

ГОРЕЛКИНА АЛЕНА КОНСТАНТИНОВНА

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПРОДУКТОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ**

Специальность 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов
и холодильных производств

Специальность 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и
функционального и специализированного назначения и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Кемерово 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КемГУ»).

- Научный консультант:** доктор технических наук, доцент
Тимощук Ирина Вадимовна
- Официальные оппоненты:** **Тихонов Сергей Леонидович,**
доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет», кафедра пищевой инженерии, заведующий
- Позняковский Валерий Михайлович,**
доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет», руководитель Научно-образовательного центра «Прикладная биотехнология и нутрициология», кафедра гигиены, профессор
- Вобликова Татьяна Владимировна,**
доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», институт сельского хозяйства и природных ресурсов, директор
- Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь

Защита состоится «16» апреля 2021 года в 16:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.088.10 при ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» по адресу: город Кемерово, бульвар Строителей, 47, 2-ая лекц. ауд., тел.: (8-3842) 39-05-37.

Отзывы на автореферат отправлять по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (<https://kemsu.ru/science/dissertation-councils/diss-212-088-10/protects/6128/>).

Автореферат разослан «__» _____ 2021 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Милентьева Ирина Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 года и ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции высокого качества.

Существующая в РФ ситуация на рынке молочного сырья определяется сезонным повышением его объема в летний период. Недостаток молока-сырья, особенно в осенне-зимний период, сдерживает развитие предприятий по переработке молока, влияет на увеличение импорта молока и молочных продуктов. Одним из возможных путей, позволяющих обеспечить полноценную сырьевую базу на протяжении всего года независимо от сезонных колебаний для молокоперерабатывающих предприятий и, следовательно, гарантировать снабжение соответствующего сегмента рынка требуемыми объемами молочной продукции является рост молокопереработки путем получения и использования сухого молочного сырья, повышения качества и биологической безопасности продуктов с использованием новых подходов усовершенствования производственных процессов в молочной отрасли. Показано, что восстановленные и рекомбинированные продукты выработанные на основе сухого молоко-сырья позволяют обеспечивать в течение года население страны важнейшим элементом питания, о чем свидетельствуют рекомендации диетологов в соответствии с принципами здорового питания и протоколами сбалансированного питания.

При выработке молочных продуктов используется вода системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, а производство с применением сухого молочного сырья предусматривает ее значительные объемы. При использовании воды, содержащей контаминанты, необходимо иметь информацию об их возможном взаимодействии с составными частями пищевого сырья и рецептурными компонентами продуктов питания, а также влияние органических контаминантов на качественные показатели и безопасность пищевых продуктов, в том числе восстановленных молочных продуктов. Изучение вероятных путей поступления контаминантов с водой предполагает поиск возможных подходов к минимизации рисков.

Вышесказанное определяет научный интерес к усовершенствованию технологических операций и режимов в водоподготовке, которые позволили бы довести качество ее до высокого уровня, что исключит влияние загрязнителей на характеристики продуктов, вырабатываемых с использованием больших объемов воды, как сырья. Актуальна также роль, отводимая изучению потребительских свойств и товароведных характеристик вырабатываемых продуктов.

Степень разработанности темы исследования. Обозначенная проблема в различные годы исследовалась российскими и зарубежными учеными: З.С. Зобковой, А.Г. Храмовым, В.Д. Харитоновым, И.А. Радаевой, Ф.А. Вышемирским, Л.А. Остроумовым, А.Г. Галстяном, Н.А. Тихомировой, Л.А.

Забодаловой, Т.И. Ивановой, М.А. Николаевой, G. Trystram, R. Chand, M. Mullan, E. Bauernfeind и др.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы заключается в научно-экспериментальном обосновании и практической реализации подходов к формированию качественных характеристик и безопасности восстановленных молочных продуктов на базе исследования влияния приоритетных контаминантов сырья – воды системы централизованного водоснабжения на качественные показатели и безопасность пищевых продуктов, комплексного изучения процесса доочистки воды и внедрения в технологическую схему производства восстановленной продукции.

Определен ряд **задач**, позволяющих реализовать поставленную цель:

- изучить влияние приоритетных органических контаминантов, периодически присутствующих в воде, на комплекс показателей качества восстановленных молочных продуктов (пищевую ценность, безопасность, физико-химические, органолептические свойства), в том числе сывороточных напитков с плодово-ягодными наполнителями;

- исследовать качество воды, подготовленной с использованием жидкого хлора и гипохлорита натрия, в течение года;

- на основе комплексного исследования (статики, кинетики и динамики) процесса адсорбции установить закономерности, особенности и механизм адсорбционного извлечения исследуемых органических веществ из водных растворов углеродными сорбентами, отличающимися природой сырья, технологией получения и физико-химическими характеристиками. Предложить метод оптимизации параметров и режимов работы сорбционной установки с использованием адсорбционных констант Дубинина–Радушкевича и кинетических параметров;

- разработать метод регенерации отработанных сорбентов, который обеспечит ресурсосбережение за счет многократного использования сорбентов в адсорбционных циклах без снижения их поглощающей способности;

- на основе экспериментальных результатов и теоретических обоснований разработать адсорбционную технологию снижения уровня контаминации воды, используемую в производстве восстановленных молочных продуктов;

- разработать технологический регламент производства восстановленных молочных продуктов на базе предложенной технологии доочистки воды системы централизованного водоснабжения от загрязнителей по критериям и системе оценок процесса адсорбции из водных сред сорбентами различной природы.

Научная концепция. В основу диссертационной работы положена рабочая концепция формирования качества восстановленных молочных продуктов, предусматривающая систематизацию теоретических и экспериментальных исследований рецептурных компонентов, технологических параметров производства и других факторов для комплексного подхода к усовершенствованию технологии производства восстановленных молочных про-

дуктов на базе адсорбционного извлечения органических контаминантов, используя закономерности и механизм массопереноса, оптимальные режимы сорбционной очистки.

Научная новизна работы. Установлено влияние контаминантов воды системы централизованного водоснабжения на состав и свойства восстановленных молочных продуктов. Доказано химическое взаимодействие ксенобиотиков с компонентами молочного сырья, снижающее качество восстановленных продуктов.

Установлено снижение количества витаминов и биологически активных веществ в плодово-ягодных наполнителях, используемых в производстве напитков, приготовленных с применением воды, содержащей токсичные контаминанты.

Предложены подходы снижения уровня загрязнения галогенорганическими контаминантами воды: замена дезинфектанта (хлора на гипохлорит натрия), рекомендации по его использованию для практического применения; адсорбционные методы для реализации на предприятиях молочной отрасли.

На основе комплексного исследования адсорбционных процессов разработана технология доочистки воды от канцерогенных контаминантов, позволяющая обеспечить качество и безопасность.

Усовершенствована технология производства восстановленных молочных продуктов на базе предложенного подхода снижения контаминантного влияния на качество и безопасность продуктов. Аппаратурно-технологическое оформление производства предусматривает отечественное оборудование.

Проведенная оценка товароведных характеристик по комплексу показателей качества (пищевая ценность, безопасность, физико-химические, органолептические свойства) напитков на основе восстановленного молочного сырья, в том числе с плодово-ягодными наполнителями, произведенных по усовершенствованной технологии очистки воды, показала повышение исследуемых характеристик в сравнении с традиционной технологией производства восстановленных молочных продуктов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретические и экспериментальные исследования по снижению уровня загрязнения галогенорганическими контаминантами воды как фактора, формирующего качественные характеристики и безопасность пищевых продуктов, определили теоретическую значимость работы.

Практическая значимость:

Предложен способ оптимизации технологических режимов адсорбционного процесса очистки воды с применением математического моделирования и подтверждением его адекватности. Разработана технология адсорбционной доочистки воды централизованной системы хозяйственно-питьевого водоснабжения с рекомендациями по ее использованию на технологические нужды для предприятий молочной промышленности, а

также с целью соответствия санитарно-гигиенических показателей воды требованиям нормативной документации ГОСТ Р 51232-98 и СанПиН 2.1.4.1074-01.

Предложена рабочая концепция формирования качества восстановленных молочных продуктов.

Разработаны и утверждены технические условия на выпуск различных видов продуктов на основе восстановленных молочных ингредиентов, с использованием доочищенной питьевой воды: ТУ 10.51.11-248-020683309-2017 «Молоко восстановленное с использованием доочищенной воды (АУ СКД-515)», ТУ 10.51.55-263-020683309-2018 «Фруктово-сывороточные напитки на основе восстановленной молочной сыворотки с использованием доочищенной воды (АУ АГ-ОВ-1), «Напиток Банановый»», ТУ 10.51.55-270-020683309-2020 «Фруктово-сывороточные напитки на основе восстановленной молочной сыворотки в ассортименте».

Предложено аппаратное оформление технологических линий производства жидких молочных продуктов из восстановленного сухого сырья.

Проведены производственные испытания предложенной технологии доочистки воды и внедрены в производство технологии сывороточных напитков на ОАО «Золотая Сова» (г. Кемерово), выработаны опытные партии фруктово-сывороточного напитка с банановой сокодержательной основой в размере 1т на НПО «Здоровое питание» (г. Кемерово), произведена производственная выработка фруктово-сывороточного напитка и внедрена в производство на предприятиях ООО «Бавария» и ООО «Молочный Край» (г. Кемерово).

Результаты научно-исследовательской работы используются при организации учебно-исследовательской работы обучающихся, по различным направлениям в ИИТ и ТИПП ФГБОУ ВО «КемГУ».

Методология и методы исследования. В основу диссертационной работы положена методология, интегрирующая подходы к формированию качественных характеристик продуктов питания с использованием перспективных технологий и других факторов (Н.И. Донченко, Т.И. Иванова, М.А. Николаева). Решение поставленных задач было достигнуто при использовании различных физико-химических методов, среди которых хроматография, термобариметрия, потенциометрия; спектроскопия в различных областях электромагнитного спектра; порометрический анализ (для характеристики углеродных материалов), в том числе методы исследования молока и молочных продуктов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Влияние основных галогенорганических контаминантов, образующихся на стадии хлорирования при водоподготовке, на кинетику восстановления сухого молоко-сырья и качественные показатели восстановленных молочных продуктов.

2. Химизм взаимодействия контаминантов воды с компонентами сухого молочного сырья и рецептурными компонентами восстановленных сыровоточных напитков.

3. Пути снижения влияния контаминантов воды на качество восстановленных молочных продуктов на этапе водоподготовки и восстановления сухого молочного сырья, основанные на адсорбционной технологии. Критерии оптимизации процесса доочистки на основе математической модели и способы регенерации отработанных сорбентов.

4. Усовершенствованная технология производства восстановленных молочных продуктов путем снижения контаминантного влияния галогенорганических соединений.

5. Оценка показателей, характеризующих качество и безопасность готовых молочных продуктов, произведенных из сухого молочного сырья по предложенной технологии, включающей этап доочистки воды.

Степень достоверности и апробация результатов. Приводимые в диссертации положения основаны на фундаментальных основах физической, органической и неорганической химии. Достоверность и обоснованность экспериментальных исследований, научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются применением фундаментальных уравнений, описывающих сорбционные процессы, использованием современных методов анализа и аттестованных метрологической службой измерительных приборов, статистической обработкой данных и результатами промышленных испытаний.

Материалы диссертации докладывались и обсуждены на Международных конференциях, конгрессах и форумах, в т.ч. XI Международная научно-практическая конференция «Технологии очистки воды» (Новочеркасск, 2018), XIII International scientific and practical Conference «Cutting-edge science – 2018» (England, 2018), XIV International scientific and practical conference «Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2018» (Przemysl, Poland, 2018), XIII International scientific and practical Conference «News of science and education» (Sheffield, England, 2018), XIV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a vznik – 2018» (Praha, Česko, 2018), XV International scientific and practical conference «Science and civilization – 2019» (Sheffield, England, 2019), «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2019), «Динамика и современная наука – 2019» (София, 2019), «Пищевые инновации и биотехнологии – 2020» (Кемерово, 2020).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 50 работ: 1 монография, 25 статей, в том числе: 19 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 11 статей в международных изданиях, входящих в наукометрические базы данных Web of Science и Scopus (QII), 1 патент РФ.

Структура и объем диссертационной работы. Структура диссертации обусловлена целью и задачами исследования и включает: введение, семь глав, в том числе обзор литературных источников, результаты исследований,

выводы, библиографический список (362 наименования) и приложения. Основной текст изложен на 340 страницах. Диссертация содержит 58 таблиц и 144 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована необходимость обеспечения безопасности как основного принципа формирования качества и сохранения пищевой ценности восстановленных молочных продуктов.

Глава 1. Аналитический обзор проблемы обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов. Приведен анализ проблематики обусловленной сезонностью сырьевой базы, качеством и биологической безопасностью продукции молочной отрасли. Рассмотрено значение молочных продуктов в структуре питания, целесообразность использования сухого молочного сырья и проблемы производства восстановленных молочных продуктов. Приведены основные пути контаминации восстановленных молочных продуктов. Рассмотрено восстановление молока и молочных продуктов с учетом свойств воды – как одного из основных рецептурных компонентов. Проанализированы некоторые способы поступления контаминантов в поверхностные водоемы и их действие на организм человека. Обозначены пути снижения содержания приоритетных загрязнителей в воде на предприятиях пищевой отрасли.

Анализ работ опубликованных по теме исследований дал основание считать исследования в выбранном направлении актуальными, имеющими новизну, обоснованную теоретическую и практическую значимость, позволил определить цель и задачи для ее осуществления.

Глава 2. Организация эксперимента, объекты и методы исследований. Экспериментальные исследования проводились на базе кафедры «Техносферная безопасность», аккредитованной лаборатории НИИ «Бионанотехнологии» ФБГОУ ВО «Кемеровский государственный университет», а также на базе аккредитованной лаборатории ОАО «КемВод» (г. Кемерово).

Отдельные этапы работы выполнены в рамках задания № 19.4713.2017/8.9 по теме "Разработка и применение адсорбционных процессов в технологии подготовки воды для производства пищевых продуктов в целях профилактики онкологических заболеваний". Основные исследовательские этапы представлены в виде схемы, которая отражает их взаимосвязь. Схема представлена на рисунке 1.

На первом этапе определена рабочая концепция формирования качества восстановленных молочных продуктов, основанная на факторной модели производственного процесса и показано влияние галогенорганических загрязнителей, фиксируемых с определенной периодичностью в исходной воде а также являющихся результатом водоподготовки, на восстановление сухого молочного сырья и ряда компонентов, предусмотренных рецептурой, в продуктах, выработанных на основе молочных консервов; влияние на различные качественные показатели фруктовых и ягодных концентратов; устойчивость

витаминов С и группы В, как в процессе выработки, так и при хранении продукта.

На втором – проведены исследования на предмет ухудшения органолептических, физико-химических, микробиологических показателей при выработке продуктов из сухого молочного сырья с использованием воды, содержащей загрязнители и их влияние на кинетику процесса восстановления молочных консервов.

На третьем – приведены практические аспекты совершенствования водоподготовительного процесса:

– исследована возможность изменения концентрации галогенорганических соединений, образующихся при водоподготовке, в зависимости от выбранного типа дезинфектанта.

– проведен комплекс исследований, позволяющих разработать технологию водоочистки, основанную на адсорбционных процессах, направленную на получение воды высокого качества. Представлены способы регенерации, позволяющие использовать углеродные сорбенты после восстановления адсорбционной емкости и при этом обеспечивать ресурсосбережение.

На четвертом этапе на основании результатов комплексных теоретических и экспериментальных исследований разработана технология доочистки воды хозяйственно-питьевого водоснабжения, рекомендованная для предприятий молочной отрасли.

На пятом этапе представлена технология и аппаратное оформление процесса производства восстановленных молочных продуктов, в том числе фруктово-сывороточных напитков, которая дополнена этапом доочистки воды.

