор; 5 - фильтр доочистки; 6 - отстойник-декантатор; 7- компрессор

После прохождения биосорбера, очищаемая вода поступает в зону осветления со взвешенным слоем осадка где происходит эффективное задержание мелких суспензированных частиц.

Избыток шлама, накапливающегося в осветлителе, перетекает в осадкоуплотняющую часть, где осаждается, а очищаемая вода поступает на биофильтр с плавающей загрузкой из гранул полиэтилена высокого давления. Накапливающийся в осадкоуплотнителе осадок подвергается анаэробному сбраживанию и периодически (1 раз в течение 15 суток) сбрасывается на иловые уплотнители.

После прохождения биофильтра, очищаемая вода из биореактора самотеком поступает на два последовательно работающих фильтра с плавающей загрузкой из гранул пенополистирола для доочистки и окончательно обеззараживается на установке серии «Лазурь».

Технологические параметры установок: производительность в различных комбинациях от 25 до 480 м³/сут, потребляемая мощность от 5,5 до 15,5 кВт/ч, масса нетто от 3500 до 9500 кг. Эффективность работы установок представлена в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Эффективность работы установок

Загрязнитель	Содержание, мг/л	
	До очистки	После очистки
БПК _д	До 500	3
Взвешенные вещества	До 500	3...5
Азот аммонийный	До 20	0,5
ПАВ	До 6	0,5
Нефтепродукты	До 25	0,05
pH	5,5...8,5	7

Комплекс биологической очистки выпускается согласно ТУ 4859-008-110858115-2004 и соответствует государственным Санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам (санитарно-эпидемиологическое заключение №46.КЦ.02.000.Т.000153.03.04).

Биологический метод в сочетании с флотацией, механическим разделением и реагентными методами является основным методом очистки стоков МЖП за рубежом. В Японии, США, Франции, странах Скандинавии эксплуатацией установок биологической очистки доказаны преимущества применения биологических методов очистки стоков МЖП, которые позволяют достичь снижения ХПК на 90...95 % при стабильной работе и невысокой стоимости очистных систем. Разрабатываются комбинированные установки, включающие многоступенчатую биологическую очистку. Комбинированные методы позволяют очистить стоки с ХПК 2400 мг О₂/дм³, БПК₅ 1500 мг О₂/дм³, содержанием общего азота 130 мг/дм³, рН 7,5...8,0 на 95 и 98 % по ХПК и БПК₅ соответственно. Образующиеся в результате комбинированной очистки продукты (осадки) легко утилизировать в качестве удобрений или сырья для дальнейшей переработки.

4.6. Обработка осадков сточных вод

В процессе биохимической очистки в первичных и вторичных отстойниках образуются осадки, которые следует утилизировать или обрабатывать с целью уменьшения загрязнения биосферы. Обработка и утилизация этих осадков весьма затруднена из-за большого их количества, разного состава и высокой влажности.

Как правило, осадки сточных вод представляют собой трудно-фильтруемые суспензии. Во вторичных отстойниках в осадке находится в основном избыточный активный ил, объем которого в 1,5...2 раза больше, чем объем осадка из первичного отстойника.

Вода в осадках может быть в свободном и связанном состоянии. Свободная вода (60...65 %) может быть легко удалена из осадка. Коллоидно-связанная влага обволакивает твердые частицы гидратной оболочкой и препятствует их соединению в крупные агрегаты. Некоторое количество этой влаги удаляется из осадка после коагуляции в процессе фильтрования. Коагулянты с положительно заряженными ионами нейтрализуют отрицательный заряд частиц осадка. После этого отдельные твердые частицы освобождаются от гидратной оболочки и соединяются вместе в хлопья. Разрушить гидратную оболочку можно кратковременной термической обработкой. Освобожденная вода легче отфильтровывается. Полное удаление влаги достигается в процессе высокотемпературной сушки.

Для обработки и обезвреживания осадков используются различные технологические процессы, которые показаны на рис. 3.28. Уплотнение осадков связано с удалением свободной влаги и является необходимой стадией всех технологических схем обработки осадков. При уплотнении в среднем удаляется 60 % влаги и масса осадка сокращается в 2,5 раза. Наиболее трудно уплотняется активный ил. Его влажность составляет 99,2...99,5 %.

Для уплотнения используют гравитационный, фильтрационный, центробежный и вибрационный способы.

Гравитационный способ уплотнения является наиболее распространенным. Он основан на оседании частиц дисперсной фазы. В качестве илоуплотнителей используют вертикальные или радиальные отстойники.

Стабилизацию осадков проводят для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества на двуокись углерода, метан и воду. Её ведут при помощи микроорганизмов в аэробных и анаэробных условиях. В анаэробных условиях проводится сбраживание в септиках, двухъярусных отстойниках, осветлителях-перегнивателях и метантенках. Септики и отстойники используют на установках небольшой производительности. Наиболее широкое распространение получили метантенки.

Различают метантенки открытого и закрытого типов (последние – с жестким или плавающим перекрытием). В сооружении с неподвижным жестким перекрытием (рис. 3.29) уровень бродящей массы поддерживается выше основания горловины, так как в этом случае зеркало массы мало, велика интенсивность отвода газов и не образуется корка. Для ускорения процесса массу перемешивают и подогревают до 30...40 °С (при мезофильном сбраживании) острым паром низкого давления (0,2...0,46 МПа). Пар подают через инжектор, рабочей жидкостью в котором является сама сбраживаемая масса. Основная циркуляция в метантенке осуществляется пропеллерной мешалкой. Основными узлами метантенка являются: газовый колпак для сбора газа 1, газопровод от газового колпака 2, пропеллерная мешалка 3, трубопровод для загрузки 4 (например, сырого осадка и активного ила), трубопроводы 5 для удаления иловой воды или выгрузки сброженного осадка с разных уровней, инжектор подачи острого пара 6 для подогрева содержимого метантенка и перемешивания, трубопровод выгрузки суспензии твердофазных продуктов сбраживания 7 (например, сброженного осадка), циркуляционная труба 8, трубопровод для опорожнения метантенка 9.



Рис. 3.28. Схема обработки осадка [165]

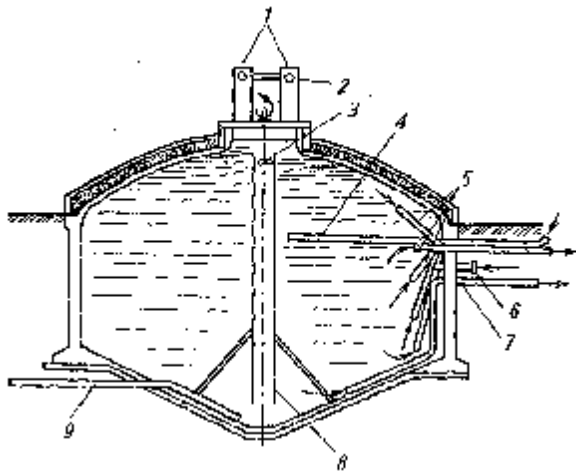


Рис. 3.29. Метантенк

Метантенки и газгольдеры для сбора выделяющихся газов (65 % метана и 33 % диоксида углерода) — взрывоопасные сооружения, поэтому их располагают обычно на расстоянии не менее 40 м от других объектов. Основными параметрами анаэробного сбраживания являются температура, регулирующая интенсивность процесса, доза загрузки осадка и степень его перемешивания. Процессы сбраживания ведут в мезофильных (30...35 °С) и термофильных (50...55 °С) условиях. Полного сбраживания органических веществ в метантенках достичь нельзя.

Все вещества имеют свой предел сбраживания, зависящий от их химической природы. В среднем степень распада органических веществ около 40 %.

Высокая влажность и большое содержание белка в активном иле приводят к низкому выходу газа при анаэробном сбраживании. Исходя из этого, выгоднее в метантенках сбраживать один сырой осадок из первичных отстойников, а активный ил подвергать аэробной стабилизации, которая заключается в продолжительном аэрировании ила в аэрационных сооружениях с пневматической, механической и пневмомеханической аэрацией. В результате происходит распад (окисление) основной части биоразлагаемых органических веществ (до CO_2 , H_2O). Оставшиеся органические вещества теряют склонность к загниванию, т. е. стабилизируются. Расход кислорода на процесс стабилизации приблизительно равен 0,7 кг на 1 кг органического вещества.

Кондиционирование осадков — процесс предварительной подготовки осадков перед обезвоживанием или утилизацией (для снижения удельного сопротивления и улучшения водоотдающих свойств). Он проводится реагентными и безреагентными способами.

При реагентной обработке осадка происходит коагуляция — агрегация тонкодисперсных и коллоидных частиц. Образование при этом крупных хлопьев с разрывом сольватных оболочек и изменением форм связи воды способствует изменению структуры осадка и улучшению его водоотдающих свойств. В качестве коагулянтов используют соли железа и алюминия — FeSO_4 и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, а также известь. Эти соли вводят в осадок в виде 10 % растворов. Могут использоваться отходы, содержащие FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 и др.

Осадки, сброженные в термофильных условиях, имеют более высокое удельное сопротивление и требуют при обезвоживании увеличенных доз коагулянтов, из-за чего повышается щелочность. Для ее снижения и уменьшения

расхода коагулянтов применяют предварительную промывку осадка водой в специальной аэрируемой камере.

Вместо коагулянтов можно использовать и флокулянты. Для осадков с высоким содержанием органических веществ (зольность 25...50 %) целесообразно использовать только катионные флокулянты, при зольности 55...65 % следует комбинировать катионные и анионные флокулянты, а для осадков с зольностью 65...70 % – применять анионные флокулянты. Расход флокулянтов значительно меньше, а стоимость обработки сокращается примерно на 1/3.

Тепловую обработку осадка проводят нагреванием в автоклавах до температуры 170...200 °С в течение 1 ч. За это время его коллоидная структура разрушается с частичным переходом в раствор, а остальная часть хорошо уплотняется и фильтруется на вакуум-фильтрах, при этом влажность снижается с 92...94 до 70...75 %. Осадок после термической обработки и обезвоживания может быть использован в качестве азотно-фосфорного удобрения.

Обезвоживание осадка также производят на иловых площадках механическим способом. Иловые площадки – это участки земли (карты), со всех сторон окруженные земляными валами. Принцип их действия основан на расслоении осадка при отстаивании. После обезвоживания жидкость из слоя удаляется периодически с разных глубин. Осадок удаляется специальными машинами.