На шестом этапе приведена сравнительная оценка качества питьевой воды, подготовленной по классической технологии и с применением адсорбционной доочистки. Приведены результаты исследований восстановленных молочных продуктов, произведенных с использованием доочищенной питьевой воды.

На седьмом этапе разработана нормативная документация, осуществлена реализация предлагаемых технологий в производствах. Результаты исследований внедрены в образовательный процесс.

На разных этапах исследований **объектами** являлись следующие пищевые ингредиенты и сырье: отдельные рецептурные компоненты молочных сухих смесей, модельные растворы напитков, выполненные по рецептуре; вкусоформирующие наполнители, приготовленные из фруктовых и ягодных концентратов при использовании в качестве растворителя воды доочищенной и содержащей органические загрязнители; растворы, моделирующие состав воды в различные сезоны; восстановленное молоко 3,5%-ной жирности, сливки 10%-ной жирности, сывороточные напитки, приготовленные с использованием доочищенной питьевой воды.

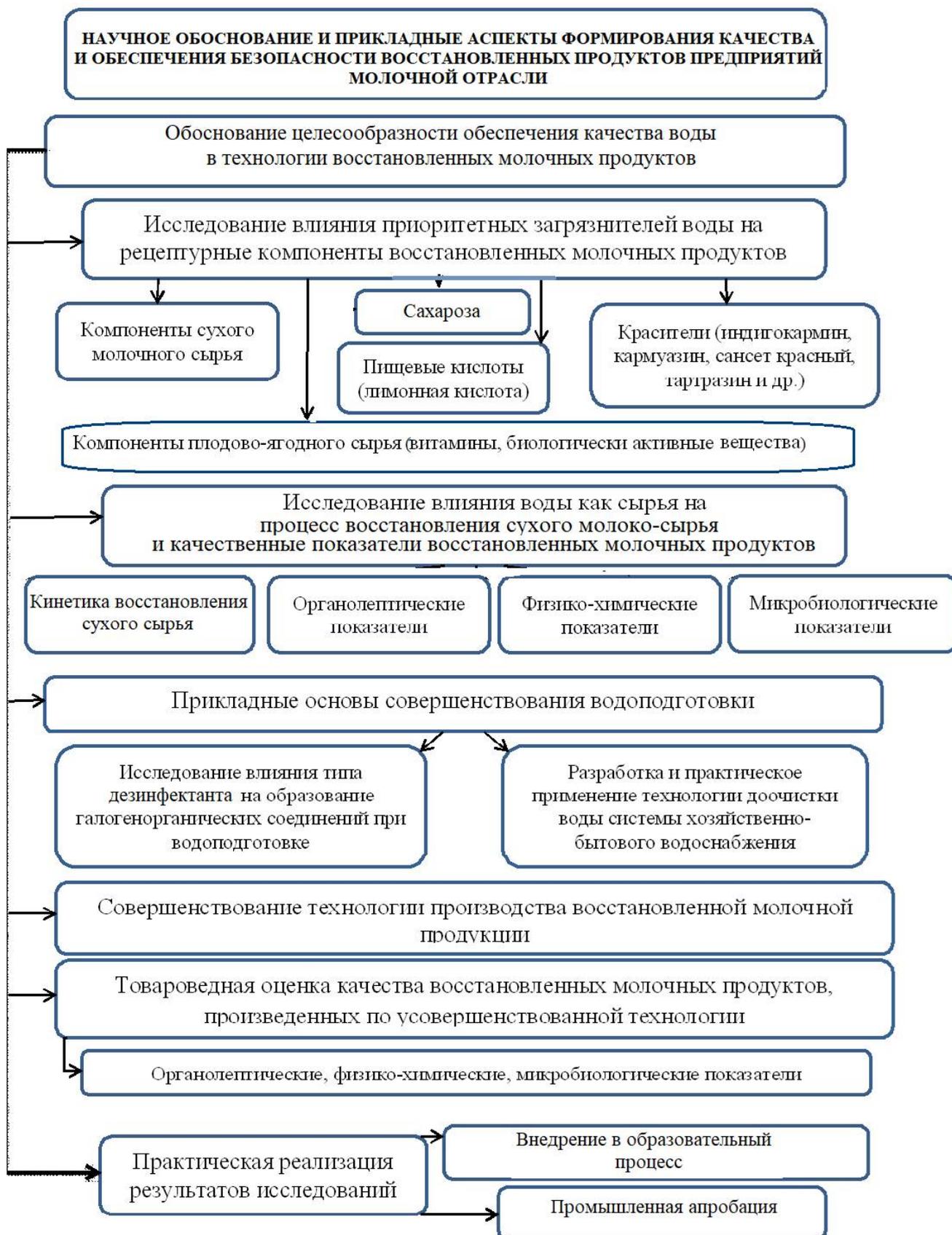


Рисунок 1 – Общая схема проведения исследований

Глава 3. Обоснование целесообразности обеспечения качества воды в технологии восстановленных молочных продуктов

Согласно данным отчетов Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ: Государственный доклад» за 2012–2019 года количество поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, составило 32,72–35,20%, подземных источников - 14,23–15,44% (табл. 1). Соотношение проб, отобранных из распределительной сети централизованного водоснабжения и не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в течение 2012–2019 гг. составило 12,38–16,68% (рис.2).

Таблица 1 – Соотношение источников водоснабжения для централизованных систем в РФ, не отвечающих нормативам, предусмотренных СанПиН (%)

Источники водоснабжения	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Темп прироста к 2012г.,%
Все источники, в том числе	15,75	15,81	15,66	15,67	15,27	15,18	14,59	14,94	-5,27↓
поверхностные	34,97	34,97	35,21	33,91	33,13	32,71	32,72	35,09	+0,29↑
подземные	15,39	15,44	15,28	15,30	14,93	14,82	14,23	14,54	-5,52↓

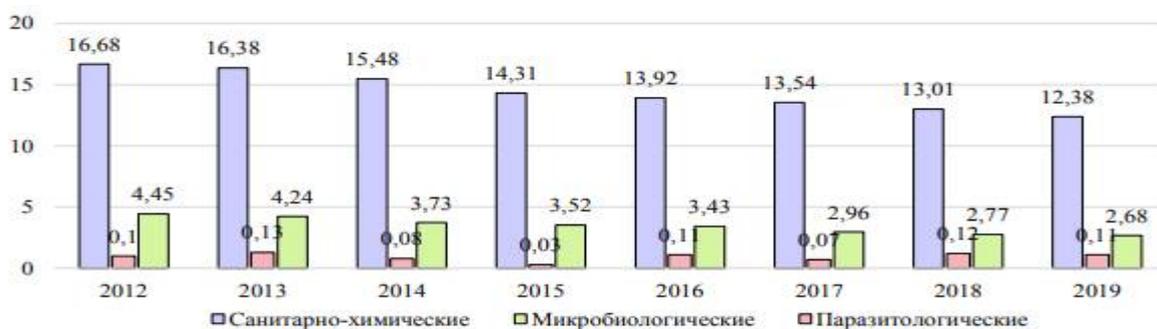


Рисунок 2 - Доля (%) проб воды из распределительной сети централизованного водоснабжения в РФ, не отвечающих нормативам, предусмотренных СанПиН

Согласно данным отчетов Министерства природных ресурсов и экологии Кузбасса анализ проб воды, отобранных из водных источников, относящихся к первой категории в 2019 году, показал, что четверть проб не отвечают гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям (таблица 2).

По сравнению с 2018 годом качество воды в реке Томь осталось на прежнем уровне. Вода имеет характеристики – класс качества 3 «А», то есть «загрязненная». Санитарно-химические показатели, не соответствующие нормам, зарегистрированы у 32,7% проб, отобранных из водных источников, в регионе в 2019 году. При этом пробы воды из поверхностных водоемов – 24,1 %, подземные воды – 36,8 % (таблица 3). Характерными загрязнителями р. Томи являются нефть и продукты ее переработки, фенолы, Fe – общее, в

отдельных створах – азотистые соединения, органические соединения, тяжелые металлы, их среднегодовые концентрации в р.Томь представлены на рисунке 3. Природное состояние подземных вод Кемеровской области – Кузбасса – характеризуется повышенным содержанием Fe, Mn, сернистого водорода, солей жесткости, – т.е. характерным для всего Сибирского региона примесям.

Таблица 2 – Количество образцов воды из водоемов 1-й категории в Кузбассе, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям, за четыре года, %

Показатель	Период				Динамика к 2018г.
	2016	2017	2018	2019	
Доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, %	36,7	52,1	29,1	25,0	↓
Доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, %	36,7	47,2	48,1	45,0	↓
Доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по паразитологическим показателям, %	0	0	0	0	=

Источник: данные Управления Федеральной Службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кузбассу

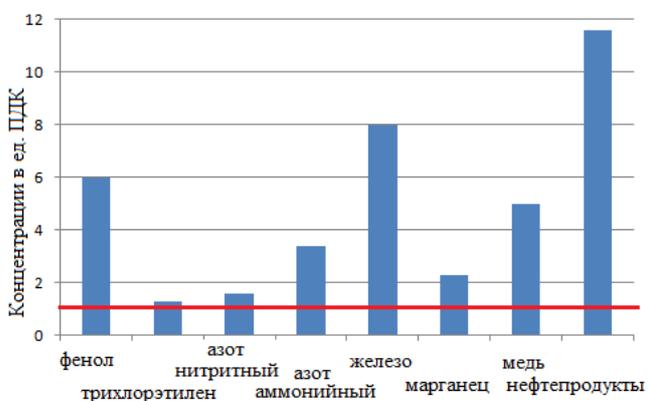


Рисунок 3 – Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в р.Томь

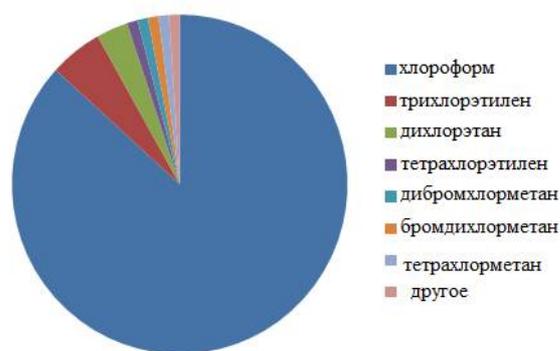


Рисунок 4 – Доля тригалогенметанов в питьевой воде

Галогенорганические вещества, являющиеся продуктом взаимодействия загрязнителей воды и реагентов-дезинфектантов, содержащих хлор, присутствующие в воде системы централизованного водоснабжения, в последнее время все больше вызывают интерес исследователей. Особенно отчетливо это прослеживается на примере хлороформа (CHCl_3) (индикатора содержания в воде продуктов хлорирования), что связано с неблагоприятным влиянием ТГМ на здоровье населения, в том числе по эпидемиологии случаев рака (рисунок 4).

Таблица 3 – Доля источников водоснабжения для централизованных систем из открытых водоемов и подземных вод Кузбасса, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим, микробиологическим и паразитологическим показателям, за три года (%)

Показатели	Подземные источники централизованного водоснабжения				Поверхностные источники централизованного водоснабжения			
	2017	2018	2019	Изменения к 2018 г.	2017	2018	2019	Изменения к 2018 г.
Доля проб воды источников централизованного водоснабжения, не соответствующих нормативам по санитарно-химическим показателям, %	24,4	32,9	36,8	↓	52,1	28,7	24,1	↓
Доля проб воды источников централизованного водоснабжения, не соответствующих нормативам по микробиологическим показателям, %	4,0	4,0	3,2	↓	49,3	50,1	47,9	↓
Доля проб воды источников централизованного водоснабжения, не соответствующих нормативам по паразитологическим показателям, %	0	0	0	=	0	0	0	=

Источник: данные Управления Федеральной Службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кузбассу

В то же время нельзя исключать возможность влияния галогенорганических соединений, присутствующих в воде, на технологический процесс производства пищевых продуктов, а также санитарно-гигиенические показатели и биологическую безопасность готовой продукции. В связи с этим возникает необходимость устранения из воды побочных продуктов хлорирования.

Одним из возможных путей снижения содержания галогенорганических соединений может быть замена газообразного хлора другими Cl-содержащими дезинфектантами в процессе водоподготовки. Однако к кардинальному решению данной проблемы можно отнести очистку воды методом адсорбции, который показал себя перспективным в случае кондиционирования малоконцентрированных растворов.

Исследование влияния галогенорганических соединений питьевой воды на восстановление сухого молочного сырья. На процесс восстановления оказывает влияние как качество сырья, так и качество воды в роли растворителя. Полнота и скорость растворения – аспекты, позволяющие оценить это влияние.

Согласно полученным результатам, присутствие в воде как растворителе галогенорганических контаминантов (в концентрациях близких к ПДК) не оказывает заметного влияния на значения показателей, характеризующих растворимость сухих молочных продуктов (таблица 4,5).

Таблица 4 – Продолжительность растворения сухого цельного молока (СЦМ) и сухой молочной сыворотки (СМС) (при температуре 20 °С)

Вода, используемая для восстановления молоко-сырья	Продолжительность рас- творения, мин	
	СЦМ	СМС
Вода доочищенная	3,6± 0,1	3,2± 0,1
Вода содержащая хлороформ/трихлорэтилен 1,5/1ПДК	3,62± 0,1	3,21±0,1
Вода содержащая хлороформ/трихлорэтилен 2/1,5ПДК	3,68±0,1	3,2± 0,1

Таблица 5 - Показатели растворимости сухих молочных продуктов

Вода, используемая для восстановления молоко-сырья	Степень растворения, %		Индекс растворимости, см ³	
	Цельное молоко	Молочная сыворотка	Цельное молоко	Молочная сыворотка
Вода доочищенная	97,3±0,02	97,5±0,02	0,1±0,02	0,7±0,02
Вода, содержащая хлороформ / трихлорэ- тилен 1,5/1ПДК	97,29±0,02	97,5±0,02	0,1±0,02	0,7±0,02
Вода, содержащая хлороформ / трихлорэтилен 2/1,5ПДК	97,27±0,02	97,4±0,02	0,1±0,02	0,7±0,02

Увеличение концентрации хлороформа в воде может вызвать частичную коагуляцию мицелл казеина, за счет разрушения гидратной оболочки белка, что приведет к понижению его устойчивости. Дихлорацетилхлорид, образующийся из трихлорэтилена (трилена) при его разложении в присутствии растворенного в воде кислорода, способен вступать в реакции нуклеофильного присоединения с различными аминами с образованием амидной связи, что вероятно может отразиться на устойчивости казеиновых мицелл.

Согласно теоретическим предположкам, химическое взаимодействие исследуемых галогенорганических загрязнителей с нутриентами молока описывается химическими реакциями, на примере реакции фосфолипидов (лецитина) и хлороформа, представленной на рисунке 5, компонентов белков – аминокислот (лейцина) и трихлорэтилена – на рисунке 6.

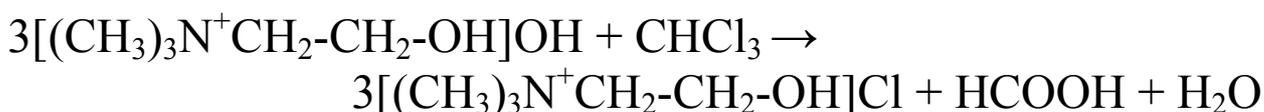


Рисунок 5 – Уравнение реакции CHCl_3 с фосфолипидами (на примере лецитина)

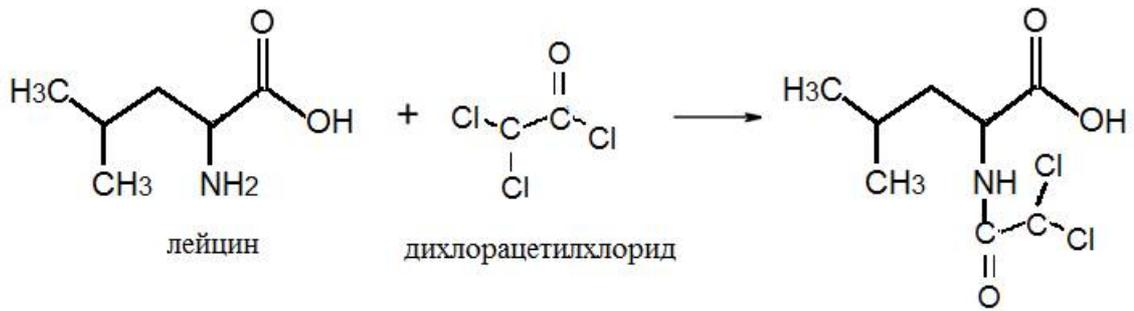


Рисунок 6 – Уравнение реакции дихлорацетилхлорида с аминокислотами белка (на примере лейцина)

Трилен подвержен разложению под влиянием кислорода, растворенного в воде с образованием дихлорацетилхлорида, который в свою очередь подвергаясь гидролизу в водной фазе переходит в дихлоруксусную кислоту (рисунок 7). Взаимодействие лактозы и трихлорэтилена, представлено на рисунке 8.

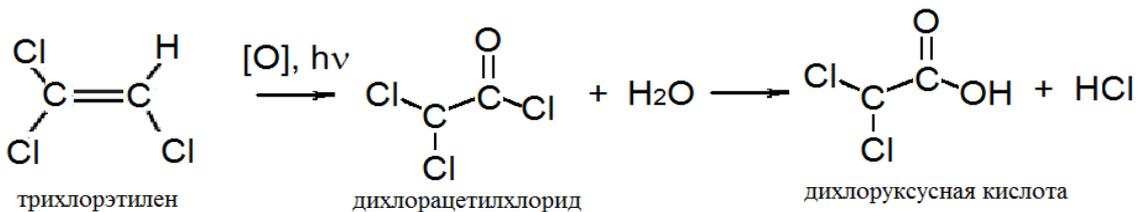


Рисунок 7- Преобразование трихлорэтилена в присутствии кислорода

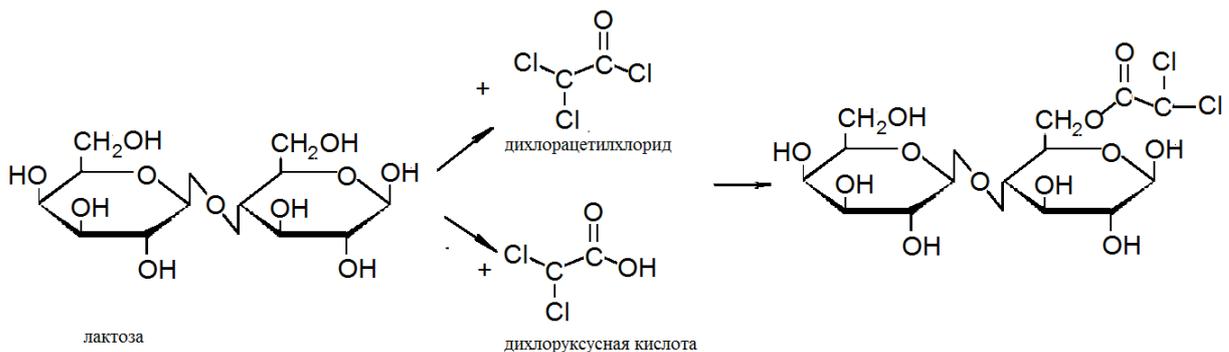


Рисунок 8 – Уравнение реакции трихлорэтилена с лактозой

Исследовано качество восстановленных молока и сливок, с использованием воды, содержащей хлорсодержащие загрязнители (таблицы 6–8). Фиксируется аптечный запах (характерный для хлорорганических загрязнителей) в исследуемых продуктах при повышении концентрации CHCl_3 в воде, применяемой для восстановления сухого сырья, отмечен более ощутимый запах в молоке, по сравнению со сливками (рисунок 9 – 10).

Таблица 6 - Физико-химические показатели восстановленного молока (3,5%)

Показатели	Содержание хлороформа / трихлорэтилена в воде, используемой для восстановления, мг/дм ³		
	1,5 / 0,5 ПДК	3 / 1 ПДК	5 / 1,5 ПДК
лактоза, %	4,85±0,10	4,85±0,10	4,70±0,10
белок, %	2,85±0,05	2,85±0,05	2,75±0,05
минеральные вещества	0,70±0,1	0,70±0,1	0,70±0,1
СОМО	8,4±0,10	8,4±0,10	8,15±0,10
жир, %	3,50±0,10	3,45±0,10	3,40±0,10
сухие вещества, %	11,90±0,1	11,85±0,1	11,55±0,1
pH	6,70	6,70	6,70
Плотность, кг/м ³	1027,0±0,05	1027,±0,05	1026,6±0,05

Таблица 7 - Физико-химические показатели восстановленных сливок (10%)

Показатели	Содержание хлороформа / трихлорэтилена в воде, используемой для восстановления, мг/дм ³		
	1,5 / 0,5 ПДК	3 / 1 ПДК	5 / 1,5 ПДК
лактоза, %	4,00±0,10	4,00±0,10	3,90±0,10
белок, %	3,00±0,05	2,95±0,05	2,90±0,05
минеральные вещества	0,70±0,10	0,70±0,10	0,70±0,10
СОМО	7,70±0,10	7,65±0,10	7,50±0,10
жир, %	10,00±10	9,95±0,10	9,90±0,10
сухие вещества, %	17,70±0,10	17,65±0,10	17,40±0,10
pH	6,65	6,65	6,65
Плотность, кг/м ³	1020,0±0,05	1020,0±0,05	1019,3±0,05

Таблица 8 - Изменение титруемой кислотности восстановленных продуктов в процессе хранения

Продукт	Продолжительность хранения, ч	Титруемая кислотность, °Т продуктов, восстановленных водой, содержащей органические загрязнители: хлороформ/трихлорэтилен в различных концентрациях			
		0	1,5 / 0,5 ПДК	2 / 1 ПДК	3 / 2 ПДК
Молоко	3	18,0	18,1	18,1	18,2
	12	19,0	19,2	19,2	19,3
	24	20,0	20,0	20,1	20,2
	48	21,3	21,0	21,7	22,0
	72	22,0	23,0	23,4	24,0
Сливки	3	17,0	17,0	17,0	17,1
	12	18,0	18,3	18,4	18,4
	24	19,1	19,2	19,4	19,6
	48	20,0	20,4	20,5	20,6
	72	21,2	21,4	21,6	21,9

Показатель	баллы	Характеристика
Вкус	4-5	Характерный молочный
	2-3	Молочный с посторонним привкусом
	0-1	Нехарактерный: кислый, прогорклый
Цвет	4-5	Белый с незначительным кремовым оттенком
	2-3	Желтоватый
	0-1	Нетипичный
Консистенция	4-5	Однородная
	0-3	Неоднородная
Запах	4-5	Типичный молочный
	2-3	Молочный с посторонними запахами
	0-1	Нетипичный, тухлый

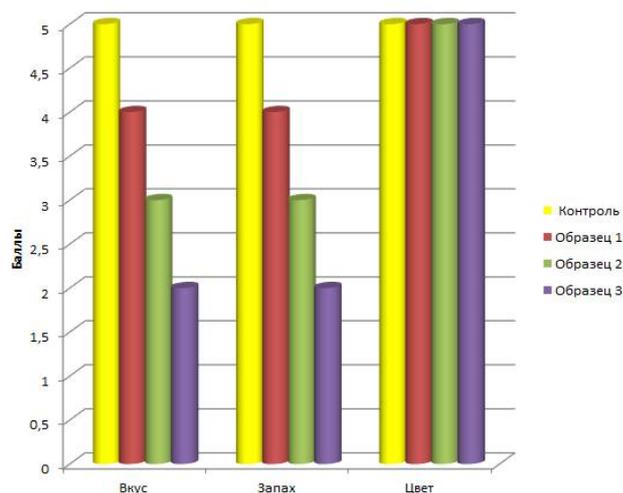


Рисунок 9 – Органолептические показатели молока, восстановленного водой без контаминантов (контроль) и содержащей трихлорэтилен (образец 1), дихлорэтан (образец 2), хлороформ (образец 3)

Показатель	баллы	Характеристика
Вкус	4-5	Характерный молочной сыворотке, кисловатый
	2-3	Характерный молочной сыворотке с посторонним привкусом
	0-1	Нехарактерный: кислый, прогорклый
Цвет	4-5	Бледно-зеленый
	2-3	Незначительное отклонения в цвете
	0-1	Нетипичный
Консистенция	4-5	Однородная
	0-3	Неоднородная
Запах	4-5	Свойственный молочной сыворотке
	2-3	Свойственный молочной сыворотке с посторонними запахами
	0-1	Нетипичный, тухлый

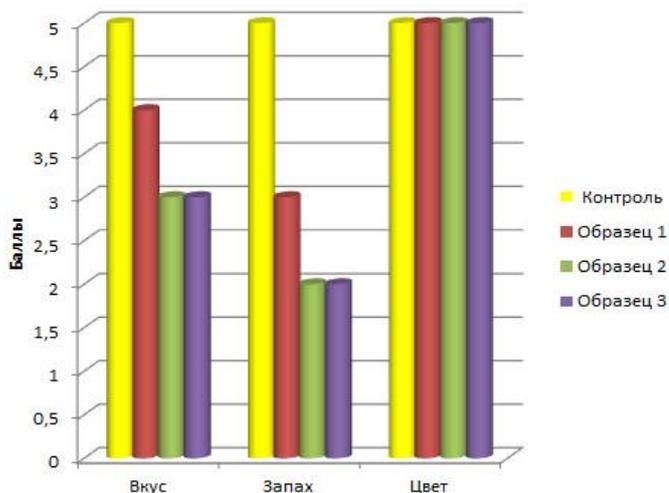


Рисунок 10 - Органолептические показатели молочной сыворотки, восстановленной водой без контаминантов (контроль) и содержащей трихлорэтилен (образец 1), дихлорэтан (образец 2), хлороформ (образец 3)

Анализ результатов исследований указывает на необходимость улучшить качество воды системы централизованного водоснабжения для предприятий молочной отрасли путем дополнительной очистки от галогенорганических загрязнителей.

Исследование влияния галогенорганических соединений в питьевой воде на показатели качества восстановленных сывороточных продуктов. Примером для исследований в качестве молочного сырья служила сухая сыворотка. На основе ее восстановления и рецептурных компонентов (натуральные фруктово-ягодные концентраты, натриевая соль бензойной кислоты (E211), сахароза, лимонная кислота, ванилин, синтетические красители (индигодин (E132), азорубин (E122), сансет красный (E110), бриллиантовый

синий (E133), «зеленое яблоко» (R100) и другие) вырабатывали готовые продукты различных видовых подгрупп.

Сухую сыворотку молочную деминерализованную (ГОСТ 56833-2015) восстанавливали водой, содержащей приоритетные органические загрязнители, и изучали химическое влияние их на состояние и свойства отдельных составных частей сыворотки. Выдержку объекта исследования осуществляли в течение 12 суток.

Исследование изменения составных частей сыворотки в присутствии загрязнителей позволило установить, что все органические контаминанты воды в концентрациях, превышающих ПДК в 1,5 раза, кроме хлороформа (образец 4), взаимодействуют с белками и лактозой сыворотки, что, следовательно приводит к снижению их содержания. В присутствии трихлорэтилена (образец 2) и дихлорэтана (образец 3) в концентрациях, превышающих ПДК, содержание лактозы снижается в среднем на треть, белков на 10 % (таблица 9). Результаты исследований подтверждают теоретические положения о возможности химического взаимодействия приоритетных загрязнителей воды с белками (рисунок 6) и лактозой (рисунок 8).

Таблица 9 – Изменение содержания составных частей восстановленной сыворотки в период хранения

Сыворотка, восстановленная водой, содержащей галогенорганические загрязнители	Химический состав, % (средний)	Продолжительность хранения, ч				
		0	24	96	168	288
1. Контроль, (вода очищенная от органических загрязнителей)	Белок	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Лактоза	4,2	4,16	4,12	4,08	4,05
	Сухие в-ва	6,80	6,76	6,71	6,68	6,65
2. Образец 2	Белок	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Лактоза	3,10	3,12	3,08	3,08	3,05
	Сух.в-ва	5,6	5,62	5,58	5,58	5,55
3. Образец 3	Белок	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Лактоза	3,05	3,0	3,0	2,95	2,95
	Сух. в-ва	5,55	5,50	5,50	5,45	5,45
4. Образец 4	Белок	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Лактоза	4,2	4,13	4,11	4,07	4,05
	Сух.в-ва	6,80	6,73	6,71	6,67	6,65

Исследование содержания витаминов восстановленной сыворотки в присутствии загрязнителей позволило установить снижение их концентрации, что, вероятно, обусловлено химическим взаимодействием витаминов с приоритетными загрязнителями (триленом и дихлорэтаном) воды, используемой при восстановлении сыворотки (рисунок 11). Данное заключение теоретически подтверждается химическими реакциями на примере витамина В₆ (пиридоксин) (рисунок 12).

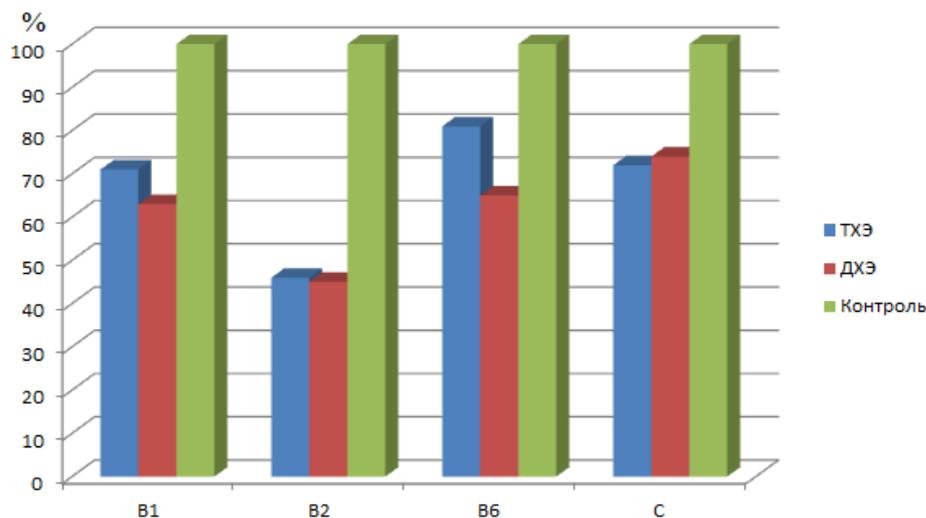


Рисунок 11 – Изменение содержания витаминов в сыворотке, восстановленной с использованием воды с галогенорганическими соединениями

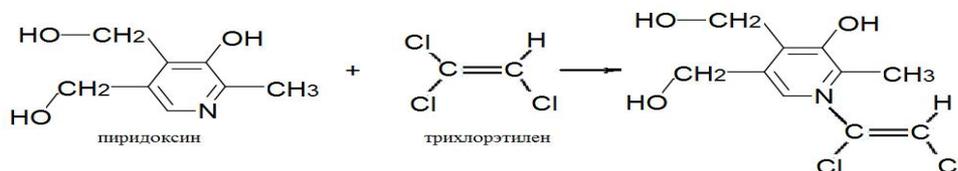


Рисунок 12 – Уравнение химической реакции витамина В₆ с приоритетными загрязнителями воды

Модельные растворы плодово-ягодных наполнителей готовили из концентратов с использованием воды, содержащей органические контаминанты с концентрацией (10 ПДК), не превышающей максимальных значений в водопроводной воде летнего периода года (июнь – август). Наблюдения за изменениями показателей химического состава и свойств экспериментальных образцов проводили в течение 20 суток.