Если почва хорошо фильтрует воду, и грунтовые воды находятся на большой глубине, иловые площадки устраивают на естественных грунтах. При залегании грунтовых вод на глубине до 1,5 м для отвода фильтрата устраивают специальный дренаж из труб, а иногда организуют искусственное основание.

Площадь иловых площадок зависит от количества и структуры осадка, характера грунта и климатических условий. Рабочая глубина площадок составляет от 0,7 до 2 м. Выделяющаяся иловая вода направляется на очистные сооружения различного типа.

Могут быть устроены площадки для осаждения ила с поверхностным удалением воды. Их можно делать в виде каскада из 4...8 площадок в местах с теплым климатом и для очистных сооружений производительностью более 10 000 м³/сут.

Механическое обезвоживание осадков производят на вакуум-фильтрах, фильтрах-прессах, центрифугах и виброфильтрах.

Применяется также сушка осадков. Для этого используют конвективные сушилки с различными сушильными агентами: топочные газы, перегретый пар или горячий воздух, либо дымовые газы при температуре 500...800 °С. Установки могут быть различной конструкции: кондуктивные, конвективные (барабанные, ленточные, с кипящим слоем, распылительные), а также вакуумные [165].

4.7. Система очистки сточных вод на ООО «Ивановский маргариновый завод»

На ООО «Ивановский маргариновый завод» существуют следующие категории сточных вод:

- хозяйственно-бытовые сточные воды (образуются в процессе производства; без предварительной очистки сбрасываются в канализационную сеть предприятия);
- производственные незагрязненные сточные воды (образуются от охлаждения теплообменного оборудования; в процессе производства воды не загрязняются, а только нагреваются);
- производственные сточные воды с повышенным содержанием минеральных загрязнений и солей (в основном образуются в котельной при химводоочистке воды для котлов);
- производственные сточные с незначительным содержанием жировых веществ (образуются при мойке полов прачечной, лаборатории; перед сбросом в городскую канализацию проходят очистку на жироловушках; стоки также образуются при мойке полов в производственных цехах, мойке оборудования и продувке оборотных систем);
- производственные воды, загрязненные жировыми веществами, включают в себя: промывные воды цеха рафинации в смеси с низкожирным мыльным стоком; жирсодержащие воды маргаринового цеха; воды после мойки линий производства майонеза.

Качественная характеристика хозяйственно-производственных сточных вод данного предприятия приведена в табл. 3.13.

Принципиальная схема очистных сооружений предприятия АО «Ивановский маргариновый завод» представлена на рис. 3.30 и состоит из системы напорных флотаторов, жироловушек и станции ультрафильтрации.

В настоящее время на заводе очистка ведется на двух последовательно стоящих жироловушках.

В табл. 3.14 приведены расчетные характеристики сточных вод после очистки их на жироловушках. Как видно из таблицы, даже при очень грамотной эксплуатации жироловушек наблюдается значительное превышение ПДК по жиру в сточных водах в 2,5...216 раз и составляет 5...6050 мл/дм³.

Принципиальной невозможностью более глубокой очистки на жироловушках является малое время пребывания зажиренных стоков в аппаратах. Если рассматривать зажиренные стоки как термодинамически неустойчивую систему (систему, способную к самопроизвольному разделению на фракции), то низкомолекулярные фракции, как более термодинамически устойчивые, при недостаточном времени отстоя будут уходить со сточной водой в канализацию, чем и обуславливается их наличие в сточной воде.

Качественная характеристика хозяйственно-производственных сточных вод
ООО «Ивановский маргариновый завод» [200]

Наименование сточных вод по потокам	Источники образования сточных вод	Качественные характеристики сточных вод							
		БПК _п , мгО ₂ /дм ³	ХПК _п , мгО ₂ /дм ³	Взвешенные вещ-ва, мг/дм ³	Жировые вещества, мг/дм ³	Сульфат-ионы, мг/дм ³	лорид-ионы, мг/дм ³	рН	Т ⁰ С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хозяйственно-бытовые	От бытовых помещений, котельной, лабораторий, столовой	250	312,5	220	5	200	100	7	15
Производственные незагрязненные	Цех рафинации	5	6,25	100	55	1200	2400	6,5...7,6	25
	Цеха маргариновый и майонезный	5	6,25	100...200	20	30...80	120	6,8...7	25
Производственные воды с повышенным содержанием минеральных загрязнений	От котельной и механической мастерской	20	25	300	40...50	—	350	6,5	25-35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производственные воды, загрязненные жировыми веществами	От мойки полов и оборудования маслосливной станции, рафинационного и маргаринового цехов	500	625	100	5280	600	400	8	25
	Воды цеха рафинации в смеси с низкожирным соапстоком	1875...5000	2340...6250	1000...5000	1100...60000	100...200	50...100	11,5	
	Жиросодержащие воды маргаринового цеха	337...20000	420...25000	9600	700...32000	77	120	10	
	Воды после мойки оборудования майонезного цеха	625	780	750	1000...1500	—	—	—	
	Прачечная	100	125	300	4000	500	350	12,4	
Производственные воды с незначительным содержанием жировых веществ	Мойка полов майонезного цеха	—	—	—	52,5	500	350	8	25
	Барометрическая вода	100...200	125...200	100...120	120	30...80	80...120	6,8...7	25
	Воды лаборатории	100	125	200	52,5	—	—	8	25
	Воды от мойки банок	—	—	300	20	500	350	7,5...8	25

Таблица 3.14.

Расчетные характеристики сточных вод после очистки на жироловушках [200]

Наименование исходного раствора	ПДК по жирам в сточной воде, мг/дм ³	Концентрация жиров в исходном растворе, мг/дм ³	Эффективность очистки на жироловушках, %	Концентрация жиров в воде после очистки, мг/дм ³		Превышение ПДК, раз
				I жироловушка	II жироловушка	
Промывные воды цеха рафинации в смеси с низкожирным соапстоком	25	1100...60000	70	330...18000	99...5400	4...216
Жиросодержащие воды маргаринового завода	25	700...32000	70	270...9600	63...2880	2,5...115
Промывные воды после мойки линий производства майонеза	25	1000...15000	70	300...4500	90..1350	3,6...54

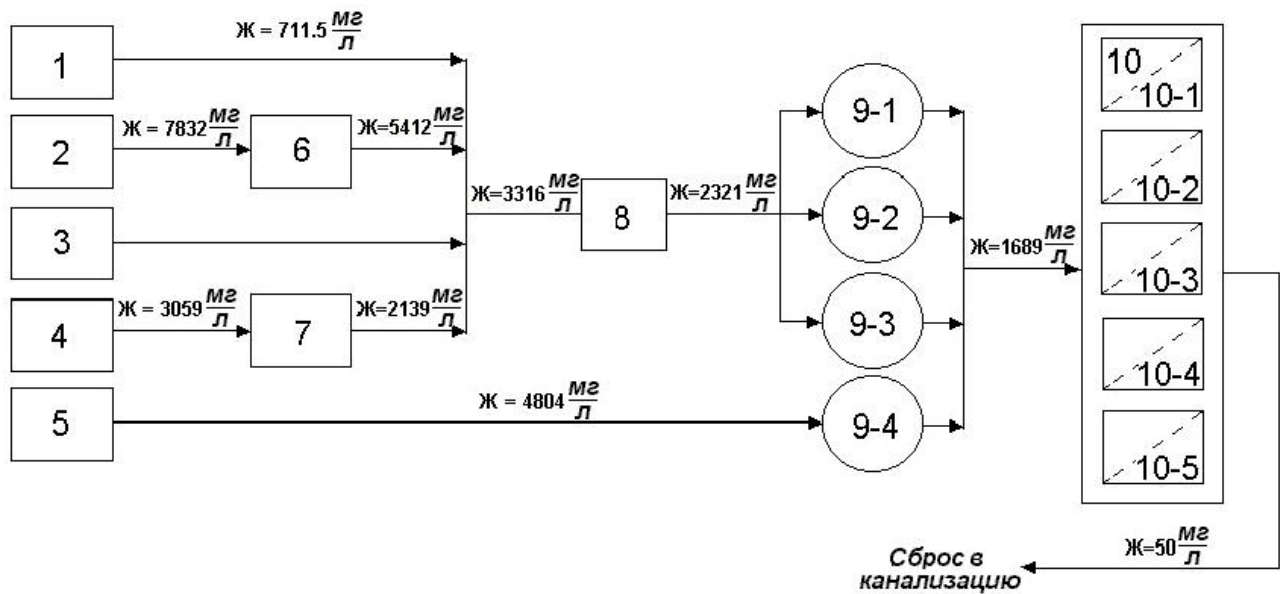


Рис. 3.30. Схема очистки сточных вод
ООО «Ивановский маргариновый завод» [200]:

1 – цех производства и фасовки масложировой продукции; 2 – цех рафинации и дезодорации; 3 – цех жирных кислот; 4 – маслосливная станция; 5 – майонезный цех; 6 – система жироловушек; 7 – дворовая жироловушка маслосливной станции; 8 – дворовая жироловушка; 9 – система флотаторов; 10 – станция ультрафильтрации

Статистические данные, приведенные Московским маргариновым заводом по сточным водам Ивановского маргаринового завода, доказывают, что степень очистки на жироловушках недостаточна (в среднем 50,6 %), и поэтому требуется дополнительная очистка вод.

При малых скоростях потока (меньше 0,8 м/с), что наблюдается в больших коллекторах, низкомолекулярные фракции достаточно быстро адсорбируются на стенках трубопроводов городской канализационной сети, что способствует быстрому зарастанию коллектора и сказывается на экологическом состоянии окружающей среды, комфортности условий труда и быта работников предприятия и ближайшего населения.

После жироловушки сточные воды поступают на флотаторы. Флотационный метод очистки обеспечивает, помимо удаления механических примесей, загрязнений, также уменьшение значений БПК и ХПК, удаление летучих компонентов, растворение в воде кислорода воздуха. Флотационный процесс очистки протекает в 4...6 раз быстрее отстаивания при одинаковой эффективности удаления загрязнений. Содержание жировых веществ в воде до очистки ее на флотаторах составляет 2321 мг/дм³, после очистки содержание этих компонентов в воде уменьшилось до 1689 мг/дм³. Эффективность процесса флотации составляет 95...97 %.