Существует вероятность взаимодействия витаминов в плодово-ягодных концентратах с органическими примесями воды, используемой для их восстановления. Данное предположение нашло подтверждение при исследовании на содержание витаминов группы В и С изучаемых образцов. В таблице 12 приведены данные по содержанию витаминов в контрольных образцах восстановленных концентратов, полученных на основе воды без органических примесей.

На рисунке 13 показано влияние воды с галогенорганическими загрязнителями на изменение количества витаминов В₁, В₂, В₄, С по отношению к контрольным образцам (таблица 12) в восстановленных плодово-ягодных наполнителях.

Состав красящих веществ в плодово-ягодных концентратах, обуславливающих высокую пищевую ценность, антиоксидантные свойства и хорошие вкусовые качества, используемых для производства наполнителей, приведен в таблице 13.

Таблица 12 – Содержание витаминов в плодово-ягодных наполнителях (контроль)

Наименование плодово-ягодного наполнителя	Содержание витаминов в плодово-ягодных растворах, мг/100г							
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B _c (B ₉)	C
Черносмородиновый	0,003	0,004	0,28	10	0,4	0,4	0,005	195
Вишневый	0,03	0,03	0,4	6	0,08	0,054	0,0058	15
Малиновый	0,02	0,05	0,9	12	0,08	0,07	0,037	25
Клубничный	0,04	0,067	0,3	-	0,18	0,06	0,15	110
Облепиховый	0,05	0,18	0,26	21	0,19	0,65	0,008	450
Апельсиновый	0,04	0,03	0,3	8	0,3	0,06	0,005	32
Яблочный	0,028	0,03	0,3	3	0,066	0,075	0,002	13

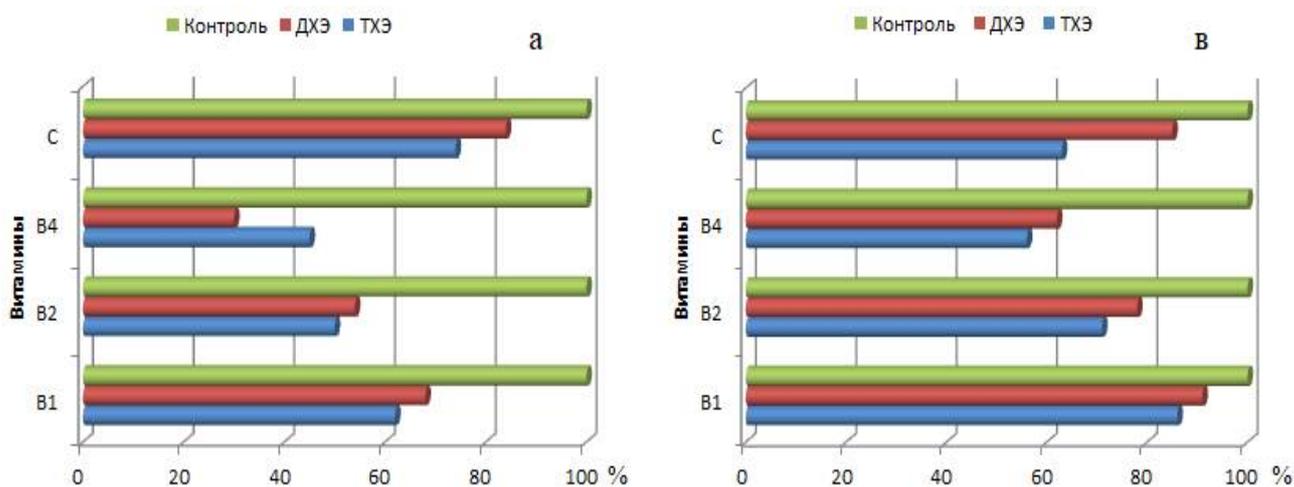


Рисунок 13 – Содержание витаминов в плодово-ягодных наполнителях, полученных на основе воды с дихлорэтаном (ДХЭ), трихлорэтиленом (ТХЭ): а – яблочный; б – вишневый

Таблица 13 - Содержание красящих веществ в плодово-ягодных концентратах (контроль)

Наименование концентрата	Красящие БАВ, мг/100г	
	Флавоноиды (антоцианы, катехины, лейкоантоцианы)	Каротин (провитамин А)
Вишневый	760	0,1-0,3
Черносмородиновый	110	0,173
Облепиховый	930	11
Малиновый	1000	1
Яблочный	500	1,1-15
Клубничный	1700	0,03-0,08
Апельсиновый	75	12

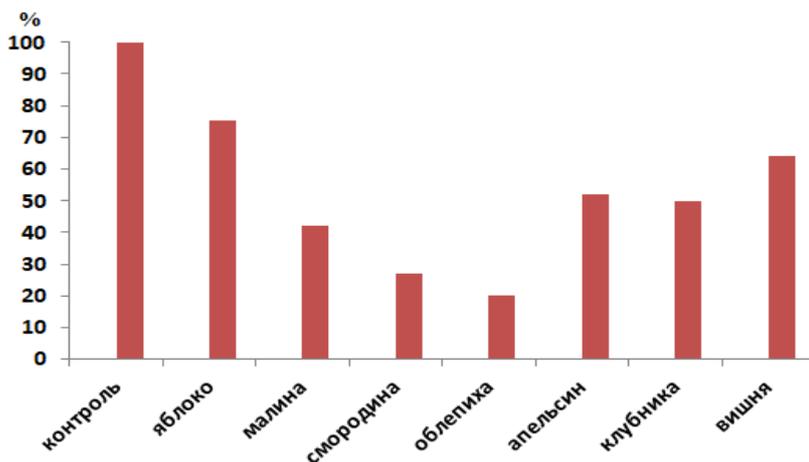


Рисунок 14 –
Изменение содержания красящих БАВ (флавоноиды, каротин) в плодово-ягодных наполнителях в присутствии трилена в воде

На рисунке 14 приведено изменение суммарного содержания красящих БАВ в присутствии ТХЭ в изучаемых наполнителях.

Максимальное снижение интенсивности окраски в водных растворах наполнителей в присутствии дихлорэтана отмечено для вишневого и яблочного наполнителей (при контрольном содержании – 100%).

В производстве многокомпонентных рецептурных продуктов используются ингредиенты немолочного происхождения (сахароза, лимонная кислота, красители и т.д.). Способ внесения отдельных из них предполагает приготовление растворов. Такой подход в технологии дает основание предположить возможное взаимодействие указанных видов ароматических веществ с органическими примесями воды. Исследования проводили не только в регламентированный период хранения, но и с учетом коэффициента запаса годности.

Установлено, что все галогенорганические загрязнители, кроме CHCl_3 , взаимодействуют с сахарозой (таблица 14), в процессе выдержки в течение 20 дней количество сахарозы снизилось до 90% в присутствии трихлорэтилена и до 66,66 % в присутствии дихлорэтана относительно контрольных значений в отсутствие контаминантов.

Таблица 14 – Влияние хлорсодержащих загрязнителей воды на изменение содержание сахарозы в процессе хранения водных растворов

Продолжительность хранения, ч	Содержание сахарозы в водных растворах, абс. %			
	контроль (без загрязнителей)	хлороформ	трихлорэтилен	дихлорэтан
24	100	100	98,33	96,66
72	100	100	95	90
120	100	100	93,33	83,33
168	100	100	91,66	73,33
240	100	100	90	66,66
360	100	100	90	66,66
480	100	100	90	66,66

Также отмечено взаимодействие лимонной кислоты (регулятора кислотности) с органическими загрязнителями воды при растворении, и снижение ее количества, этот факт следует учитывать при составлении рецептуры с коррекцией в сторону увеличения.

Установлено, что уменьшение концентрации лимонной кислоты отмечено в присутствии галогенорганики (таблица 15), в то же время CHCl_3 в исследуемых концентрациях не оказывает влияния.

Таблица 15 – Влияние хлорсодержащих загрязнителей воды на изменение содержания лимонной кислоты в водных растворах

продолжительность хранения, ч	Содержание лимонной кислоты в водных растворах, абс. %			
	контроль (без загрязнителей)	хлороформ	трихлорэтилен	дихлорэтан
24	100	100	89,47	84,21
72	100	100	73,68	68,42
120	100	100	70	63,15
168	100	100	68,42	63,15
240	100	100	68,42	63,15
360	100	100	68,42	63,15
480	100	100	68,42	63,15

Искусственные красители, применяемые в производстве напитков, бриллиантовый синий (E133), кармуазин (E122), сансет желтый (E110), коричневый шоколад (R240), тартразин (E102), понсо 4R (E 124), зеленое яблоко (R100) вносятся в виде водного раствора согласно СанПиН 2.3.2.1293-03. Установлено, что галогенорганические загрязнители не влияют на интенсивность окраски экспериментальных образцов, поскольку содержание красителей не изменилось за весь период исследований.

Глава 4. Разработка и практическое применение технологии доочистки воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения

Изучение влияния типа дезинфектанта на уровень образования галогенорганических соединений. С целью выяснения влияния типа дезинфектанта и сезонного изменения содержания органических и минеральных веществ в речной воде на качество питьевой воды было проведено сравнительное исследование изменения содержания галогенорганических соединений в воде, обработанной газообразным хлором и гипохлоритом натрия в течение года.

Вода, прошедшая очистку, содержала галогенорганические соединения (хлороформ, трилен), их состав оставался практически постоянным от одного этапа очистки к другому и не зависел от реализуемой технологии. При этом ни в исходной воде, ни в воде, прошедшей водоподготовку, дихлорэтан не обнаружен.

Установлено, что сезонный период года не определяет органоминеральный состав речной воды, концентрация галогенорганических соединений в

питьевой воде ниже (на четверть) при обработке гипохлоритом натрия в качестве дезинфектанта (рисунок 15), что позволяет рекомендовать его для практического применения.

Снижение содержания галогенсодержащих органических соединений при использовании гипохлорита натрия очевидно обусловлено ингибирующим действием иона натрия, образующегося при гидролизе гипохлорита натрия.

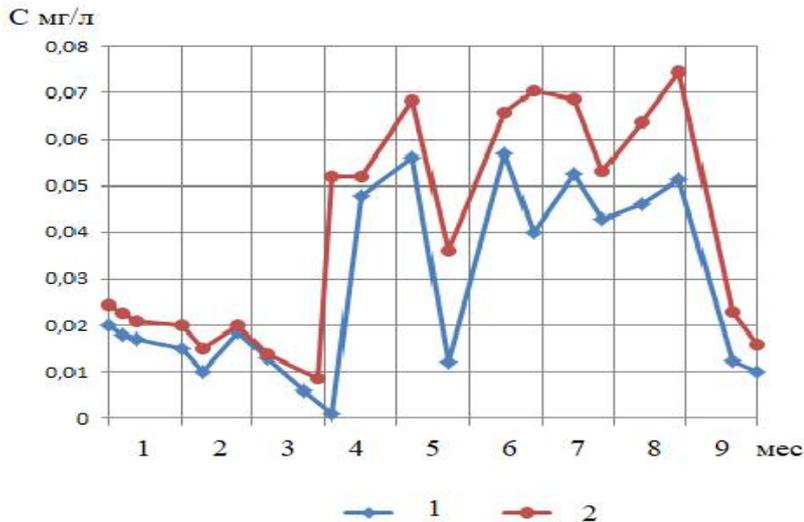


Рисунок 15 – Изменение содержания хлороформа в пробках воды при использовании на стадии обеззараживания различных реагентов в исследуемый период: 1 дезинфектант – гипохлорит натрия; 2 дезинфектант – жидкий хлор

В то же время, периодически в течение летних месяцев (июнь–август) содержание хлороформа и трилена выше нормативных значения ПДК этих веществ в воде системы хозяйственно-питьевого водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1074-01), что диктует необходимость разработки технологии доочистки воды от галогенорганических соединений.

Разработка теоретических основ адсорбционной доочистки воды от органических контаминантов. В комплексное изучение адсорбционного процесса входят этапы, являющиеся обязательными для создания эффективных адсорбционных технологий: статика, кинетика и динамика сорбционного извлечения галогенорганических веществ сорбционными материалами, имеющими отличие в способе получения технических характеристиках, исследования структуры и химического состояния поверхности углеродных материалов.

Анализ питьевой воды, подготовленной по классической технологии с использованием в качестве дезинфектантов хлорсодержащих реагентов, в течение года показал, что преобладающим контаминантом в смеси галогенорганических соединений является хлороформ. Кроме того, значения трихлорэтилена периодически (март–август) превышают нормативные показатели. Соотношение хлороформа и трихлорэтилена в зависимости от сезона года изменяется, а усредненное годовое соотношение этих веществ равно 70 : 1.

Опираясь на результаты исследований адсорбционного извлечения для индивидуальных водных растворов хлороформа (ХФ) и трихлорэтилена (таблица 16), установлены механизм, закономерности и особенности поглощения. Отмечено, что наиболее эффективными как к хлороформу, так и к

трихлорэтилену являются углеродные сорбенты марок СКД-515, АГ-ОВ-1 и АГ-3 (рисунок 16), что дает основание рекомендовать их в качестве сорбентов для последующих исследований и использования в практике.

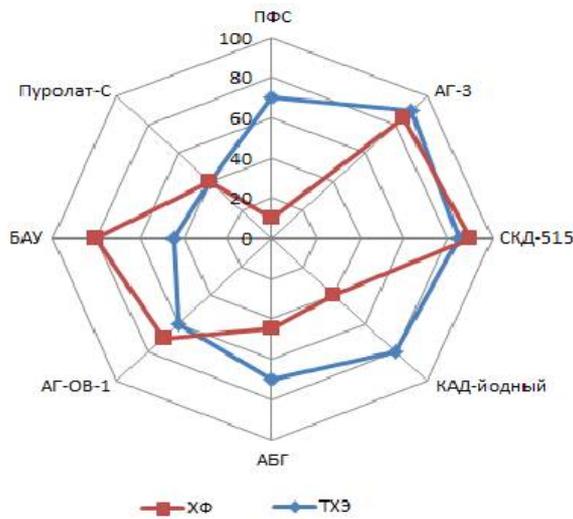


Рисунок 16 а – Адсорбционная способность сорбентов по отношению к ТХЭ и ХФ

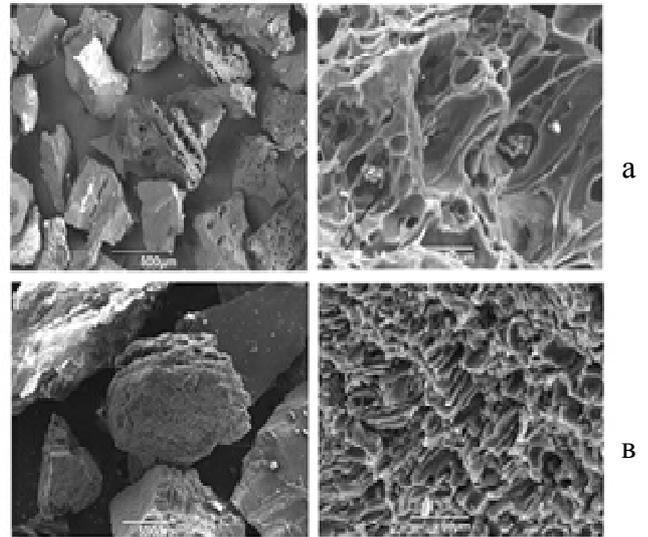


Рисунок 16 б – Изображения пористой структуры активных углей марок а) АГ-3, в) СКД-515

Полученные результаты исследования адсорбционного извлечения в статических условиях при различном исходном содержании и различных соотношениях компонентов (ХФ и ТХЭ) дали возможность сделать ряд заключений: изотермы адсорбционного извлечения хлороформа характеризуются как изотермы типа L (используя классификатор Гильса), форма кривой говорит о том, что извлечение CHCl_3 осуществляется посредством дисперсионного взаимодействия (физическая природа процесса), протекает в доступных по размеру порах с радиусом около 0,60 нм (обусловлено размером молекулы CHCl_3 0,64 нм) и извлечению хлороформа сопутствует практически полное вытеснение молекул воды из пор сорбента; изотермы адсорбционного извлечения трилена зависят от доли компонентов, при извлечении из монораствора и из бинарного раствора при пропорции хлороформа к трилену, как 20:1, соответственно, изотерма адсорбции имеет вогнутую форму (S тип по классификатору Гильса), но при увеличении в растворе хлороформа (в пропорции 70:1) и последующем снижении содержания извлекаемых веществ в смеси, извлечение трилена описывается изотермой типа L. Очевидно, что хлороформ блокирует поверхность сорбента и снижает эффект отталкивания трилена, повышая доступ его в микропоры. Вероятно, кроме того происходит растворение трилена в хлороформе, что возможно и отражается в изменении формы изотермы адсорбции трилена. Механизм адсорбционного извлечения соединений из водной фазы углеродными сорбентами в условиях кинетики имеет смешанно-диффузионный принцип. Было установлено, что внешнедиффузионный массоперенос является лимитирующей стадией сорбционного извлечения для изучаемой системы (сорбент – водная фаза – CHCl_3 – $\text{CCl}_2\text{-CHCl}$).

Таблица 16 – Адсорбционное извлечение загрязнителей из индивидуальных водных растворов в статических условиях

Загрязнители	Механизм, закономерности, особенности извлечения	Изотермы адсорбции на сорбентах марок: 1-СКД-515, 2-КАУ, 3- БАУ, 4 – АГ-3
Трихлорэтилен (трилен)	<p>Адсорбционное извлечение ТХЭ происходит по большей части в мезопорах и представляет совокупность нескольких факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> *неспецифического взаимодействия с доступным графеновым слоем и отталкивания атомов хлора и трилена; полярными КФГ поверхности углеродного материала. Электростатическое отталкивание от КФГ и поглощенных молекул воды, служит помехой при проникновении молекул ТХЭ в соответствующие по размеру поры; *химического взаимодействия ТХЭ и его окисленной формы, образованной реакцией с поверхностью сорбентов. Трилен вступает в химическую реакцию с полиароматическими системами и сложными эфирами. 	
Хлороформ	<p>Адсорбционное извлечение ХФ происходит в соответствующих по размеру порах с радиусом около 0,60 нм и протекает при практически полном вытеснении воды, имеет физический характер за счет Ван-дер-Ваальсовых сил. Неоспоримым механизмом адсорбционного извлечения хлороформа является дисперсионное взаимодействие; ХФ, не имеющий групп, способных вступать в связь с поверхностными функциональными группами сорбента, поглощается только порами. А также прослеживается четкая зависимость извлечения от структуры сорбента.</p>	

Исходя из данных по адсорбционному извлечению компонентов, содержащихся в растворе, в кинетических условиях определили коэффициенты внешнего массопереноса.

Исследование динамики адсорбции позволили установить влияние основных факторов: природы активных углей, высоты насыпного слоя, скорости потока раствора на эффективность адсорбции трихлорэтилена.

Экспериментальный выбор режимов работы промышленной адсорбционной колонны связан со значительными затратами времени.

Моделирование процесса позволяет использовать выбранную модель, основанную на применении уравнения внешнедиффузионного адсорбционного извлечения в случае линейной изотермы, для расчета параметрических характеристик адсорбера и эффективных режимов его эксплуатации в промышленности, сократив время и экономические затраты необходимые для экспериментальных исследований, тем самым решив задачи оптимизации процесса очистки. Исследования динамики адсорбции смеси хлороформа и трихлорэтилена показали, что из колонки первым с проскоковой концентрацией в водной фазе выходит хлороформ (в пропорциях компонентов, соответствующих реальным), это определяет возможность проводить моделирование по веществу, имеющему более высокую концентрацию (доминирующему) в исходном растворе.

Выбор адекватной математической модели основан на сопоставлении экспериментально полученной кривой с кривыми, рассчитанными с использованием выражения, описывающего внешнедиффузионную динамику адсорбции.

На рисунке 17 представлены выходные кривые адсорбционного извлечения хлороформа из водного раствора в присутствии трихлорэтилена при непрерывном режиме работы колонны, заполненной активным углем марки АГ-3; на рассчитанные с использованием выражения, описывающего внешнедиффузионную динамику адсорбционного извлечения (для случая линейной изотермы), на выходные кривые нанесены точки, полученные в результате эксперимента; их совпадение свидетельствует о высокой степени корреляции, и дает основание считать адекватной выбранную математическую модель с учетом принятых допущений и применимости ее для оптимизации параметров адсорбера и режимов его работы.

Основные характеристики адсорбции в условиях непрерывного процесса были получены на основе моделирования и приведены в таблице 17. Выбор параметров адсорбера и режима работы производился с учетом отраслевого потребления.

Проведена оценка эффективности различных термических методов регенерации активных углей (АУ) после извлечения смеси ТХЭ и ХФ и установлено, что наиболее эффективным является нагрев до 150°C потоком воздуха. Применение данного метода на протяжении 10 циклов повторения сорбция – регенерация позволило восстанавливать адсорбционную емкость до 72% к окончанию десятого цикла (рисунок 18).

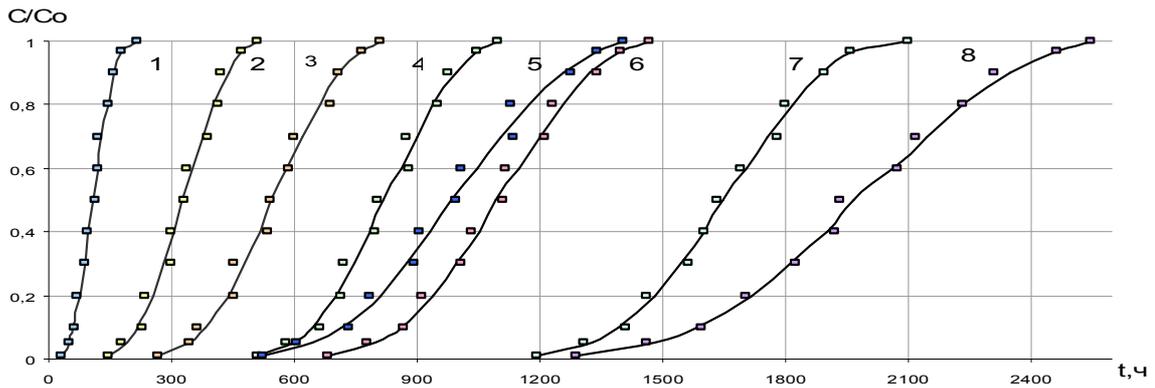


Рисунок 17 – Выходные динамические кривые адсорбционного извлечения CHCl_3 из системы «сорбент - CHCl_3 - $\text{CCl}_2=\text{CHCl}$ – вода» для плотного слоя загрузки сорбентом СКД-515 (точками обозначены данные, полученные в результате эксперимента) при следующих параметрах (v – скорость перемещения жидкости, h – высота углеродного слоя): $C_0(\text{CHCl}_3)=0,025$ мг/л: 1- $v=2,5$ м/ч, $h=2,5$ м; 2- $v=2,5$ м/ч, $h=1$ м; 3- $v=2,5$ м/ч, $h=2$ м; 4- $v=5$ м/ч, $h=2$ м; 5- $v=5$ м/ч, $h=2,5$ м; 6- $v=8$ м/ч, $h=2$ м; 7- $v=2,5$ м/ч, $h=3$ м; 8- $v=5$ м/ч, $h=3$ м

Таблица 17 – Динамические характеристики адсорбционной очистки при разных параметрах колонны и режимах работы

Скорость фильтрации, м/ч	Длина адсорбционного слоя, м	Площадь фильтра, м ²	Длина неиспользованного слоя, м	Коэффициент защитного действия	Продолжительность работы слоя загрузки до проскока, сут	Объем воды, очищенной до проскока, м ³
2	1	1	0,0442	1567,167	1497,813	3133,29
3	1	1	0,0542	1044,778	988,0875	3133,28
5	1	1	0,0701	626,8667	582,8816	3133,27
2	1,5	1	0,0549	1567,167	2265,889	4699,95
3	1,5	1	0,0663	1044,778	1497,813	4699,94
5	1,5	1	0,0858	626,8667	886,5018	4699,92
2	2	2	0,062	1567,167	3036,401	12533,2
3	2	1	0,0768	1044,778	2009,527	6266,6
5	2	1	0,0990	626,8667	1191,665	6266,58
2	3	1	0,0761	1567,167	4581,642	9399,93
3	3	2	0,0935	1044,778	3036,401	18799,8
5	3	3	0,1211	626,8667	1804,66	28199,6



Рисунок 18 – Восстановление адсорбционных свойств АУ марки СКД-515 при 10 циклах сорбция – регенерация: 1–после хлороформа, 2–после трихлорэтилена

Данные экспериментов дают основание рекомендовать для восстановления сорбционной емкости углеродных сорбентов после адсорбционного извлечения ХФ и ТХЭ регенерацию потоком воздуха, прогретым до 150°C.

Теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать алгоритм (рисунок 19) получения ряда критериев процесса сорбционного извлечения, являющихся основой для разработки адсорбционной технологии доочистки воды, положенной в основу формирования безопасности и повышения качества воды и продуктов, производимых на ее основе.

Аппаратурное оформление адсорбционной доочистки воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Практическое применение разработанной технологии адсорбционной доочистки предусматривает соединение адсорберов последовательно в цепи, состоящей из трех колонн. Вода, подаваемая на доочистку проходит через две колонны (последовательно), одна колонна всегда находится в режиме регенерации адсорбента. Замена моно адсорбера на тройные блоки позволяет увеличить количество очищаемой воды в 1,3 – 1,7 раз.

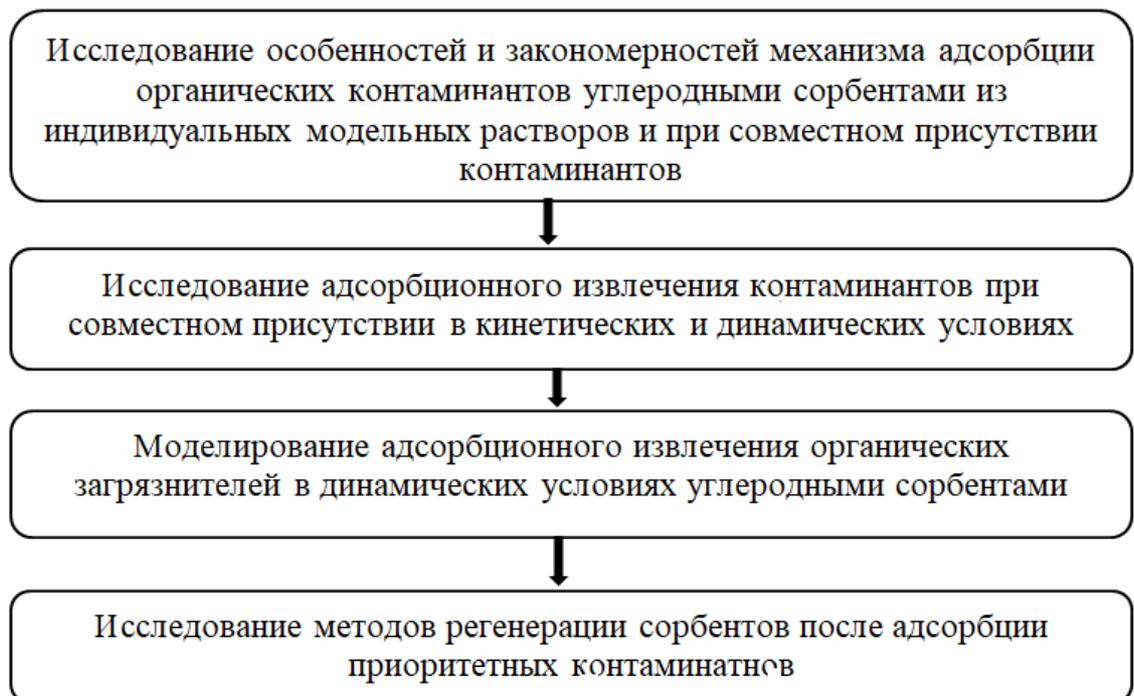


Рисунок 19 – Алгоритм получения основных критериев адсорбционного процесса

Принцип работы адсорбционной установки сводится к фильтрованию жидкой фазы через неподвижный слой адсорбента (плотный слой дробленого или гранулированного активного угля) до проскока в фильтрат извлекаемых веществ (рисунок 20).

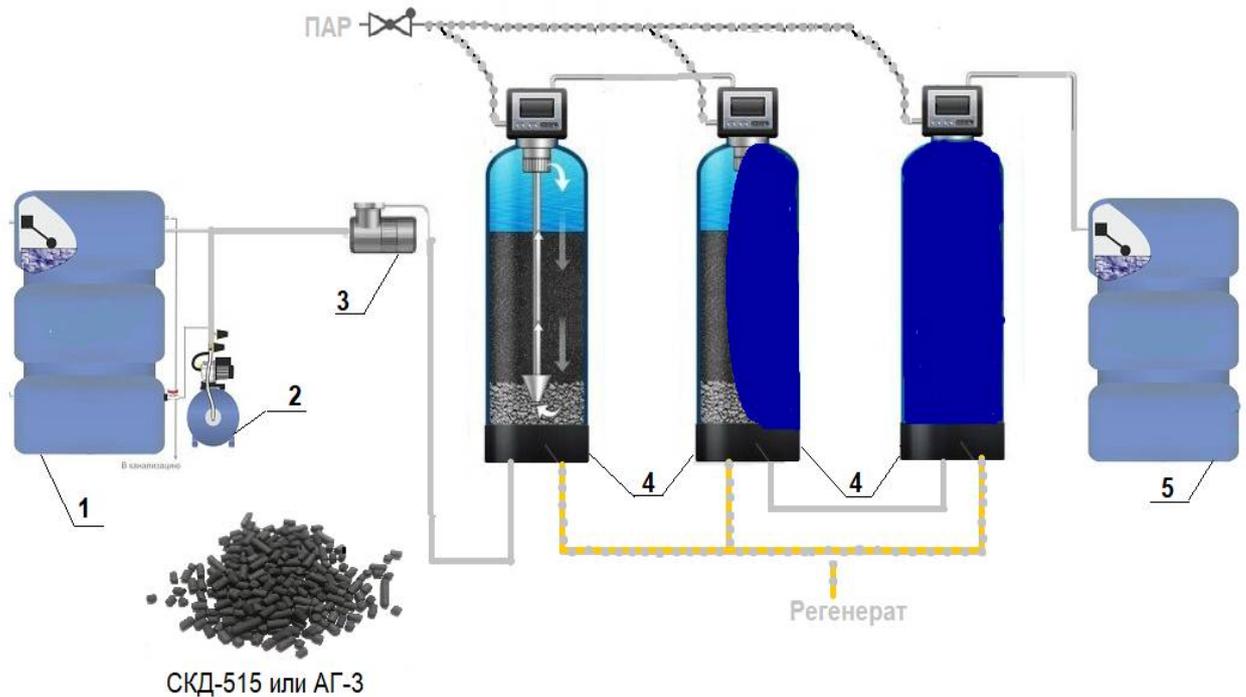


Рисунок 20 – Схема непрерывной адсорбционной установки: 1 – усреднитель; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – адсорберы (фильтровальные колонны); 5 – резервуар

Разработанная технология предполагает использование стандартного отечественного оборудования. Комплексные теоретические и экспериментальные исследования позволяют утверждать, что в зависимости от отраслевого водопотребления адсорбционная колонна будет работать до 5 лет без регенерации.