Далее сточные воды проходят очистку на ультрафильтрационной установке. Когда вода перекачивается под давлением через полупроницаемую мем-

брану, вода и низкомолекулярные загрязняющие вещества проходят через мембранный барьер. Частицы жира остаются за барьером и концентрируются. Хотя суспензия жира была концентрирована до 20...25 % ультрафильтрацией, она все же требует дальнейшей обработки перед сбросом. Центрифугирование концентрата не дает дальнейшего извлечения жира. Степень очистки сточных вод после ультрафильтрации увеличивается с 20000 мг/дм³ до 50 мг/дм³ по БПК_п. Эффективность работы ультрафильтрационной установки составляет 99 %. В настоящее время на заводе с целью достижения или хотя бы приближения степени очистки к ПДК по жирам производится интенсивное разбавление жиродержащих сточных вод другими водами [200].

5. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ ДЛЯ СБРОСА В ВОДОЕМЫ

При отведении сточных вод (очищенных и слабозагрязненных) в водоемы необходимо указывать гигиенические требования к составу и свойствам водных объектов в пунктах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; степень возможного смешивания и разбавления сточных вод водного объекта на участке от места спуска сточных вод до расчетных (контрольных) створов ближайших пунктов забора воды на хозяйственно-питьевые и культурно-бытовые нужды населения; фоновые показатели качества воды водного объекта.

Реальный сброс очищенных сточных вод ПДС* (м³/ч) не должен превышать предельно допустимого сброса ПДС (м³/ч), при котором качество воды в створе реки должно быть не ниже показателей, оговоренных Правилами охраны проточных вод для водоемов 1-й и 2-й категорий.

Ниже приведены показатели промышленных сточных вод, лимитирующие их сброс в открытые водоемы:

- концентрация взвешенных веществ в воде водоема после спуска сточных вод не должна увеличиваться более чем на 0,25 и 0,75 мг/дм³ соответственно для 1-й и 2-й категорий водоемов;
- в сточных водах не должны присутствовать минеральные масла и другие плавающие вещества;
- вода водоема не должна приобретать несвойственные ей запахи, привкус и окраску;
- температура воды водоема, в результате спуска стоков, не должна возрастать более чем на 3 °С в сутки, по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет;
- реакция воды должна быть в пределах $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$;
- значение БПК_п стоков при 20 °С не должно превышать более чем на 1 мг О₂/дм³ значения БПК_п воды водоемов 1-й и 2-й категорий (соответственно 3 и 6 мг О₂/дм³);

- в воде водоема после смешивания с ней сточных вод растворенного кислорода должно быть менее 4 мг/дм³ в любое время года (в пробе, отобранной до 12 ч дня);
- состав и предельно допустимая концентрация (ПДК) ядовитых и вредных веществ и болезнетворных бактерий.

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, поэтому их нормируют по принципу *лимитирующего показателя вредности* (ЛПВ), под которым понимают наиболее вероятное (благоприятное) воздействие каждого вещества.

При нормировании качества воды в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический. Для водоемов рыбохозяйственного назначения, наряду с указанными показателями, используют еще два вида: токсикологический и рыбохозяйственный. Санитарное состояние водоема отвечает требованиям норм при выполнении соотношения:

$$\sum_{i=1}^{5(3)} c_m^i / ПДК_i \leq 1, \quad (3.9)$$

где c_m^i – концентрация вещества i -го ЛПВ в расчетном створе водоема;
 $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества.

Для водоемов питьевого и культурно-бытового назначения проверяют выполнение трех (3.9), для водоемов рыбохозяйственного назначения – пяти неравенств. При этом каждое вещество можно учитывать только в одном неравенстве.

Нормами установлены ПДК более 400 вредных веществ в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения, а также более 100 вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения. ПДК вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения, как правило, меньше, чем в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения.

Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения запрещают сбрасывать в водоемы сточные воды, если этого можно избежать, используя более рациональную технологию, безводные процессы и системы повторного и обратного водоснабжения; если сточные воды содержат ценные отходы, которые можно было бы утилизировать; если сточные воды содержат сырье, реагенты и продукцию предприятий в количествах, превышающих технологические потери; если сточные воды содержат вещества, для которых не установлены ПДК.

Определение допустимого состава сточных вод проводят в зависимости от преобладающего вида примесей и с учетом характеристик водоема, в который сбрасывают сточные воды [169].

Расчет допустимого состава сточных вод по концентрации взвешенных веществ. Допустимую концентрацию взвешенных веществ в очищенных сточных водах c_0^{B3B} определяют по формуле:

$$c_0^{636} \leq c_6^{636} + nПДК^{636}, \quad (3.10)$$

где c_6^{636} – концентрация взвешенных веществ в воде водоема до сброса в него сточных вод;

$ПДК^{B3B}$ – предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в водоеме;

n – кратность разбавления сточных вод в воде водоема, характеризующая долю расхода воды водоема, участвующей в процессе перемешивания и разбавления сточных вод.

Расчет допустимого состава сточных вод по концентрации растворенных вредных веществ. Концентрацию каждого из растворенных вредных веществ в очищенных сточных водах c_0^i определяют по формуле:

$$c_0^i \leq n \cdot (c_m^i - c_6^i) + c_6^i, \quad (3.11)$$

где c_6^i – концентрация i -го вещества в воде водоема до сброса сточных вод;

c_m^i – максимально допустимая концентрация того же вещества с учетом максимальных концентраций и ПДК всех веществ, относящихся к одной группе ЛПВ, вычисленная по формуле:

$$c_m^i = ПДК_i \left(1 - \sum_{i=1}^{i-1} \frac{c_m^i}{ПДК^i} \right). \quad (3.12)$$

Расчет кратности разбавления сточных вод в водоемах. Разбавление сточных вод – это процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления n :

$$n = (c_0 - c_6) / (c - c_6), \quad (3.13)$$

где c_0 – концентрация загрязняющих веществ в выпускаемых сточных водах;

c_6 и c – концентрации загрязняющих веществ в водоеме до и после выпуска соответственно.

Таким образом, строгие правила к сбросу сточных вод промышленных предприятий в водоемы предъявляют высокие требования к степени очистки загрязненных сточных вод с учетом их состава и свойств.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем обусловлено создание замкнутых водооборотных циклов?
2. К какой величине должен стремиться коэффициент использования оборотной воды?
3. Укажите категории сточных вод в зависимости от условий образования?
4. Какие воды относятся к хозяйственно–бытовым?
5. Дайте классификацию загрязнений сточных вод.
6. Дайте определение термина «химическое потребление кислорода».
7. Какие загрязнения относятся к биологическим?
8. Какие показатели определяют для полной характеристики сточных вод?
9. Дайте определение термина «биохимическое потребление кислорода».
10. Дайте классификацию поверхностных вод по степени загрязнения.
11. Укажите уровень пригодности воды, оцененной как «загрязненная», в системе оборотного водоснабжения.
12. Какие значения рН имеют неагрессивные воды?
13. Какие загрязнители содержат сточные воды масложировой промышленности?
14. Укажите основные загрязнители стоков маслоэкстракционных производств.
15. Укажите основные отходы при рафинации жиров.
16. Какие компоненты содержит подмыльный щелок?
17. Укажите последовательность операций на стадии механической очистки сточных вод предприятий МЖП.
18. Каким образом из сточных вод удаляют крупные примеси?
19. Какие аппараты используют для удаления мелких частиц из сточных вод?
20. Какова продолжительность осаждения взвешенных частиц в отстойниках?
21. Какова эффективность очистки сточных вод с помощью жироловушек?
22. Какие способы очистки сточных вод относятся к механическим?
23. Какие способы очистки сточных вод относятся к физико-химическим?
24. Какие стадии включает процесс флотации?
25. Укажите преимущества и недостатки схемы напорной флотации в одну ступень.
26. Какие физико-химические методы очистки жирсодержащих сточных вод являются безреагентными?
27. Перечислите основные виды мембранных методов очистки сточных вод.
28. Назовите преимущества мембранных методов очистки сточных вод.
29. Какие виды биологической очистки применяют при очистке сточных вод предприятий МЖП?
30. Перечислите основные виды оборудования, применяемые для очистки сточных вод биологическими методами.
31. Укажите, по каким основным признакам подразделяются аэротенки.

32. Какие технологические процессы используются для обработки и обезвреживания осадков сточных вод?
33. Укажите, какие показатели нормируются при сбросе промышленных стоков в водоемы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Укрупненные нормы расхода воды и количество сточных вод
на единицу продукции в масложировой и
парфюмерно-косметической промышленности

Производство, предприятие	Единица измере- ния, вид продук- ции или сырья	Система водо- снаб- жения	Среднегодовой расход воды на единицу измерения, м ³				
			оборотной, последова- тельно использу- емой	свежей из источника			всего
				тех- ни- чес- кой	питьевой		
					для про- изво- дствен- ных целей	для хозяй- стве- но- быто- вых целей	
1	2	3	4	5	6	7	8
Предприятия масложировой промышленности							
Маслоэк- тракционное производство	1 т семян подсол- нечника	Прямо- точная и оборот- ная с по- следова- тельным использо- ванием	26,22, в том числе 0,02 по- следовательно используемой	1,56	0,2	0,1	1,86
Производство фасованного масла	1 т масла	Прямо- точная	—	0	2,4	—	2,4
Гидрогениза- ционное про- изводство	1 т саломаса	Прямо- точная и обо- ротная	8,91	1,89	0,07	0,15	2,11
Маргариновое производство	1 т маргарина	То же	38	2,76	0,94	0,4	4,1
Майонезное производство	1 т майонеза	То же	24	2	3,45	1,5	6,95
Рафинацион- ное производ- ство	1 т масла	То же	69,81	2,47	0,13	0,1	2,7
Гидратация			8,42	0,23	—	—	0,23
Нейтрализа- ция			31,41	1,49	0,13	0,1	1,72
Дезодорация			30	0,75	—	—	0,75
Производство синтетических моющих средств (СМС)	1 т СМС	То же	2	1,11	0,88	0,3	2,29

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
Производство хозяйственно-го мыла	То же	То же	19,54	3,91	0,22	0,2	4,33
Производство глицерина	1 т глицерина	То же	307	12,33	—	0,04	12,37
Производство дистиллированных жирных кислот (ДЖК)	1 т ДЖК	То же	118	5,1	—	0,02	5,12
Производство олифы	1 т олифы	То же	3,72	1,25	0,03	0,1	1,38
Предприятия парфюмерно-косметической промышленности и синтетических моющих средств							
1	2	3	4	5	6	7	8
Производство синтетических, душистых веществ	1 т	Прямоточная обратная и с последовательным использованием воды	1200	291	22	30	343
Производство парфюмерно-косметических изделий	1 млн шт.	То же	942,6	427	406,5	202,1	1035
Производство парфюмерной стеклотары	1 млн шт.	Прямоточная и обратная	2815	1342	—	495	1837

Продолжение табл.