Вода, подготовленная по классической технологии, имеет недостатки, заключающиеся в том, что существует вероятность образования опасных токсикантов в процессе водоподготовки. Разработка новой системы адсорбционной доочистки значительно повышает качество и безопасность воды.

В питьевой воде, подготовленной по классической технологии, зафиксировано ухудшение органолептических свойств в весенне-летний период. Так, в этой воде цветность была по периодам года 6° , 13° и 11° (при норме 20°), в то время как после адсорбции этот показатель равен 0° , запах зафиксирован на уровне от 1 до 3 баллов (при норме 2 балла) при балльной оценке 0 в воде после адсорбционной доочистки. Таким образом, в соответствии с требованиями санитарных норм вода, прошедшая адсорбционную доочистку по предлагаемой технологии, полностью отвечает СанПиН 2.1.4.1074-01 как по органолептическим показателям, как и по токсикологическим показателям безопасности, при этом для полученной по классической технологии воды, отмечено ухудшение этих показателей (таблица 18). В отношении микробиологических показателей, таких как термотолерантные колиформные бактерии, общие колиформные бактерии, ОМЧ, все образцы воды соответствуют полностью требуемым нормативам.

Таблица 18 – Показатели безопасности химического состава очищенной питьевой воды

Показатели	Норматив по законодательству, мг/дм ³	Содержание загрязнителей после очистки воды			
		Традиционный способ			Адсорбционный
		март	апрель-май	июнь-август	март-август
Хлороформ	0,060	0,5 ПДК	1,2 ПДК	1,9 ПДК	следы
Трихлорэтилен	0,005	1,35 ПДК	1,4 ПДК	1,8 ПДК	следы

Глава 5. Разработка технологии производства восстановленных молочных продуктов на базе адсорбционной доочистки воды, как фактора формирования качества и безопасности

Отсутствие системы прослеживаемости контаминации на этапе введения воды в технологический процесс обуславливает необходимость в условиях реального производства, внедрение стадии доочистки воды в технологическую схему, тем самым обеспечив безопасность вырабатываемой продукции. Для решения данной задачи на основе исследований адсорбционного процесса его параметров и режимов было предложено дополнить аппаратно-технологическую схему производства молочных продуктов адсорбционной установкой.

По совокупности полученных результатов усовершенствована технология восстановленных молочных продуктов посредством внедрения технологии доочистки воды, на технологические нужды, разработанной на базе адсорбционных процессов (рисунок 21). Несмотря на разнообразие видов молочных продуктов из восстановленного сырья, начальная стадия будет единой в технологической схеме производства и на типовом оборудовании.

Изготовление продукции на основе различного вида переработки восстановленного молоко-сырья, в том числе и сыворотки, должно осуществляться из сырья, соответствующего требованиям к показателям безопасности, установленным ФЗ-88, ТРТС-033. В связи с этим сухие продукты принимаются в соответствии с требованиями: молоко цельное высшего сорта по ГОСТ Р 52791-2007, ГОСТ 33629-2015, молоко обезжиренное сухое распылительной сушки по ГОСТ 10970-87, сливки сухие по ГОСТ 33922-2016, сыворотка молочная сухая по ГОСТ 33958-2016. Сухое сырье предварительно восстанавливается, с использованием воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения с контролем в соответствии с требованиями действующих стандартов ГОСТ Р 51232-98, СанПиН 2.1.4.1074-01. При выработке молока пастеризованного различной жирности, нежирного, сывороточных напитков расчет нормализованной смеси ведется по рецептурам, где масса воды питьевой составляет от 900 до 770 кг на 1 т.

Для повышения качества используемой на технологические нужды воды, рекомендуется локальная доочистка воды на адсорбционных аппаратах: высота загрузки сорбента 1 – 1,5 м. Скорость перемещения водной фазы принята 1 – 8 м/ч. Движение очищаемой воды через плотный слой сорбента осуществляется в направлении – сверху вниз.

Сухое молоко-сырье растворяют при температуре воды 38–42 °С, крупнодисперсные, не растворившиеся частицы удаляют на металлических ситах (ячейки диаметром около 0,03 см) затем сырье охлаждается и направляется в резервуар, где выдерживается 3–4 часа, с целью более полного растворения и набухания белков, достижения требуемой плотности.

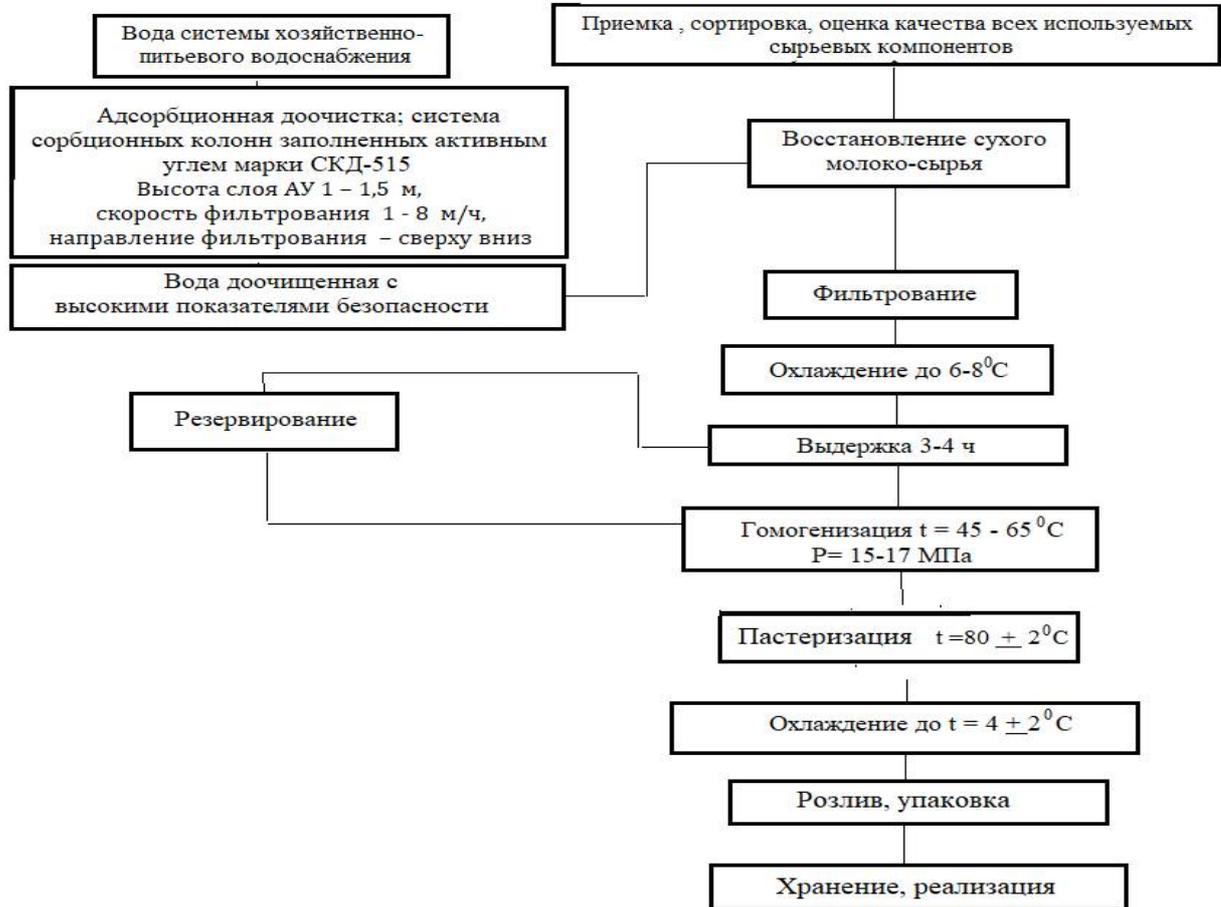


Рисунок 21 – Блок – схема производства молочных и сывороточных напитков из восстановленного сырья с доочисткой питьевой воды

Состав полученного молока проверяется и в случае необходимости проводится нормализация. Проводится тепловая и механическая обработка при оптимальных режимах. При производстве напитков в охлажденное восстановленное сырье вносятся фруктово-ягодные наполнители с последующим доохлаждением, розливом, упаковкой (рисунок 22).

Предложенная блок-схема взята за основу при усовершенствовании технологии производства ФСН, технологическая схема производства представлена на рисунке 23. Вода системы централизованного водоснабжения **п**, подаваемая на доочистку, поступает на адсорберы (2*) со следующими параметрами: диаметр 3 м и высота плотного неподвижного слоя 4 м (сорбента марки СКД-515 или АГ-3), в последовательном соединении. В емкость 1 подается вода **п***, очищенная на адсорбционных установках и СМС **а**, после восстановления с помощью насоса 2 (молочный полуфабрикат **а***) фильтруется 3. После молочного фильтра восстановленная сыворотка **б**, подается в емкость 4, для формирования напитка с заданными характеристиками.

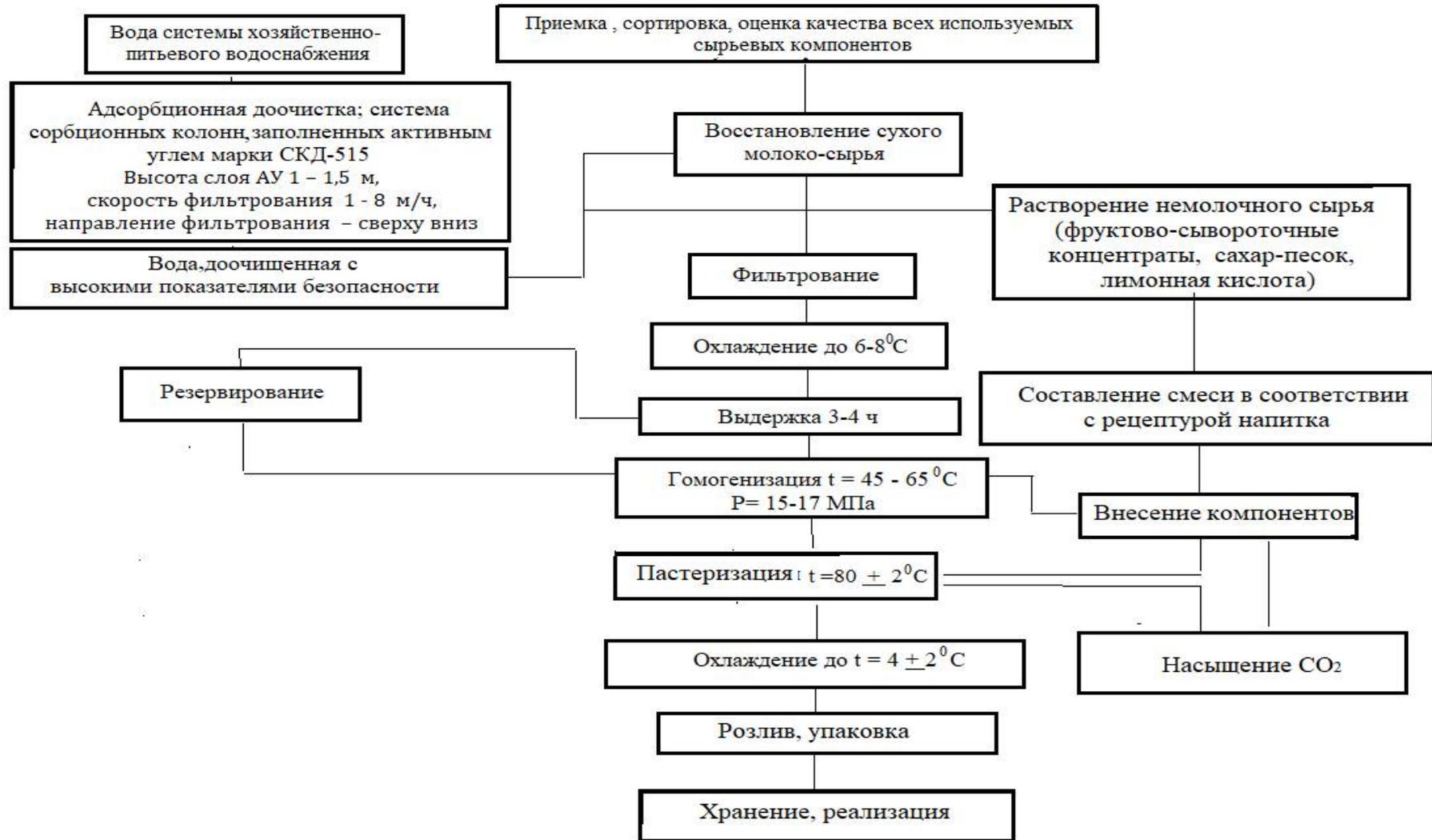


Рисунок 22 – Блок - схема производства ассортимента сывороточных напитков из восстановленного сырья с доочисткой питьевой воды

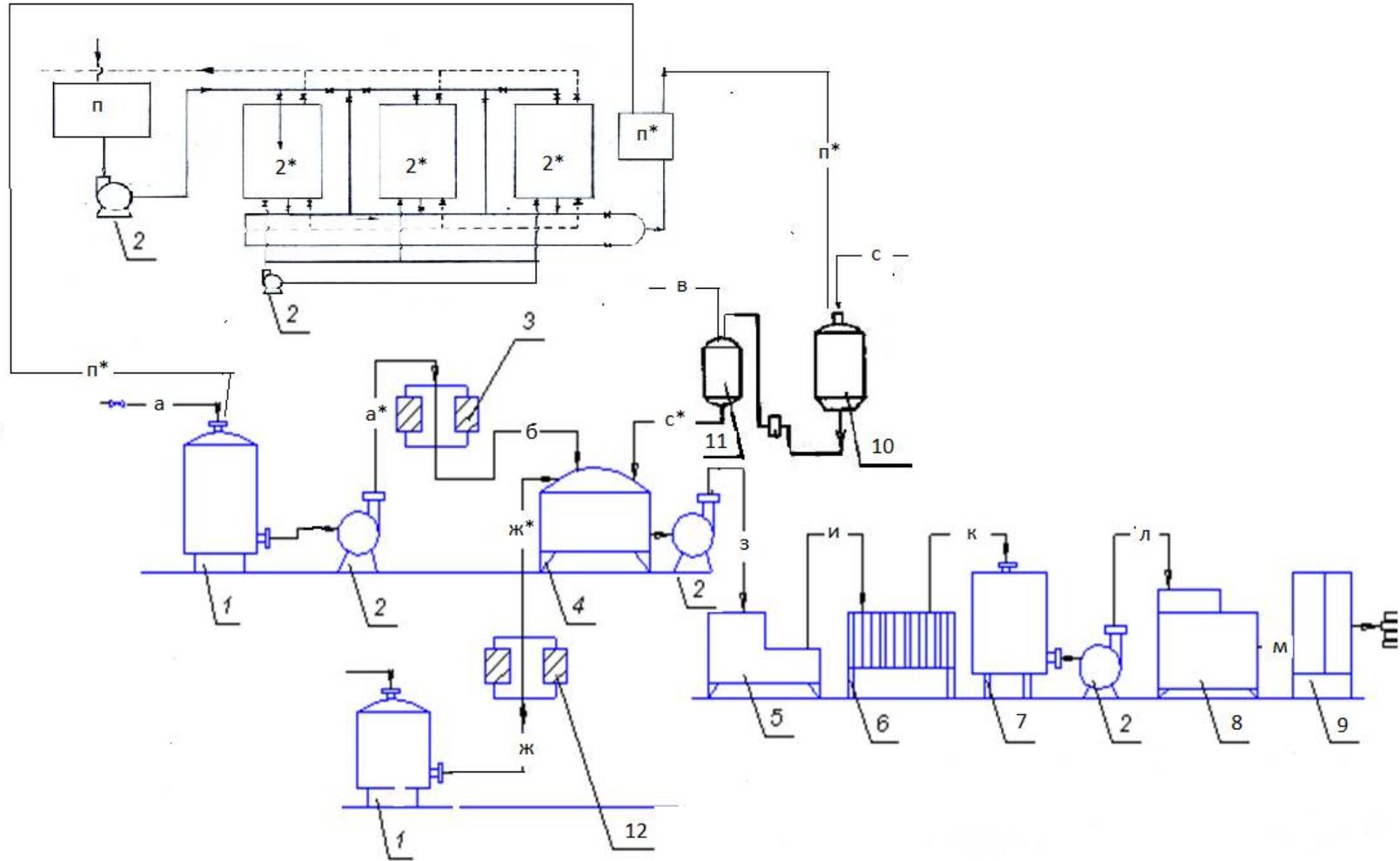


Рисунок 23 – Технологическая схема выработки молочного продукта на примере ФСН, включающая этап адсорбционной очистки воды системы централизованного водоснабжения

Вкусформирующая осветленная основа **ж** подается в резервуар (4) **ж***, пройдя предварительное фильтрование (фильтр 12); сахар **с***; раствор перед введением прогревается (емкость для варки сиропа 10) прошедший через фильтр сироп, раствор лимонной кислоты **в** поступают в емкость 11. В баке 4 соединяются все компоненты, и полученный продукт **з** на гомогенизаторе 5 приобретает заданные структурно-механические свойства, в том числе консистенцию; далее продукт **и** пастеризуется (6). Готовый продукт **к** (далее напиток) в баке 7 охлаждается, напиток **л** направляется на фасовку в тару различного объема (аппарат 8). Продукт упакованный **м** до отправки на реализацию хранится в холодильной камере 9.

Глава 6. Практическая реализация предлагаемой технологии адсорбционной доочистки воды в производстве восстановленных молочных продуктов

В соответствии с общим направлением работы была проведена опытно–промышленная проверка и апробация разработанной технологии доочистки воды научно-исследовательских и промышленных предприятий г. Кемерово с использованием параметров, установленных в ходе проведения научных исследований. Производственная проверка послужила основанием для утверждения нормативной документации на продукты, их выработку реализуют на стандартном отраслевом технологическом оборудовании. Реализация результатов исследований приведена в таблице 19.

Результаты исследований были внедрены в учебный процесс КемГУ.

Таблица 19 – Реализация результатов исследования

№	Наименование	ТУ	Практическая реализация
1	«Молоко восстановленное с использованием доочищенной воды»	ТУ 10.51.11-248-020683309-2017	ООО «Молочный Край» (г. Кемерово)
2	«Фруктово-сывороточные напитки на основе восстановленной молочной сыворотки с использованием доочищенной воды (АУ АГ-ОВ-1), «Напиток - Банановый»»	ТУ 10.51.55-263-02068309-2018	НПО «Здоровое питание» (1т) (г. Кемерово) ОАО «Золотая Сова» (г. Кемерово)
3	«Фруктово-сывороточные напитки на основе восстановленной молочной сыворотки: «Ягодный микс»; «Банановый», «Цитрусовый», «Гархун», «Дыня», «Вишня - Черешня», «Облепиха»»	ТУ 10.51.55-270-02068309-2020	ООО «Молочный Край» (г. Кемерово) (2т) ООО «Бавария» (г. Кемерово) (1,5т) ОАО «Золотая Сова» (г. Кемерово) (1,5 т)

Товароведная оценка фруктово-сывороточных напитков, произведенных по усовершенствованной технологии. Высокие показатели качества и биологическая безопасность продуктов, выработанных на основе сухого

молоко-сырья, достигаются за счет понижения уровня контаминации воды, используемой на технологические нужды, что прослеживается при сравнительной товароведной оценке (проведенной на основе требований технического регламента ТР ТС 033 от 2013) полученных продуктов на примере напитков, выработанных на основе восстановленной сыворотки и фруктово-ягодных концентратов (далее напитки ФСН).

Проведен дегустационный анализ ФСН, произведенных с использованием воды, подготовленной по предлагаемой и классической технологии, который показал более высокое качество ФСН, приготовленных по усовершенствованной технологии (опытный образец), по отношению к напиткам, приготовленным на основе воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения (контрольный образец). Отмечено, что различие в баллах увеличивается в зависимости от сезона (осенний период / весенне-летний период) (таблица 20). Показано, что у опытного образца – напиток с банановым наполнителем, выработанного с использованием на технологические нужды (в том числе восстановление сухого молочного сырья) воды, доочищенной посредством адсорбционного извлечения загрязнителей по предлагаемой технологии (в весенне-летний период), суммарное количество баллов составило 4,66. У контрольного образца, приготовленного на воде системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, общая сумма баллов составила 4,17. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что применение воды, доочищенной по адсорбционной технологии, дает возможность выработать продукты высокого качества, на примере ФСН (таблица 21–23).

Таблица 20 – Дегустационная карта результатов органолептической оценки фруктово-сывороточных напитков на примере ФСН «Напиток-Банановый» в весенне-летний период

Фруктово-сывороточный напиток	Наименование показателей							Итоговая оценка, балл		
	Внешний вид и консистенция		Цвет	Запах		Вкус		Суммарная	С учетом коэффициентов значимости	
Опытный образец	гомогенный, характерный для продукта	4,8		от светло желтого до желтого	4,6	аромат банана, совершенный, гармоничный	4,6			кисло-сладкий, характерный для продукта, освежающий
Контрольный образец		4,4	4,3		интенсивность выражена слабее			4,2	освежающий эффект выражен слабее	

Таблица 21 – Органолептические показатели фруктово-сывороточных напитков

Вид ФСН	Наименование показателя	Характеристика
ФСН с банановым наполнителем ТУ 10.51.55-263-02068309-2018	Внешний вид и консистенция	Однородная непрозрачная жидкость без хлопьев белка
	Вкус запах	Аромат банана, совершенный, гармоничный
	Цвет	От светло желтого до желтого
Цитрусовый ТУ 10.51.55-270-02068309-2020	Внешний вид и консистенция	Однородная непрозрачная жидкость без хлопьев белка
	Вкус запах	Оригинальный молочно-фруктовый с ароматом и вкусом апельсина
	Цвет	Оранжевый, обусловленный добавлением фруктового компонента
Вишня – Черешня ТУ 10.51.55-270-02068309-2020	Внешний вид и консистенция	Однородная непрозрачная жидкость без хлопьев белка
	Вкус запах	Оригинальный молочно-фруктовый, кисло-сладкий, характерный для продукта с вишневым оттенком, совершенный, гармоничный, освежающий
	Цвет	Вишневый от насыщенного до умеренного, обусловленный фруктовым компонентом
Клубничный ТУ 10.51.55-270-02068309-2020	Внешний вид и консистенция	Однородная непрозрачная жидкость без хлопьев белка
	Вкус запах	Оригинальный кисло-сладкий ягодный с клубничным оттенком совершенный, гармоничный, освежающий.
	Цвет	От бледно-до насыщенно-розового

Таблица 22 – Физико-химические показатели ФСН

Показатели	Контрольный образец	Опытный образец	ТУ 10.51.55-263-02068309-2018
Массовая доля сухих вещ-в,%	12 \pm 0,10	12 \pm 0,10	6-141
Кислотность, °Т	82	82	70-120
Массовая доля белка, % не менее	2,8 \pm 0,05	2,84 \pm 0,05	2,8 \pm 0,05
Массовая доля лактозы, % не менее	1,8 \pm 0,10	1,8 \pm 0,10	1,8 \pm 0,10
Массовая доля жира, % не менее	0,4 \pm 0,10	0,4 \pm 0,10	0,4 \pm 0,10
Плотность, кг/м ³ не менее	1,025 \pm 0,05	1,025 \pm 0,05	1,023 \pm 0,05

Таблица 23 – Микробиологические показатели ФСН

Показатели	Фруктово-ягодный наполнитель	Контрольный образец	Опытный образец	ТР ТС 033/2013 "О безопасности молока и молочной продукции"
БГКП в 0,1 см ³	апельсин	не обнаружено	не обнаружено	не допускаются
	вишня			
	клубника			
	банан			
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г продукта	апельсин	не обнаружено	не обнаружено	не допускается
	вишня			
	клубника			
	банан			
S.aureus в 1,0 см ³ продукта	апельсин	не обнаружено	не обнаружено	не допускается
	вишня			
	клубника			
	банан			
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	апельсин	0,5*10 ⁴	0,11*10 ⁴	5*10 ⁴
	вишня	1*10 ⁴	0,15*10 ⁴	
	клубника	0,45*10 ⁴	0,14*10 ⁴	
	банан	0,9*10 ⁴	0,18*10 ⁴	

Содержание в готовых продуктах перед реализацией токсичных элементов, микроорганизмов, потенциально опасных веществ не превышало допустимые уровни, установленные ФЗ-88 от 12 июня 2008 г. "Технический регламент на молоко и молочную продукцию", ФЗ-163 от 22 июля 2010г. "О внесении изменений в ФЗ», согласно ТР ТС-033. Полученные молочные продукты из восстановленного сырья с использованием адсорбционной технологии доочистки воды – это гарантия качества и безопасности.

Внедрение принципов ХАССП на предприятии для производства восстановленных продуктов. Современные принципы управления качеством пищевой продукции исходят из того, что контроль качества и безопасности должен осуществляться в ходе производственного процесса. Концепция плана ХАССП заключается в анализе опасностей и их значимости для безопасности пищевых продуктов, выявление критических контрольных точек (ККТ) на всех этапах производства – от получения сырья до выпуска готовой продукции с возможностью прогноза рисков для безопасности продукции и процессов для контроля таких рисков в качестве ККТ, разработка мер по предотвращению опасных факторов. Блок-схемы производственных процессов, которые могут оказывать влияние на безопасность фруктово-сывороточных напитков: блок-схема № 1 – Входной контроль и подготовка основного сырья; блок-схема № 2 – Технологический процесс производства фруктово-сывороточного напитка представлены на рисунке 24. На блок-схемах отражен сегмент производственного процесса, являющийся основным в комплексном исследовании, отраженном в представленной работе.

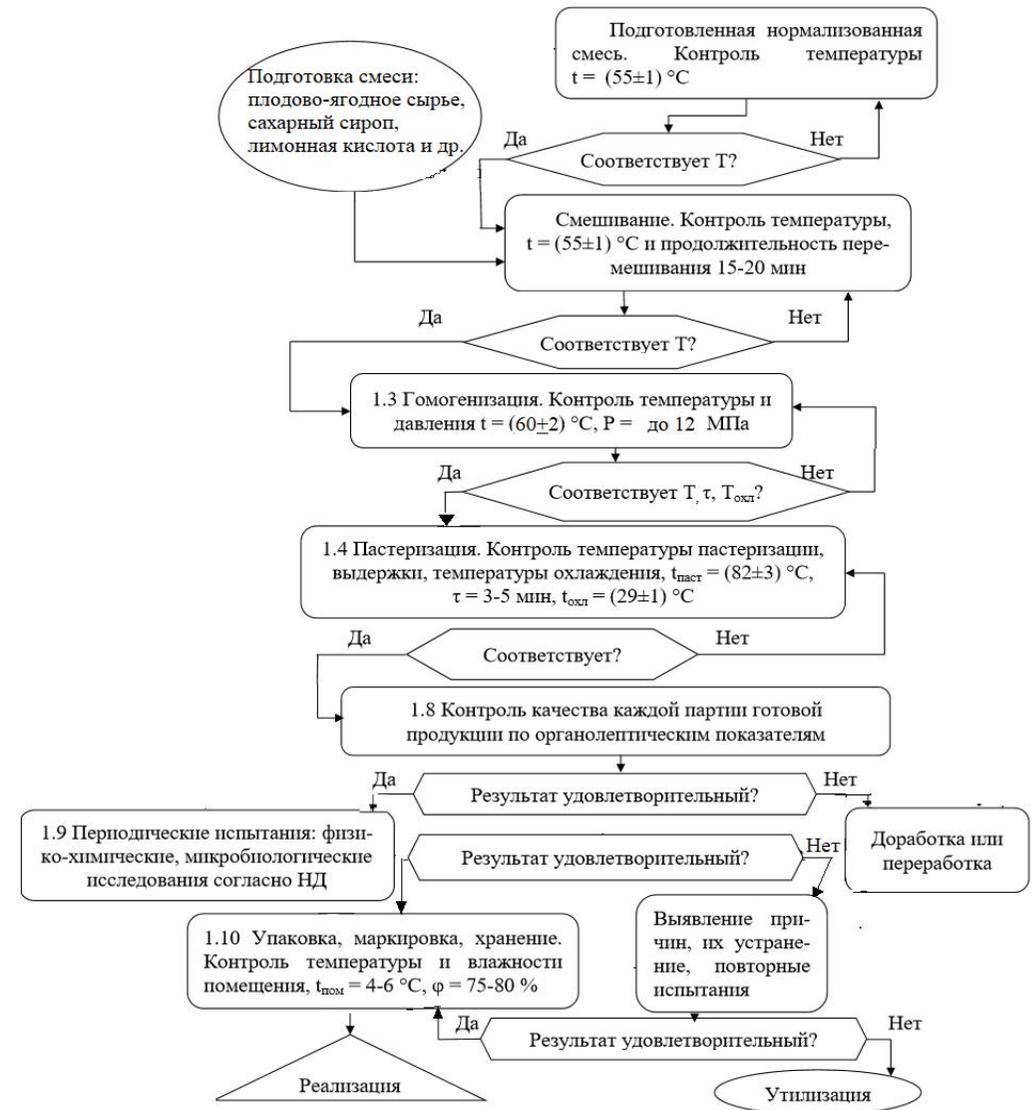
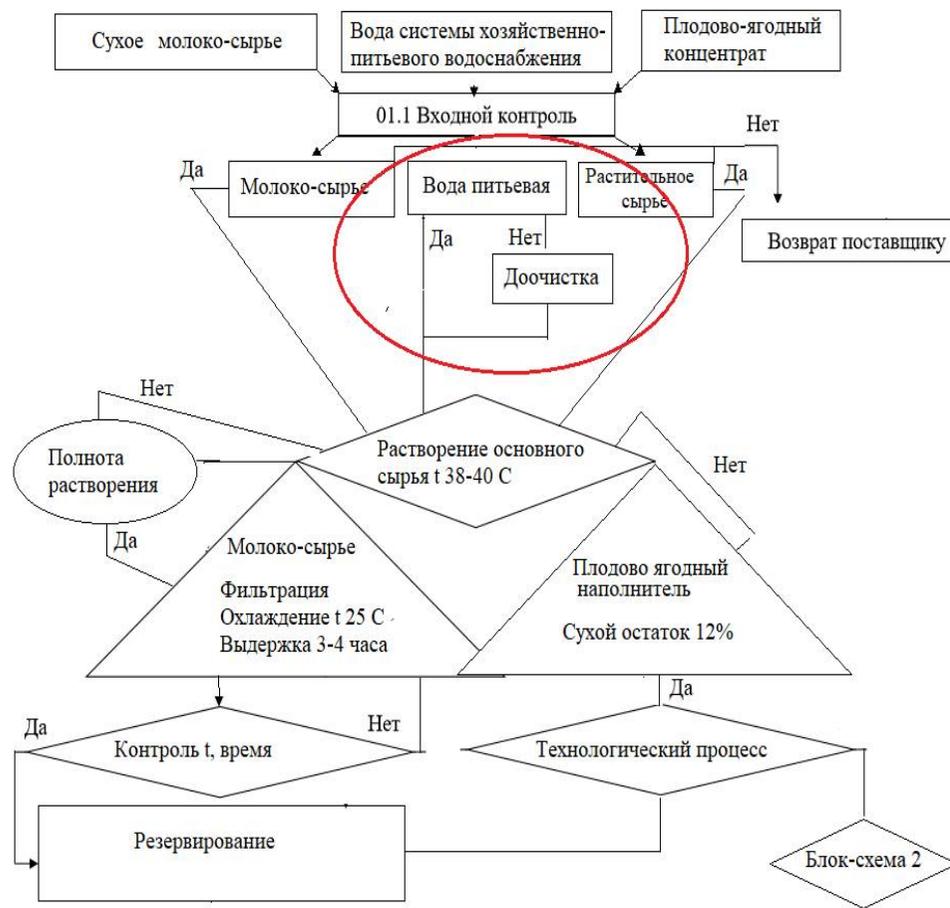


Рисунок 24 – Блок-схема «Входной контроль и подготовка основного сырья»; Блок-схема 2 «Технологический процесс производства фруктово-сывороточного напитка»

ВЫВОДЫ

1. Показано влияние микропримесей приоритетных органических контаминантов, присутствующих в воде, на отдельные компоненты восстановленного молока, сливок (белок, лактозу) и восстановленной сыворотки (белок, лактозу, витамины); на отдельные рецептурные компоненты фруктовых напитков на основе сыворотки (лимонную кислоту, бензоат натрия, сахарозу, ванилин, пищевые красители, витамины и флавоноиды фруктово-ягодных наполнителей).