Производство, предприятие	Единица измерения, вид продукции или сырья	Система водоснабжения	Среднегодовое количество выпускаемых в водоемы сточных вод на единицу измерения, м ³				
			всего	в том числе			
				производственных	бытовых	не требующих очистки	фильтр-рациональных из шламонакопителя
1	2	3	9	10	11	12	13
Предприятия масложировой промышленности							
Маслоэкстракционное производство	1 т семян подсолнечника	Прямочная и обратная с последовательным использованием	1,31	0,95	0,1	0,26	—
Производство фасованного масла	1 т масла	Прямочная	2,4	2,4	—	—	—
Гидрогенизационное производство	1 т саломаса	Прямочная и обратная	1,74	1,53	0,15	0,06	—
Маргариновое производство	1 т маргарина	То же	3,14	2,36	0,4	0,38	—
Майонезное производство	1 т майонеза	То же	5,75	4,01	1,5	0,24	—
Рафинационное производство	1 т масла	То же	1,38	0,59	0,1	0,69	—
Гидратация			0,08	—	—	0,08	—
Нейтрализация			1,0	0,59	0,1	0,31	—
Дезодорация			0,3	—	—	0,3	—
Производство синтетических моющих средств (СМС)	1 т СМС	То же	0,95	0,63	0,3	0,02	—

Продолжение табл.

1	2	3	9	10	11	12	13
Производство туалетного мыла	1 т мыла	Прямочная обратная и с последовательным использованием воды	2,75	2,28	0,2	0,27	—
Производство хозяйственного мыла	То же	То же	2,5	2,1	0,2	0,2	—
Производство глицерина	1 т глицерина	То же	5,16	2,05	0,04	3,07	—
Производство дистиллированных жирных кислот (ДЖК)	1 т ДЖК	То же	1,95	0,75	0,02	1,18	—
Производство олифы	1 т олифы	То же	0,81	0,67	0,1	0,04	—
Предприятия парфюмерно-косметической промышленности и синтетических моющих средств							
Производство синтетических, душистых веществ	1 т	Прямочная обратная и с последовательным использованием воды	284	256	28	—	—
Производство парфюмерно-косметических изделий	1 млн шт.	То же	877,5	132,5	187	558	—
Производство парфюмерной стеклотары	1 млн шт.	Прямочная и обратная	1680	219	485	976	—

Продолжение табл.

Производство, предприятие	Единица измерения, вид продукции или сырья	Система водоснабжения	Безвозвратное потребление и потери воды, м ³	Количество сточных вод, используемых в системах водоснабжения (взамен свежей воды), м ³	Коэффициенты изменения среднегодовой нормы в летний и зимний сезоны	
					К _{лет}	К _{зим}
1	2	3	14	15	16	17
Предприятия масложировой промышленности						
Маслоэкстракционное производство	1 т семян подсолнечника	Прямая и обратная с последовательным использованием	0,55	—	—	—
Производство фасованного масла	1 т масла	Прямая	—	—	—	—
Гидрогенизационное производство	1 т саломаса	Прямая и обратная	0,37	—	—	—
Маргариновое производство	1 т маргарина	То же	0,96	—	—	—
Майонезное производство	1 т майонеза	То же	1,2	—	—	—
Рафинационное производство	1 т масла	То же	1,32	—	—	—
Гидратация			0,15	—	—	—
Нейтрализация			0,72	—	—	—
Дезодорация			0,45	—	—	—
Производство синтетических моющих средств (СМС)	1 т СМС	То же	1,34	—	—	—
Производство туалетного мыла	1 т мыла	Прямая, обратная и с последовательным использованием воды	2,06	—	—	—

Окончание табл.

1	2	3	14	15	16	17
Производство глицерина	1 т глицерина	То же	7,21	—	—	—
Производство дистиллированных жирных кислот (ДЖК)	1 т ДЖК	То же	3,17	—	—	—
Производство олифы	1 т олифы	То же	0,57	—	—	—
Предприятия парфюмерно-косметической промышленности и синтетических моющих средств						
1	2	3	14	15	16	17
Производство синтетических душистых веществ	1 т	Прямочная, обратная и с последовательным использованием воды	59	80	—	—
Производство парфюмерно-косметических изделий	1 млн шт.	То же	158,1	49	1	1
Производство парфюмерной стеклотары	1 млн шт.	Прямочная и обратная	157	—	—	—

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология пищевых производств / Л. П. Ковальская [и др.]; под общ. ред. Л. П. Ковальской. – М.: Колос, 1997. – 752 с. : ил. – ISBN 5-10-003283-9.
2. Количественная оценка технологических процессов по степени мало- и безотходности / В. И. Комарова [и др.] // Пищ. пром-сть. – 1995. – № 3. – С. 2-3.
3. Основные показатели охраны окружающей среды: Статистический бюллетень / Росстат. – М., 2007. – 116 с.
4. Российский статистический ежегодник. 2008: Статистический сборник / Росстат. – М., 2008. – 847 с. – ISBN 978-5-89476-260-9.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году / М-во природных ресурсов и экологии РФ. – М., 2008. – 504 с. – ISBN 5-90275-07-6.
6. Ветров, А. П. Экономические предпосылки и проблемы промышленной переработки вторичных ресурсов пищевой промышленности / А. П. Ветров, О. П. Петрик, А. В. Лобанов // Изв. вузов. Пищ. технология. – 2007. – № 1. – С. 107-108.
7. Гриневич, В. И. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование: Текст лекций / В. И. Гриневич, А. П. Куприяновская, А. Ю. Никифоров; под общ. ред. В. В. Кострова; Иван. гос. хим.-технол. акад., Иваново, 1995. – 288 с. – ISBN 5-230-05508-1.
8. ГОСТ Р 52104-2003. Ресурсосбережение. Термины и определения. – Введ. 2004-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.
9. Степычева, Н. В. Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности. Ч. 1. Использование вторичных материальных ресурсов масложировой промышленности: учеб. пособие. Н.В. Степычева; Иван. гос. хим.-технол. ун-т, Иваново, 2002. – 80 с. – ISBN 5-230-01573-х.
10. Мормитко, В. Г. Ресурсосберегающие технологии гидратации и нейтрализации подсолнечного масла / В. Г. Мормитко, Б. А. Дехтерман, В. В. Ключкин // Пищ. пром-сть. – 1993. – № 2. – С. 34-36.
11. Мануйлова, Т. А. Основные направления деятельности по повышению уровня экологизации предприятий / Т. А. Мануйлова, Н. Ф. Панков // Пищ. пром-сть. – 2007. – № 7. – С. 18.
12. ГОСТ 25916-83. Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения. – Введ. 1983-09-14. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
13. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – Введ. 2001-12-28. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 15 с.
14. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. – Введ. 2002-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2006. – 37 с.

15. Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности: образование и использование: справочник / В. А. Аракелова [и др.]; под общ. ред. А. Е. Юрченко. – М. : Экономика, 1984. – 327 с. : ил.
16. Мачигин, В. С. Использование отходов масложировой промышленности в кормовых целях / В. С. Мачигин, В. Н. Григорьева, А. Н. Лисицын // Масложировая пром-сть. – 2005. – № 2. – С. 29.
17. Гладкая, В. Ф. Использование подсолнечной лузги / В. Ф. Гладкая, В. Ф. Алешина // Масложировая пром-сть. – 1973. – № 9. – С. 35.
18. Кормовая ценность гранулированной подсолнечной лузги, обогащенной соапсточными липидами / В. М. Крылов [и др.] // Масложировая пром-сть. – 1985. – № 6. – С. 15-17.
19. Использование подсолнечной лузги для кормовых целей / В. Ф. Гладкая [и др.] // Масложировая пром-сть. – 1974. – № 7. – С. 16.
20. Безотходные технологии // Пищевая пром-сть. – 1989. – № 11. – С. 12-15.
21. Гайнетдинов, М. Ф. Рациональное использование отходов пищевой промышленности в животноводстве. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Россельхозиздат, 1978. – 199 с. : ил.
22. Измельчение под вакуумом в технологии получения экструдированных кормосмесей и добавок / Д. С. Кобылкин [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 6. – С. 27-29.
23. Предгидролиз подсолнечной лузги / В. А. Косенко [и др.] // Вопр. химии и хим. технол. – 2005. – № 3. – С. 185-186, 229, 234.
24. Пат. 2014216 Россия, В 27 N 1/02. Способ изготовления плит из подсолнечной лузги / Глазков С. С., Семенова Л. К., Воскерчян Г. А. ; заявитель и патентообладатель Глазков Сергей Сергеевич. – № 5013331/05 ; заявл. 17.10.91 ; опубл. 15.06.94.
25. Утилизация подсолнечной лузги / В. В. Гирман [и др.] // Пищевая пром-сть. – 1990. – № 5. – С. 42-43.
26. Савус, А. С. Особенности фильтрации масла через слой лузги подсолнечных семян / А. С. Савус, В. В. Деревенко, Л. Н. Попова. – Краснодар, 1988. – 10 с. – Деп. в АгроНИИ ТЭИ пищепрома 28.04.88, № 1926-пщ 88.
27. Новые сорбенты на основе побочных продуктов переработки растительного сырья / И. М. Осадченко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 8. – С. 64-65.
28. Пат. 2252819 Россия, МПК7 В 01 J 20/24. Способ утилизации лузги подсолнечной / Осадченко И. М., Горлов И. Ф., Шигаева Н. И. ; заявитель и правообладатель ГУ Волгогр. науч.-исслед. технол. ин-т мяс.-мол. скотовод. и перераб. прод. животновод. РАСХН. – № 2004113254/15 ; заявл. 28.04.04 ; опубл. 27.05.05.
29. Лузга как товарный продукт // Масла и жиры. – 2008. – № 1. – С. 18.
30. Пат. 2311224 Россия, МПКВ 01 J 2/00 (2006.01) А 23 К 1/20 (2006.01). Способ получения гранул из подсолнечной лузги / Сидоров Л. Л., Лукашов В. Е. – № 2005117376/15 ; заявл. 07.06.05 ; опубл. 27.11.07.

31. Ланецкий, В. А. Использование отходов масложировой промышленности / В. А. Ланецкий // Масложировая пром-сть. – 2008. – № 5. – С. 14-16.
32. Гуменюк, Г. Д. Использование отходов промышленности и сельского хозяйства в животноводстве / Г. Д. Гуменюк, А. М. Жадан, А. Н. Коробко. – Киев : Урожай, 1983. – 150 с.
33. Marshall, Wayne E. Oilseed fiulls as adsorbents for toxic metals commonly found in industrial wastewater : [Pap.] 85th AOCS Annu. Meet. and Expo, Atlanta, Ga, May 8-12, 1994 / Wayne E. Marshall, Elaine T. Champagne // INFORM : Int. News Fats, Oils and Relat. mater. – 1994. – 5, № 4. – P. 501.
34. Склянкин, Ю. В. Безотходная переработка сельскохозяйственного сырья: эколого-экономический аспект / Ю. В. Склянкин, С. Л. Стычинский. – Киев : Урожай, 1988. – 168 с. – ISBN 5-337-00122-1.
35. Растительный белок / Ш. Кале [и др.]; пер. с фр. В. Г. Долгополова; под ред. Т. П. Микулович. – М. : Агропромиздат, 1991. – 684 с. : ил. – ISBN 5-10-001276-5.
36. ГОСТ 8056-96. Шрот соевый пищевой. Технические условия. – Введ. 1998-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 11 с.
37. ГОСТ 12220-96. Шрот соевый кормовой тостированный. Технические условия. – Введ. 1997-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 5 с.
38. ГОСТ 8057-95. Жмых соевый пищевой. Технические условия. – Введ. 1997-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 7 с.
39. ГОСТ 27149-95. Жмых соевый кормовой. Технические условия. – Введ. 1996-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.
40. Щербаков, В. Г. Биохимия и товароведение масличного сырья: учеб. для вузов по специальности «Технология жиров». – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1991. – 302 с. : ил. – ISBN 5-10-001491-1.
41. Пятницкова, В. А. Гранулированный соевый тостированный шрот, обогащенный липидами / В. А. Пятницкова, Т. В. Савина, А. Ф. Дубовой // Пищевая пром-сть. – 1990. – № 5. – С. 40-41.
42. Доморощенко, М. Л. Современные технологии получения пищевых белков из соевого шрота / М. Л. Доморощенко // Пищевая промышленность. – 2001. – № 4. – С. 6-10.
43. Доморощенко, М. Л. Разработка технологии получения модифицированных белков из соевого шрота с использованием биотехнологических методов автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – СПб., 1991.
44. Доморощенко, М. Л. Особенности современного этапа производства и развития рынка пищевых соевых белков в России / М. Л. Доморощенко // Пищ. пром-сть. – 2006. – № 10, 11. – С. 68-69, 68-71.
45. Мендельсон, Г. И. Значение соевых белковых продуктов в питании человека / Г. И. Мендельсон // Пищ. пром-сть. – 2004. – № 6, 7. – С. 90-91, 84-86.

46. Подобедов, А. В. О дефиците белка в России и его устранении за счет производства и переработки сои / А.В. Подобедов // Пищ. пром-сть. – 1998. – № 8. – С. 30-34.
47. Щербаков, В. Г. Производство белковых продуктов из масличных семян / В. Г. Щербаков, С. Б. Иваницкий. – М. : Агропромиздат, 1987. – 152 с. : ил.
48. Иваницкий, С. Б. Соя в кондитерском производстве / С. Б. Иваницкий, В. Г. Лобанов, С. В. Назаренко // Пищ. пром-сть. – 1998. – № 3. – С. 38-39.
49. Клайд, Е. Стауффер. Соевые белки в хлебопечении / Е. Клайд // Пищ. пром-сть. – 2003. – №. 1. – С. 48-49.
50. Кирюхина, М. Новые сорта хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания / М. Кирюхина, Г. Дубцов, Г. Дубцова // Хлебопродукты. – 2006. – № 11. – С. 36-37.
51. Пат. 2285417 Россия, МПК7 А 21 D 13/08. Состав для приготовления мучного кондитерского изделия / Красильников В. Н. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ООО ПРОТЕИН. – № 2005107086/13 ; заявл. 11.03.2005 ; опубл. 20.10.2006
52. Yao, G. A new method for characterizing fiber formation in meat analogs during high-moisture extrusion / G. Yao, K. S. Liu, F. Hsieh // J. Food Sci. – 2004. – 69, № 7. – P. E303-E307.
53. Использование соевого шрота при производстве майонеза / Л. В. Ленцова [и др.] // Тез. докл. 2 всесоюз. науч. конф. «Пробл. индустр. обществ. питания страны», 12-14 дек., 1989. – Харьков, 1989. – С. 226-227.
54. О возможности использования соевого шрота в качестве антиокислителя жиров при хранении / Л. В. Ленцова [и др.] // Тез. докл. 2 всесоюз. науч. конф. «Пробл. индустр. обществ. питания страны», 12-14 дек., 1989. – Харьков, 1989. – С. 235.
55. Ольховая, Л. П. Использование соевого шрота в кулинарных изделиях / Л. П. Ольховая, В. К. Суханова // Комплекс. перераб. пищ. сырья и осн. направления расширения ассортимента продуктов питания : Тез. докл. межгос. науч. конф., 27-30 сент., 1993. – Владивосток, 1993. – С. 72-73.
56. Заявка 59-95856 Япония. МКИ А 23 L 1/176. Способ приготовления загустителя / Исии Масаси, Сима Юмико ; Сёва сангё к. к. – № 57-205524 ; заявл. 25.11.82 ; опубл. 02.06.84.
57. Чижикова, О. Г. Перспективы использования побочных продуктов производства соевого масла / О. Г. Чижикова, Л. П. Соловьева, Т. А. Сташина // Комплекс. перер. пищ. сырья и осн. направления расширения ассортимента продуктов питания: Тез. докл. межгос. науч. конф. 27-30 сент., 1993. – Владивосток, 1993. – С. 86-87.
58. Tai, J. Изучение и использование аминокислотно-витаминной добавки / J. Tai, Q. Fu // Цзоу сюэбао = Acta Agron. Sin. – 1990. – 16, № 2. – С. 153-160.

59. Development of infant foods based on soyabean // M. R. Chandrasekhara [et al.] // J. Food Sci. and Technol. – 1966. – 3, № 3. – P. 94-97.
60. Физико-химические и функциональные свойства концентратов белков сои / О. Г. Фоломеева [и др.] // Молоч. и мяс. пром-сть. – 1990. – № 2. – С. 29-30.
61. Скудра, Л. А. Химический состав и применение побочных продуктов производства белкового изолята из сои // Л. А. Скудра, М. Ф. Калнениеце, Л. Р. Дукальска // Тр. Латв. с.-х. акад. – 1988. – № 248. – С. 35-40.
62. Kapsiotis, Georges D. Sources potentielles de protéines comestibles // Inds aliment. et agric. – 1968. – 85, № 10. – С. 1157-1168.
63. ГОСТ 80-96. Жмых подсолнечный. Технические условия. – Введ. 1997-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 5 с.
64. ГОСТ 11246-96. Шрот подсолнечный. Технические условия. – Введ. 1997-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
65. Коваленко, Н. П. Гранулирование подсолнечного шрота / Н. П. Коваленко, В. Ф. Гречко, Л. Г. Довжикова // Масложировая пром-сть. – 1972. – № 6. – С. 37-39.
66. Безотходная переработка подсолнечного шрота / А. Г. Кощев [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 3. – С. 66-68.
67. Крупко, С. И. Поиск новых видов сырья / С.И.Крушко // Хлебопекар. и конд. пром-сть. – 1980. – № 8. – С. 7.
68. Использование белков шротов для повышения пищевой ценности кулинарных изделий / Л. П. Чернега [и др.] // Тез. докл. 2 всесоюз. науч. конф. «Пробл. индустр. обществ. питания страны», 12-14 дек., 1989. – Харьков, 1989. – С. 332-333.
69. Lyon, C. K. Lipid-protein complexes from safflower expeller cake / C. K. Lyon, G. O. Kohler, M. M. Hanamoto // J. Amer. Oil Chem. Soc. – 1982. – v. 59, № 3. – P. 119-122.
70. Кузнецов, В. Д. Оценка пищевых добавок с антианемическими факторами при создании продуктов специального назначения / В. Д. Кузнецов, Г. Г. Дубцов, Н. М. Мерзлякова // Химия пищ. добавок : Тез. докл. всесоюз. конф., Черновцы, 26-27 апр., 1989. – Киев, 1989. – С. 185.
71. Петухова, Н. М. Использование белкового концентрата из подсолнечного шрота в пищевой промышленности потребительской кооперации / Н. М. Петухова ; Моск. кооп. ин-т // Соверш. технол. хранения и пр-ва прод. товаров. – М., 1987. – С. 117-128. – Рукопись деп. в АгроНИИТЭИ-пищепром 25.11.87, № 1667-пщ 87.
72. Oil-cake from sunflower seed as a raw material for cookies, yoghurt and cheese // Techno Jap. – 1990. – 23, № 11. – P. 114.
73. Влияние шрота из семян подсолнечника на качество кондитерских изделий / З. Т. Бухтоярова [и др.]. – Краснодар, 1986. – 6 с. – Рукопись деп. в ЦНИИТЭИпищепром 04.04.86, № 2193-пщ.