2. Экспериментально и теоретически обосновано, что органические контаминанты вступают в химическое взаимодействие с рецептурными компонентами молочных продуктов, снижая их содержание, что подтверждено химическими реакциями. Снижение содержания компонентов продуктов выработанных из сухого молочного сырья, на примере ФСН, при отсутствии этапа удаления токсичных и канцерогенных веществ (хлороформа, трихлорэтилена, дихлорэтана), в дальнейшем приведет к снижению качества и безопасности готовой продукции.

2. Установлено, что концентрация галогенорганических соединений в питьевой воде ниже при использовании в качестве дезинфектанта гипохлорита натрия, что позволяет рекомендовать его для практического применения. Показано, что периодически в течение 3 месяцев в году (июнь–август) концентрация хлороформа и трихлорэтилена превышает нормируемые значения ПДК этих веществ в питьевой воде при полном отсутствии дихлорэтана во всех пробах, что диктует необходимость доочистки воды от галогенорганических соединений (смесь хлороформ–трихлорэтилен).

3. Установлены механизм, закономерности и особенности адсорбционного извлечения контаминантов сорбентами, отличающимися способами получения, составом, структурой и химическим состоянием поверхности.

Сорбционное извлечение хлороформа за счет дисперсионного взаимодействия и протекает в доступных по размеру порах с радиусом около 0,60 нм (линейный размер молекулы хлороформа 0,64 нм), и сопровождается практически полным вытеснением воды.

Адсорбция трихлорэтилена протекает преимущественно в мезопорах и является результатом действия нескольких факторов: дисперсионного взаимодействия с активными центрами на поверхности угля, имеющими частично положительный заряд (например, пиронными) и отталкивания между атомами хлора в молекуле трихлорэтилена и отрицательно заряженными функциональными группами на углеродной поверхности (например, карбоксильными), а также адсорбированными молекулами воды. Это электростатическое отталкивание препятствует проникновению трихлорэтилена в доступные супермикропоры размером более 70 нм.

4. Для реализации адсорбционного процесса в производстве разработан метод оптимизации параметров фильтра и режимов процесса непрерывной адсорбционной доочистки, основанный на фундаментальном уравнении внешнедиффузионной динамики адсорбции в области низких концентраций, с использованием

адсорбционных констант Дубинина–Радущкевича и кинетических параметров. Экспериментально подтверждена адекватность метода. По результатам моделирования рассчитаны основные динамические характеристики.

5. Разработана технология регенерации активных углей после адсорбции смеси хлороформа и трихлорэтилена путем прогрева потоком воздуха с температурой 150 °С в течение 2 часов, которая позволяет восстановить поглощающую способность сорбентов на 95–98 %.

6. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования адсорбционного метода снижения уровня контаминации воды, используемой в качестве сырья при производстве восстановленных молочных продуктов. На основании комплексных экспериментальных и теоретических исследований адсорбции смеси контаминантов сорбентами различной природы, оптимизации параметров фильтров и режимов сорбционной очистки разработана технология доочистки воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, которая может быть использована для усовершенствования технологии производства безопасной восстановленной молочной продукции.

7. Результаты исследований использованы при усовершенствовании технологии производства фруктово-сывороточных напитков, позволяющей обеспечить формирование высокого качества молочных продуктов на основе доочищенной воды и продовольственную безопасность РФ.

8. Проведена товароведная оценка качественных показателей напитков на сыворотке с различной вкусо-формирующей основой, приготовленных на воде системы хозяйственно-питьевого водоснабжения и доочищенной по предлагаемой технологии доочистки.

Показано повышение качественных характеристик восстановленных молочных продуктов, произведенных на доочищенной воде.

Предложенная доочистка включена в технологическую схему производства напитков и прошла производственные испытания на ОАО «Золотая Сова», «Здоровое питание», ООО «Бавария», ООО «Молочный Край» г. Кемерово.

Технология может быть реализована на отечественном оборудовании с применением коммерческих отечественных углей при их многократном использовании.

Рекомендации. Материалы диссертационной работы могут быть использованы в качестве теоретического обоснования и практических аспектов разработки и применения способов доочистки природных вод, используемых при производстве пищевых продуктов, поскольку этот фактор является одним из основных в формировании качественных характеристик готовой продукции.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монография

1. **Горелкина, А.К.** Формирование качества восстановленных молочных продуктов на основе применения новых технических решений при подготовке питьевой воды: монография /А.К. Горелкина, И.В. Тимошук. – Кемерово: ИНТ, 2020. –136 с.

Статьи в изданиях, входящих в наукометрические базы WoS, Scopus

2. Krasnova, T.A. The choice of sorbent for adsorption extraction of chloroform from drinking water/ Т.А. Krasnova, I.V. Timoshchuk, **А.К. Gorelkina**, J. Dugarjav// Foods and Raw materials. –2017. – Vol. 5. – №2. – P.189-196.

3. Krasnova, T.A. Effect of priority drinking water contaminants on the quality indicators of beverages during their production and storage/ Т.А.Krasnova, **А.К. Gorelkina**, I.V. Timoshchuk , O.V. Belyaeva // Foods and Raw materials. – 2018. – Vol. 6. – №1. p.230–241.

4. **Gorelkina, А.К.** Determination of Trichloroethylene Adsorption Kinetic Parameters for Engineering Calculations of Industrial Adsorption Columns/ А.К. Gorelkina, Т А.Krasnova, I.V. Timoshchuk, N.V. Gora, M.P. Kirsanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 224 (1), 012035.

5. **Gorelkina, А.К.** Dynamics of trichloroethylene adsorption on activated carbons/ А.К. Gorelkina Т.А. Krasnova, I.V. Timoshchuk, N.V. Gora, N.S. Golubeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 315, 052026.

6. **Горелкина, А.К.** О повышении сорбционной емкости полукоксов кислыми регенератами водообессоливающих ионообменных установок / А.К. Горелкина, И.В. Тимошук, Н.В. Гора // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science «Web of Science – Core Collection – CPCI». –2019. – Vol. 395, 012063.

7. Krasnova, T.A Trichloroethylene adsorption from aqueous solutions by activated carbons/ Т.А.Krasnova, O.V. Belyaeva, **А.К. Gorelkina**, I.V. Timoshchuk, N.V. Gora, N.S. Golubeva// Carbon Letters. – 2019. DOI: 10.1007/s42823-019-00096-y

8. **Горелкина, А.К.** Использование адсорбции для снижения загрязнения водных ресурсов/ А.К Горелкина, Т.А. Краснова, М.П. Кирсанов// Экология и промышленность России. – 2018. – Т.22. – № 1. – С.44 – 49.

9. **Горелкина, А.К.** Адсорбционные технологии очистки воды при производстве фруктово-сывороточных напитков / А.К. Горелкина, Т.А. Краснова, И.В. Тимошук, Н.В. Гора // Экология и промышленность России. – 2018. – Т.22. – № 10. – С.4 – 10.

10. Краснова, Т.А. Исследование динамики адсорбции трихлорэтилена (ТХЭ) на активных углях/ Т.А. Краснова, **А.К. Горелкина**, И.В. Тимошук,

Н.В. Гора, Н.С. Голубева // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 9. – С.30-35.

11. Краснова, Т.А. Исследование кинетики адсорбции трихлорэтилена из водных растворов / Т.А.Краснова, **А.К. Горелкина**, И.В. Тимощук, Н.В. Гора, Н.С. Голубева // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 2. – С. 34–44.

12. **Gorelkina, A.K.** Sorption of trichloroethylene under dynamic conditions/ A.K. Gorelkina, T.A. Krasnova, I.V. Timoshchuk, N.S.Golubeva, T.A. Utrobina, T.K. Dudinskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Volume 548, 062033.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

13. Краснова, Т.А. Модифицирование активных углей с целью повышения их сорбционной емкости/ Т.А. Краснова, **А.К. Горелкина**, И.В. Чеканникова // Актуальные проблемы современной науки. – 2005. – №6(27). – С. 146 – 147.

14. Краснова, Т.А. Влияние модифицирования на адсорбцию органических веществ из индивидуальных растворов и их смесей / Т.А. Краснова, **А.К. Горелкина**, И.В. Тимощук, А.В. Ожерельева// Ползуновский вестник. – 2014. – №3. – С.230–234.

15. Краснова, Т.А. К вопросу формирования качества напитков / Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, **А.К. Горелкина**, Ю.С. Шульженко // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 6. – С.101–109.

16. Краснова, Т.А. Исследование влияния приоритетных загрязнителей воды на качество фруктово-сывороточных напитков/ Т.А. Краснова, Ю.С. Шульженко, И.В. Тимощук, **А.К. Горелкина** // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2017. – №3(44). – С.93 – 99.

17. **Горелкина, А.К.** К вопросу о формировании качества напитков / А.К. Горелкина, Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, Н.В. Гора, Н.С. Голубева // Пиво и напитки. – 2018. – №4. – С.32–35.

18. Краснова, Т.А. Кинетика сорбционного извлечения трихлорэтилена из водных растворов активными углями/ Т.А. Краснова, **А.К. Горелкина**, Н.В. Гора, И.В. Тимощук // Вода: химия и экология. – 2019. – № 1. – С.148–154.

19. **Горелкина, А.К.** Влияние контаминантов водопроводной воды на стойкость витаминов фруктово-сывороточных напитков / А.К. Горелкина, Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, Д.А. Чернышев, И.В. Проскунов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 3. – С.32–38.

20. **Горелкина, А.К.** Стойкость красящих веществ сокодержательной основы при производстве фруктово-сывороточных напитков/ А.К. Горелкина, И.В. Тимощук, Т.А. Краснова, С.Н. Савельев, Д.А. Чернышев // Пиво и напитки. – 2019. – №2. – С. 30–33.

21. Иветич, М. Снижение контаминации воды для обеспечения качества и безопасности продукции пищевых предприятий/ М. Иветич, **А.К. Горел-**

кина // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – №3. – С. 515–524.

22. Краснова, Т.А. Стойкость аскорбиновой кислоты при производстве напитков / Т.А. Краснова, **А.К. Горелкина**, Т.А. Утробина, И.В. Тимощук, Д.А. Чернышёв // Пиво и напитки. – 2020. – № 3. – С. 17 – 20.

23. **Горелкина, А.К.** Влияние контаминантов водопроводной воды на компоненты восстановленной сыворотки / А.К. Горелкина, И.В. Тимощук, Н.С. Багдонас // Известия вузов. Пищевая технология. – 2020. – № 4 (376). – С. 25–29.

24. **Горелкина, А.К.** К вопросу о влиянии приоритетных загрязнителей воды на качество молока содержащих продуктов / А.К. Горелкина // Молочная промышленность. – 2020. – № 9. – С. 46–49.

25. **Горелкина, А.К.** Стойкость компонентов восстановленных сывороточных напитков / А.К. Горелкина // Молочная промышленность. – 2020. – № 10. – С. 22–23.

Патент РФ

26. Патент 2574465 Россия, МПК C02F 1/28, C01B 31/08. Способ утилизации кислых регенератов водообессоливающих ионообменных установок/ Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, А.К. Горелкина, Н.С. Голубева (Кемеровский технологический институт пищевой промышленности). – № 2014124413/05. Заявл. 16.06.14. Опубл. 10.02.16. Бюл. №4.

Материалы международных и российских конференций

27. **Горелкина, А.К.** О подготовке питьевой воды и воды для предприятий пищевой промышленности/ А.К. Горелкина, Т.А.Краснова, И.В. Тимощук, Ю.С. Шульженко // Materials of the XIII international scientific and practical conference "News of science and education". – Sheffield, England. – Volume 5. – 2018. – p. 12–14.

28. **Горелкина, А.К.** О подготовке воды для производства фруктово-сывороточных напитков в целях профилактики онкологических заболеваний / А.К. Горелкина, Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, Ю.С. Шульженко // Mteriály XIV międzynarodowej naukowí – praktycznej konferencji " Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2018". – Poland, Przemysł, Nauka i studia. –Volume 2. – 2018. – 77-79 str.

29. **Горелкина, А.К.** Кинетика сорбционного извлечения трихлорэтилена углеродными сорбентами / А.К. Горелкина, Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, Н.С. Голубева, Н.В. Гора // Materials of the XIII International scientific and practical Conference «News of science and education». – Sheffield, England. – Voulme 6. – 2018. – p. 17–20.

30. **Горелкина, А.К.** К вопросу об эффективности адсорбционной доочистки питьевой воды от трихлорэтилена / А.К. Горелкина, Т.А. Краснова, И.В. Тимощук, С.Н.Савельев // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Технологии очистки воды» – ТЕХНОВОД–2018. – Новочеркасск. – 2018. – С. 93-95.

31. Краснова, Т.А. К вопросу о стойкости витаминов при производстве фруктово-сывороточных напитков/ Т.А.Краснова, **А.К. Горелкина**, И.В. Тимощук, Д.А.Чернышёв // Materiály XIV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a vznik -2018».– Praha, Česko. – Volume 6. –2018. – 28–30 stran.

32. Тимощук, И.В. О стойкости красящих веществ сокосодержащей основы фруктово-сывороточных напитков / **А.К. Горелкина**, И.В. Тимощук, Т.А. Краснова, С.Н. Савельев, Д.А. Чернышёв // Materials of the XV International scientific and practical conference «Science and civilization - 2019».– Sheffield, England. – Volume 4. – 2019. – p. 16–18.

33. **Горелкина, А.К.** К вопросу о регенерации активных углей после адсорбции хлороформа / А.К. Горелкина, И.В. Тимощук, Н.С. Голубева, С.Н. Савельев, Д.А. Чернышёв // Международная научно-практическая конференция "Динамика современной науки" Болгария 15–22 июля 2019.– Т. 2. – С.8–10.

34. **Горелкина, А.К.** О регенерации активных углей после адсорбции трихлорэтилена / А.К. Горелкина, И.В. Тимощук, Н.В. Гора, Д.А. Чернышёв, С.Н. Савельев // Materials of the XV International scientific and practical conference «PROSPECTS OF WORLD SCIENCE - 2019 ». – Sheffield, England. – Volume 3. July 30 – August 7. – 2019. – p. 39–41.

35. Тимощук, И.В. Усовершенствование подготовки воды для пищевой промышленности с целью профилактики онкологических заболеваний / И.В. Тимощук, **А.К. Горелкина**, Н.В. Гора // IX Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке», Санкт-Петербург. – С. 113–118.

Список сокращений

ПДК – предельно-допустимая концентрация

АУ – активный уголь

КФГ – кислород-содержащие функциональные группы

ХФ – хлороформ

ТХЭ – трихлорэтилен

ФСН – фруктово-сывороточные напитки