74. Использование модифицированных растительных сорбентов при рафинации масел / О. М. Березовская [и др.] // Изв. вузов. Пищ. технология. – 2007. – № 2. – С. 38-39.
75. А. с. 1028704 СССР, МКИ С 09 К 3/12. Герметик для радиаторов / Викина В. А., Шевцов В. Г. ; ПТБ Всес. ПО по пр-ву товаров быт. химии. – № 3364500 ; заявл. 25.08.81 ; опубл. в Б. И., 1983, № 26.
76. Заявка Франция, С 09 В 61/00; А 23 L 1/27. Procédé pour la production d'une substance colorante par extraction des graines de tournesol / Pifferi Piergiorgio. – № 2331605 ; заявл. 12.11.76 ; опубл. 10.06.77.
77. Применение экстрактов из жмыхов при биосинтезе пенициллина / П. А. Якимов [и др.] // Тр. Ленингр. хим.-фармацевт. ин-та. – 1960. – Вып. 9. – С. 24-29.
78. Испытание жмыховых экстрактов при биосинтезе стрептомицина / П. А. Якимов [и др.] // Тр. Ленингр. хим.-фармацевт. ин-та. – 1960. – Вып. 9. – С. 19-23.
79. Стефанов, Л. Использование подсолнечного жмыха для производства фурфурола и белково-витаминных дрожжей / Л. Стефанов, И. Деспотов // Хранит. пром-сть. – 1962. – 12, № 1. – С. 23-24.
80. ГОСТ 10471-96. Шрот льняной. Технические условия. – Введ. 1997-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 5 с.
81. ГОСТ 10974-95. Жмых льняной. Технические условия. – Введ. 1996-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 5 с.
82. Давидов, Р. Качество масла в зависимости от состава и свойств молочного жира при кормлении коров жмыхами / Р. Давидов, В. Аристова // Молоч. Пром-сть. – 1960. – № 6. – С. 36-37.
83. Соломко, Г. И. Белковые концентраты из жмыха семян томатов и шрота льна (Идут испытания) / Г. И. Соломко, В. Ф. Соловьева // Пищ. пром-сть. – 1988. – № 4. – С. 33.
84. Загибалов, А. Ф. Изолированные белки из семян масличных культур / А. Ф. Загибалов, С. Г. Склифасовская, В. В. Черникова. – Краснодар, 1990. – 6 с. – Деп в АгроНИИТЭИпищепроме 22.01.90, № 2181-пщ 90.
85. Загибалов, А. Ф. О возможности использования белковой пасты из шрота сафлора и льна в консервированных продуктах / А. Ф. Загибалов, С. Г. Склифасовская, В. В. Черникова // Тез. докл. 2 всесоюз. науч. конф. «Пробл. индустр. обществ. питания страны», 12-14 дек., 1989. – Харьков, 1989. – С. 185.
86. Otrzymywane preparatów enzymów proteolitycznych z hodowli *Aspergillus oryzae* / J. Janicki [et al.] // Zesz. probl. postępów nauk roln. – 1965. – № 53. – С. 131-133.
87. Пат. 125392 ПНР, МКИ С 08 В 37/00, С 13 L 3/00. Sposób itrzymywania naturalnych hydrokolooidów z nasion lnu, wytlóków lnianych lub śruty lnianej poekstrakcyjnej / Józwiak Karol, Urbaniak Maciej ; заявитель и патентооб-

- ладатель Centralne Laboratorium Chlodnictwa. – № 233623; заявл. 3.08.79; опубл. 30.03.85.
88. Кинетика изменения госсипола в процессе биотехнологической детоксикации шрота / М. А. Рахимджанов [и др.] ; Ташк. химико-технол. ин-т. – Ташкент, 1994. – 6 с.: ил. – Библиогр.: 2 назв. – Деп. в ГФ НТИ ГКНТ РУз 21.04.94, № 2074-Уз 94.
 89. Биодетоксикация госсипола хлопкового шрота / Р. Н. Ким [и др.] // Пищ. пром-сть. – 1990. – № 5. – С. 40-41.
 90. Эффективность использования шрота с низким содержанием госсипола в рационах сельскохозяйственных животных / К. К. Карибаев [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 9. – С. 50-51.
 91. Лебедев, Е. И. Комплексное использование сырья в пищевой промышленности. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 240 с.
 92. ГОСТ 68-74. Жмых хлопковый. Технические условия. – Введ. 1975-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.
 93. ГОСТ 606-75. Шрот хлопковый. Технические условия. – Введ. 1977-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 5 с.
 94. Попова, В. Н. Получение хлопкового шрота, обогащенного хлопковыми фосфатидами, и использование его в животноводстве / В. Н. Попова, У. И. Тросько, Р. В. Верченко // Тр. Всес. науч.-исслед. ин-т жиров. – 1965. – Вып. 25. – С. 190-197.
 95. Ежкова, Л. Влияние растительных кормов на химические и физико-химические показатели свинины // Мясн. индустрия СССР. – 1967. – № 4. – С. 38-39.
 96. Давидов, Р. Факторы, влияющие на содержание сухих обезжиренных веществ в молоке // Молочн. промышленность. – 1964. – № 9. – С. 7-9.
 97. Шведов, И. В. Сорбционная очистка хлопкового масла в мисцелле / И. В. Шведов, Р. В. Казарян, Ву-Тхи-Дао // Масложировая пром-сть. – 1983. – № 11. – С. 19-21.
 98. А. с. СССР, С 04 В 13/24. Бетонная смесь / Сюняева С. Т. [и др.] ; Ин-т хим. АН УзССР. – № 649676 ; заявл. 1.06.77 ; № 2489384, опубл. 15.05.79.
 99. Шрот семян хлопчатника как источник азота – перспективное сырье в производстве антибиотиков / К. А. Сабиров [и др.] // 14 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии : Реф. докл. и сообщ. Т. 2. – М., 1989. – С. 318.
 100. Бабаходжаева, С. А. Разработка технологической схемы производства фитина из хлопкового шрота / С. А. Бабаходжаева, Н. У. Ризаев // Хим.-фармац. журн. – 1974. – 8, № 7. – С. 34-35.
 101. Бородина, З. В. Получение естественных антиокислителей из отходов пищевой промышленности // Сб. науч. работ. Ленингр. ин-т сов. торговли. – 1959. – Вып. 15. – С. 33-46.
 102. Маркман, А. Л. Госсипол и его производные / А. Л. Маркман, В. П. Ржехин. – М.: Пищ. пром-сть, 1965. – 244 с.: ил.

103. Технология переработки жиров / Н. С. Арутюнян [и др.]; под общ. ред. Н. С. Арутюняна. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищепромиздат, 1998. – 452 с.: ил. – ISBN 5-89703-003-0.
104. Золочевский, В. Т. Новая технология гидратации растительных масел с получением фосфатидного концентрата высокого качества / В.Т. Золочевский // Масложировая пром-сть. – 2009. – № 2. – С. 24-27.
105. Григорьева, В. Использование отходов масложировой промышленности в кормовых целях / В. Григорьева, В. Мачигин // Вестн. ВНИИЖ. – 2005. – № 2.
106. Tůma, Jan. Aplikace biologicky aktivních látek v cukrovinkářském průmyslu / Jan Tůma // Prům. potravin. – 1990. – 41, № 1. – С. 13-14.
107. А. с. СССР, 66b, 10/01, /А 22с/. Способ приготовления колбасного фарша / Авагимов В. Б., Каменский Н. Н., Гаевский Д. Я. – № 157612 ; заявл. 13.01.63 ; опубл. 05.10.63.
108. Артеменко, И. П. Витол – подсолнечный лецитин / И. П. Артеменко, Е. П. Корнена, // Пищ. пром-сть. – 2002. – № 6. – С. 46.
109. Бутина, Е. А. Научно-практическое обоснование технологии и оценка потребительских свойств фосфолипидных биологически-активных добавок : автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. – Краснодар: КубГТУ, 2003. – 53 с.
110. Обоснование системы процессов получения фосфатидного концентрата в технологии производства БАД Витол / Верещагин, А. Г. [и др.] // Изв. вузов. Пищ. технология. – 2007. – № 1. – С. 108-109.
111. Функциональные напитки для школьников с использованием растительных фосфолипидов / В. П. Клиндухов [и др.] // Масла и жиры. – 2009. – № 3. – С. 12-15.
112. Разработка рецептур высоко- и низкожирных спредов, обогащенных природными эссенциальными добавками / Т. А. Магомадов [и др.] // Известия вузов. Пищ. технология – 2008. – № 1. – С. 61-62.
113. Ильинова, С. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование создания пищевых эмульсий функционального назначения с применением фракционированных фосфолипидных продуктов: автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. – Краснодар: КубГТУ, 2007. – 50 с. : ил.
114. Новые продукты на основе натуральных фосфолипидов, их свойства и применение в функциональном питании / Т. А. Шахрай [и др.] // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты : Сборник научных трудов / Рос. акад. естеств. наук [и др.]. – М., 2003. – С. 155-160, 229.
115. Хираллах, Яср Мохаммед Зафер. Оценка потребительских свойств фосфолипидов рапсовых масел и разработка рекомендаций по их применению в производстве маргариновой продукции: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Краснодар, 2005. – 23 с. : ил.

116. Пат. 2266667 Россия, МПК7 А 23 D 9/00. Пищевой функциональный фосфолипидный продукт, имеющий антиоксидантные свойства / Петрик А. А. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Кубан. гос. технол. ун-т. – № 2004113968/13; заявл. 06.05.04; опубл. 27.12.05
117. Березов, Т. Т. Биологическая химия: учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1998. – 704 с.: ил. – ISBN 5-225-02709-1.
118. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки : Энциклопедия. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 808 с. – ISBN 5-901065-79-4.
119. Заявка 60-246305 Япония, МКИ А 61 К 7/00. Косметические препараты / Хигаки Юдзо, Накадзато Махито; Ниссин сэйю к. к. – № 59-102622; заявл. 23.05.84 ; опубл. 6.12.85.
120. Заявка Япония, кл. А 61 К 7/16. Зубные пасты / Хасимото Сигэру, Таки Юкио; заявитель и патентообладатель Сансута хамигаку к. к. – № 56-51408; заявл. 1.10.79, № 54-126953; опубл. 9.05.81.
121. Андреева, Л. А. О технологии некоторых эмульсионных лекарственных форм / Л. А. Андреева, В. А. Головкин, А. Г. Грязина // Материалы II все-союз. съезда фармацевтов, 1974: сб. науч. тр. – Рига, 1974. – С. 33-34.
122. Мачигин, В. С. Безреагентное концентрирование соапстоков ультра-филтрацией // Масложировая пром-сть. – 2008. – № 6. – С. 38-40.
123. Пат. 2288949 Россия, МПК8 С 11 В 13/00. Способ безреагентного концен-трирования соапстоков / Мачигин В. С. [и др.] ; заявитель и патентообла-датель Гос. науч. учрежд. ВНИИ жиров РАСХН. – № 2005115394/12; за-явл. 13.05.05; опубл. 10.12.06.
124. Использование вторичных ресурсов переработки высокомасличных сор-тов подсолнечника / А. О. Нарतिकоева [и др.] // Изв. вузов. Пищ. техноло-гия. – 2006. – № 2/3. – С. 20-21.
125. Проучвания върху производството и използването на соапщок и хидра-тационни утайки, получавани при преработката на масло от слънчогледо-во семе. III. Изследване на ефекта от добавката на хидратационни утайки и соапщок в храната на свине и птици / В. Стоянов [et al.] // Тр. Ин-та масло-сапунена пром-ст. – 1965-1970 (1973). – I. – С. 215-226.
126. Production de protéines d'organismes unicellulaires à partir de pâtes de neutralisa-tion d'origine industrielle / D. Montet [et al.] // Oleagdeneux. – 1985. – 40, № 10. – P. 505-509.
127. Мормитко, В. Г. Получение мылосодержащих продуктов заданного со-става при переработке соапстоков упариванием / В. Г. Мормитко, Б. А. Дектерман // Масложировая пром-сть. – 1992. – № 4-5. – С. 21-26.
128. Нарतिकоева, А. О. Разработка технологии и рецептур моющих средств на основе вторичных ресурсов масложировой промышленности : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Краснодар, 2007. – 25 с.: ил.
129. Применение жирных кислот касторовых соапстоков как сырья для произ-водства себациновой кислоты / В. Н. Никифорова [и др.] ; Науч.-исслед. и

- проект. ин-т азот. пром-сти и продуктов орган. синтеза. – М., 1975. – 7 с.
– Рукопись деп. в ОНИИТЭХИМ г. Черкассы 12 дек. 1975 г., № 705/75 деп.
130. Beal, R. E. Soybean soapstock utilization: fatty acid adducts with ethylene and 1-butene / R. E. Beal, L. L. Lauderback, J. R. Ford // *J. Amer. Oil Chem. Soc.* – 1975. – 52, № 10. – P. 400-403.
 131. А. с. СССР, кл. С 07с 103/44. Способ получения аминоксидных жирных кислот / Петрик Г. К. [и др.]. – № 495306 ; заявл. 15.01.74 ; опубл. 29.04.76.
 132. Елошвили, Н. Т. Разработка способов комплексной утилизации отходов масложировой промышленности // *Масла и жиры.* – 2003. – № 3. – С. 8.
 133. Соапстоки как заменители растительных масел при производстве сиккативов / Н. А. Смирнова [и др.] // *Масложировая пром-сть.* – 1992. – № 1. – С. 27-29.
 134. А. с. 1558936 СССР, МКИ4 С 08 L 27/06, С 08 К 5/00. Полимерная композиция / Н. А. Абдувалиев [и др.] ; Ин-т химии и физ. полимеров АН УзССР. – № 4404459/23-05 ; заявл. 21.01.88 ; опубл. 23.04.90, Бюл. № 15.
 135. Стабилизация поливинилхлорида модифицированными соапстоками / Н. А. Абдувалиев [и др.] // 8 Конф. по старению и стабилизации полимеров, Душанбе, 10-13 окт., 1989.: тез. докл. – Черноголовка, 1989. – С. 73-74.
 136. Emken, E. M. Lipoxygenaseoxidized soap stock as source of hydroxy conjugated octadecadienoic acids / E. M. Emken, H. J. Dutton // *J. Amer. Oil Chem. Soc.* – 1971. – 48, № 7. – P. 324-329.
 137. Очистка сточных вод от механических примесей и металлов / М. Х. Умарахунов // *Коллоид.-хим. пробл. экол. : тез. докл. всесоюз. конф., Минск, 28-30 мая, 1990.* – Минск, 1990. – С. 72-73.
 138. Получение и исследование свойств продуктов сульфирования жирных кислот хлопкового соапстока / Р. И. Аминова, С. К. Тилляев, С. А. Зайнутдинов. – Ташкент, 1975. – 6 с. – Рукопись деп. в ВИНТИ 17 марта 1975 г., № 732-75 Деп.
 139. Возможности замены нефти промышленными отходами / С. А. Гарьян [и др.] // *Промывка скважин (технол., рецептура, матер., осложнения, экон.).* – Краснодар, 1989. – С. 130-132.
 140. A cheaper feed material for making biodiesel fuel // *Chem. Eng. (USA).* – 2002. – 109, № 6. – P. 27.
 141. Pereda, Marín J. Aprovechamiento de las oleinas residuales procedentes del proceso de refinado de los aceites vegetales comestibles, para la fabricación de biodiesel / Marín J. Pereda, Mateos F. Barriga, Mateos P. Álvarez // *Grasas y aceites.* – 2003. – 54, № 2. – С. 130-137.
 142. Ma, Chuan-guo. Получение биодизельного топлива из соапстока / Chuan-guo Ma, Yao-bin Si, Hua-feng Hou // *Zhongguo youzhi = China Oils and Fats.* – 2006. – 31, № 4. – С. 59-61.

143. Ливинская, С. А. Удаление восков из растительных масел фракционной кристаллизацией / С. А. Ливинская, Н. Л. Меламуд // Масложировая пром-сть. – 2009. – № 2. – С. 37-38.
144. Камышан, Е. М. Утилизация отработанной отбеливающей земли и кизельгура. Стандартные рекомендации и практические примеры // Масложировая пром-сть. – 2006. – № 3. – С. 56-57.
145. Сорбент для выделения примесных ингредиентов из растительных масел / П. Б. Разговоров [и др.] // Масла и жиры. – 2006. – № 5. – С. 10-11.
146. Камышан, Е. М. Отработанная отбельная земля – практические решения (опыт компании Sued-Chemie A.G.) / Е. М. Камышан, О. В. Пономаренко // Масложировая пром-сть. – 2005. – № 6. – С. 10-11.
147. Использование отбеливающей глины, являющейся отходом при переработке растительных масел / Г. Меченов [и др.] // Нац. науч.-техн. конф. с междунар. участием на тему : Нов. тенденции развития масложировой пром-сти, Балчик, 8-10 окт., 1987. Прогр. и тез. – София, 1987.
148. Пат. Япония, кл. D 4 (C 08 h). Способ получения асфальтовых лаков / Сивудзава Йосио, Хорио Тэ-цуитиро. – № 36850 ; заявл. 1.02.68 ; опубл. 16.09.72.
149. Использование отходов масложировой промышленности в композициях для переплетных материалов / Н. А. Бондарева [и др.] // Тез. докл. всес. науч.-техн. конф. «Повыш. техн. уровня пр-ва и качества искусств. кож и пленоч. матер. для одежды и обуви», Москва, 13-14 нояб., 1989. – М., 1989. – С. 81-82.
150. Пат. 219180 ГДР, МКИ С 05 G 1/08. Zusatzstoffe zur Erhöhung der Düngemittelkornfestigkeit / Scholz Hans P. [et al.] ; VEB Petrolchemisches Kombinat Schwedt. – № 2561940 ; заявл. 01.11.83 ; опубл. 27.02.83.
151. Галантерейная винилискожа с применением отработанных отбельных глин / А. С. Левин [и др.] // Нов. разраб. в обл. пр-ва искусств. кож. и пленоч. матер. – М., 1987. – С. 8-12.
152. Использование госсиполовой смолы и отработанной отбельной глины для подошвенных резин / Т. М. Абалихина [и др.] // Кожев.-обув. пром-сть. – 1986. – № 6. – С. 30-32.
153. Ибрагимов, А. С. Использование отработавшей отбельной глины в производстве эмульгатора / А. С. Ибрагимов, Х. И. Исаев // Масложировая пром-сть. – 1982. – № 11. – С. 40-41.
154. Wittwar, Hansjörg. Verwertung ölhaltiger Bleicherden in der Grobkeramik // Nutz. und Abprod. – Leipzig, 1976. – S. 71-75.
155. Yuki, Nakaji. Study on the preparation of heavy metal ion collector from the waste clay. The collector for an inorganic mercury ion / Nakaji Yuki, Akio Yauchi // Кораёй, Pollut. Contr. – 1974. – 9, № 4. – P. 218-224.
156. Pollard, S. J. T. The reuse of spent bleaching earth for the stabilisation/solidification of mixed waste streams / S. J. T. Pollard, C. J. Sollars, R. Perry // Environ. Technol. – 1990. – 11, № 12. – P. 1113-1122.

157. Плотникова, Р. Н. Комплексная переработка отходов масложирового производства / Р. Н. Плотникова, Н. В. Попова // Материалы 44 Отчетной научной конференции Воронежской государственной технологической академии, Воронеж, 2005. Ч. 1. – Воронеж, 2006. – С. 193-194.
158. Pankratz, E. Aufarbeitung von verbrauchten Ni-Fettkatalysatoren // Fett Wiss. Technol. – 1993. – 95, Sonder. n 1. – S. 487-490.
159. Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды: учеб. для вузов / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
160. Охрана окружающей среды: учеб. для техн. спец. вузов/ С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.; под ред. С.В. Белова. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш.шк., 1991. – 319 с.
161. Штокман Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
162. Штокман, Е.А. Вентиляция на предприятиях масложировой промышленности / Е.А. Штокман, В.А. Шилов, Е.И. Богуславский – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.
163. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: справ. изд. В 2-х ч. Ч.2 / пер. с англ.; под ред. Калверта С., Инглунда Г.М. – М.: Металлургия, 1988. – 712 с.
164. Родионов, А.И. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов: учеб. пособие / А.И. Родионов, Ю.П. Кузнецов, Г.С. Соловьев. – М.: Химия, КолосС, 2007. – 392 с.
165. Гавриленков, А.М. Оборудование для очистки воздушных выбросов и сточных вод пищевых предприятий: учеб. пособие / А.М. Гавриленков, Е.А. Рудыка. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 120 с.
166. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 1992. – 207 с.
167. Тимонин, А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.1. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.
168. Евдокимов, А.А. Краткий обзор проблем водоочистки в пищевой / А.А. Евдокимов, А.Е. Кабанюк // Масложировая пром-сть. – 1996. – №3-4. – С. 40
169. Полищук, Н.И. Водопользование на предприятиях пищевой промышленности / Н.И. Полищук. - М: Агропромиздат, 1989. – 127 с.
170. Кашина, О.В. Анализ и синтез ресурсосберегающих химико-технологических систем водного хозяйства масложировых производств: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Иваново, 2008. – 16 с.
171. Невский, А.В. Анализ и синтез водных ресурсосберегающих химико-технологических систем / А.В. Невский, В.П. Мешалкин, В.А. Шарнин; отв. ред. А.Н. Лабутин; Иван.гос.хим.-технол. ун-т. – М.: Наука, 2004. – 212 с.

172. Невский, А.В. Технология проектирования высокоэффективных ресурсосберегающих систем водопотребления промышленных предприятий / А.В. Невский, В.А. Шарнин, О.В. Кашина // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – №1-2. – С. 107-115.
173. Кашина, О.В. Экологические технологии: проектирование водосберегающей химико-технологической системы для масложирового производства / О.В. Кашина, А.В. Невский, В.А. Шарнин // Инженерная экология. – 2007. – №1. – с. 48-54.
174. Кашина О.В. Ресурсосберегающая химико-технологическая система водного хозяйства экстракционного цеха масложирового комбината / О.В. Кашина, М.В. Бушуев, А.В. Невский, В.А. Шарнин // Изв. вузов. Химия и хим. технол. – 2008. – Т. 51. – Вып. 1. – С. 98-101.
175. Кашина, О.В. Проектирование водной ресурсосберегающей системы цеха рафинации масложирового производства / О.В. Кашина, М.В. Бушуев, А.В. Невский, В.А. Шарнин // Экология и промышленность России. – 2008. – №5. – С. 15-17.
176. Надысев, В.С. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. –184 с.
177. Мачигин, В.С. Очистка сточных вод масложировой промышленности / В.С. Мачигин, Л.Н. Щербакова. – М.: ЦНИИТЭ-Ипищепром. Серия 6, МЖП. Обзорная информация. – 1979. – Вып. 4.
178. Мачигин, В.С. Очистка сточных вод масложировой промышленности / В.С. Мачигин, Л.Н. Щербакова. – М.: АгроНИИТЭИПП. Серия 20. – 1988. – Вып. 7.
179. Мачигин, В.С. Очистка сточных вод масложировой промышленности / В.С. Мачигин, Л.Н. Щербакова. // Масложировая пром-сть. – 1992. – №1. – С. 30-34.
180. Безотходная технология очистки промышленных сточных вод масложировых производств. Региональное совещание «Повышение уровня комплексного использования сырья – важнейший резерв увеличения экономической эффективности масложировой промышленности» / В.П. Жиденко [и др.]. – Краснодар, 26-27 окт. – 1989.
181. Яковлев, С.В. Современные методы очистки сточных вод, содержащих ПАВ. Обзорная информация / С.В. Яковлев. - М.: ЦБНТИ Минжилкомхоза, 1988. – 58 с.
182. Сухарев, Ю.И. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности / Ю.И. Сухарев, В.Р. Гофман, Е.В. Николаенко, Ю.В. Мотвейчук, Р.Р. Абдрашитов, А.П. Судаков // Обзорная информация. – Челябинск, 1988. – 45 с.
183. Пушкарев В.В. Очистка маслосодержащих сточных вод / В.В. Пушкарев, А.Г. Южанинов, С.К. Мэн. - М.: Металлургия, 1980. – 200 с.

184. Пазенко, Т.Я. Очистка маслоэмульсионных сточных вод / Т.Я. Пазенко, Г.И. Халтурина, И.М. Мурашев // Журн. прикл. химии. – 1982. – Т. 55. – №4. – С. 935-940.
185. Мачигин В.С., Щербакова Л.Н., Алексеев В.И. Непрерывное удаление всплывшей жиромассы при очистке жирсодержащих сточных вод / В.С. Мачигин, Л.Н. Щербакова, В.И. Алексеев // Вестн. ВНИИЖ. – 2006. – № 2.
186. Буренин, В.В. Новые конструкции фильтров для очистки и обезвреживания производственных сточных вод / В.В. Буренин // Экология и пром-сть России. – 2006. - №12. – С.12-15.
187. Характеристика жиромассы после очистки жирсодержащих сточных вод методом реагентной напорной флотации / Мачигин В.С. [и др.] // Вестн. ВНИИЖ. - 2003. - № 2.
188. Бачерикова, А. К. / Очистка масложировых стоков коагулянтами на основе гидроксосолей алюминия и железа: дис. ... канд. хим. наук / А.К. Бачерикова. – Иваново, 2000.
189. Бабенков, Е.А. Очистка воды коагулянтами / Е.А. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 357 с.
190. Ильин, В.И. Инновационные электрофлотационные технологии и оборудование для повышения эффективности и надежности работы очистных сооружений / В.И. Ильин // Экология и пром-сть России. – 2008. – №5. – С. 4-7.
191. Шакиров, Ф.Ф. Коагуляционная очистка сточных вод производства соевого молока / Ф.Ф. Шакиров, И.Г. Шайхиев, С.В. Фридланд // Экология и промышленность России. – 2007. – №4. – С. 22-23.
192. Васильева, Г.Ф. Дезодорация масел и жиров / Г.Ф. Васильева – СПб: ГИОРД, 2000. – 192 с.
193. Мачигин, В.С. Ультрафильтрация – альтернатива реагентным физико-химическим методам очистки жирсодержащих сточных вод / В.С. Мачигин // Масложировая пром-сть. – 2007. – №4. – С. 19-20.
194. Морозов, М.А. К вопросу очистки сточных вод от жиров и масел / М.А. Морозов, В.А. Кичик, А.А. Малинин // Масла и жиры. – 2004. – №4. – С. 7.
195. Технология переработки жиров / Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнена, А.И. Янова и др.; под ред. проф. Н.С. Арутюняна. – 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Пищепромиздат, 1998. – 452 с.
196. Рудник, М.И. Очистка жирсодержащих сточных вод масложировых предприятий /М.И. Рудник, О.В. Кичигин, Д.У. Семенова, Л.М. Филенко, Н.В. Сидорова, П.П. Раковский, С.А. Петик // Тез. докл. II междунар. конф. «Химия и технология жиров. Перспективы развития масложировой отрасли», Алушта, 21-25 сентяб., 2009. – Алушта, 2009. – С. 98-99.
197. Цыганов, С.П. Биологическая очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / С.П. Цыганов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 156 с.

198. Карелин, Я.А. Биохимическая очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / Я.А. Карелин, Б.Н. Репин. М.: Пищ. пром-сть, 1974. – 166 с.
199. Гавриленков, А.М. Экологическая безопасность пищевых производств / А.М. Гавриленков, С.С. Зарцына, С.Б. Зуева – СПб: ГИОРД, 2006. – 272 с.
200. Степычева, Н. В. Принципы экологии и ресурсосбережения в масложировой промышленности. Ч. 2. Охрана воздушного и водного бассейнов: учеб. пособие / Н.В. Степычева, Т.Е. Никифорова; Иван. гос. хим. – техн. ун-т; Иваново, 2004. – 96 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Часть 1. Использование вторичных материальных ресурсов масло-жировой промышленности	5
1. Создание малоотходных и реутилизационных технологических процессов и производств: эколого-экономический аспект проблемы.....	5
2. Основные принципы реутилизационных производств. Критерии количественной оценки уровня малоотходности производства.....	7
3. Экологоподобная модель структурно-функциональных связей реутилизационных технологических процессов масложирового производства.....	10
4. Термины и определения основных понятий в области вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности.....	12
5. Классификация вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности.....	14
6. Вторичные ресурсы масложировой промышленности.....	16
6.1. Подсолнечная лузга.....	18
6.2. Хлопковая шелуха.....	24
6.3. Жмыхи и шроты.....	26
6.4. Антранилат госсипола.....	52
6.5. Фосфатидные концентраты.....	54
6.6. Соапстоки.....	63
6.7. Отработанный фильтрующий порошок.....	71
6.8. Отработанные отбельные глины.....	73
6.9. Отходы дезодорации.....	77
6.10. Попутная продукция и отходы при гидрогенизации и переэтерификации растительных масел и жиров.....	78
Контрольные вопросы.....	80
Часть 2. Охрана воздушного бассейна	82
1 Термины и определения основных понятий в области охраны воздушного бассейна.....	82
2 Классификация веществ, загрязняющих атмосферу.....	84
3 Нормирование примесей атмосферы.....	86
4 Классификация средств защиты воздушного бассейна.....	89
5 Выбросы в масложировой промышленности.....	94
6 Очистка воздуха от твердых примесей.....	98
6.1. Основные свойства пылей и эффективность их улавливания.....	98
6.2. Классификация пылеулавливающего оборудования.....	100

6.3.	Оборудование для улавливания пыли сухим способом.....	102
6.4.	Оборудование для улавливания пыли мокрым способом.....	109
6.5.	Оборудование для улавливания пыли с использованием электрических методов очистки.....	111
6.6.	Пылеулавливание на маслоэкстракционных предприятиях.....	115
7	Очистка воздуха от газообразных примесей.....	127
8	Перспективные методы очистки газов в отрасли.....	131
	Контрольные вопросы.....	132
Часть 3. Охрана водного бассейна		134
1	Термины и определения основных понятий в области охраны водного бассейна.....	134
2	Назначение и использование воды.....	136
3	Организация производственного водоснабжения.....	139
3.1.	Благоустройство и эксплуатация источников водоснабжения.....	139
3.2.	Схемы использования воды.....	140
3.3.	Требования к показателям оборотной и сточной воды.....	144
3.4.	Нормирование водопотребления и водоотведения.....	147
4	Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности.....	150
4.1.	Характеристика сточных вод.....	150
4.2.	Общая характеристика методов очистки сточных вод.....	155
4.3.	Механические методы очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности.....	163
4.4.	Физико-химические методы очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности.....	170
4.5.	Биологические методы очистки сточных вод предприятий масложировой промышленности.....	189
4.6.	Обработка осадков сточных вод.....	201
4.7.	Система очистки сточных вод на ООО «Ивановский маргариновый завод».....	206
5	Нормируемые показатели промышленных стоков для сброса в водоемы.....	211
	Контрольные вопросы.....	214
	Приложение	216
	Список использованной литературы	222

Учебное издание

Макаров Сергей Васильевич

Степычева Наталья Вадимовна

Никифорова Татьяна Евгеньевна

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ
В МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 08.06.2011. Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 13,95.

Уч.-изд. л. 15,48. Тираж 100 экз. Заказ

Ивановский государственный химико-технологический университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики и финансов
ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7