

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

И.Ю. Потороко, Р.И. Фаткуллин, Л.А. Цирульниченко

Статья посвящена вопросам использования системной методологии в решении задач пищевых производств. Авторами рассмотрена возможность применения системного подхода для изучения проблемы обеспечения качества воды в технологии производства безалкогольных напитков. В статье приведен анализ причин снабжения предприятий безалкогольной отрасли водой ненормативного качества, представлен перечень неопределенностей и рисков системы, а также приведены меры по их предотвращению.

Ключевые слова: пищевые производства, качество воды, системный подход, методы очистки воды.

Системный подход в последние годы широко применяется в различных областях науки и производства. Предпринимаются попытки использования системной методологии и в решении задач пищевых производств. Системный анализ является одним из методов, позволяющим рассматривать любую технологию производства как некий объект с большим диапазоном внешних и внутренних причинно-следственных связей.

При использовании системного подхода особенно важно правильно выбрать систему и методы решения задач повышения ее эффективности.

Известно, что система образуется двумя составляющими:

- *внешним окружением*, включающим в себя вход и выход системы, связь с внешней средой и обратную связь;
- *внутренней структурой*, т. е. совокупностью взаимосвязанных компонентов, обеспечивающих процесс воздействия субъекта управления на объект, переработку входа системы в ее выход и достижение целей системы [2].

Пищевое производство как систему можно представить единством материальных и нематериальных компонентов анализируемого объекта, его внешних и внутренних связей, обеспечивающих рациональность информационных, производственных, управленческих и других процессов.

Нами была предпринята попытка применения системного подхода к решению проблемы обеспечения качества воды, используемой пищевыми производствами, в частности для производства безалкогольных напитков [1, 3]. Основным видом сырья при производстве безалкогольных напитков является вода, от ее состава и свойств в значительной степени зависит качество готовой продукции. В безалкогольном производстве используется вода как из системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и добываемая из подземных источников.

В современных условиях жесткого техногенного прессинга в воду постоянно мигрируют ксенобиотика, способные ухудшать ее качество или

делать непригодной для производственных нужд. Системы очистки воды на предприятиях безалкогольной отрасли не всегда справляются со сложной задачей водоподготовки, и производители зачастую сталкиваются с проблемой дополнительной очистки воды.

К качеству воды, применяемой в производстве питьевой бутилированной воды, предъявляются наиболее жесткие требования. При отсутствии микроорганизмов, хлора, тяжелых металлов и других токсических элементов и органических загрязнителей, вода должна обеспечивать сбалансированный состав макро- и микроэлементов [1, 4].

Процесс формирования состава исходной воды в значительной степени зависит от природных особенностей водоисточника, времени года, состояния системы центрального водоснабжения и т. д. Для организации эффективной водоподготовки предприятиям необходимо комплексно подходить к оценке факторов, влияющих на качество воды, используемой в технологических целях.

Системный подход выбран нами с целью глубокого и всестороннего изучения проблемы обеспечения качества воды в технологии производства безалкогольных напитков. Соответственно, в качестве объекта системы выбрана вода, используемая для производства безалкогольных напитков одним из производителей г. Челябинска. Такая система является открытой, характеризуется взаимодействием объекта с внешней средой и может быть представлена в виде следующей схемы (рис. 1).

Нами был выбран конструктивный вариант системного подхода, который связывает все аспекты системы с решением актуальной проблемы, включает анализ факторов внешней среды. В качестве базового использован следующий методологический алгоритм системного подхода (рис. 2).

Актуальной проблемой, требующей незамедлительного решения, в нашем случае является низкое качество воды, поступающей на производящее предприятие из системы хозяйственного водоснабжения. По результатам проверок последних лет на территории Челябинской области доля

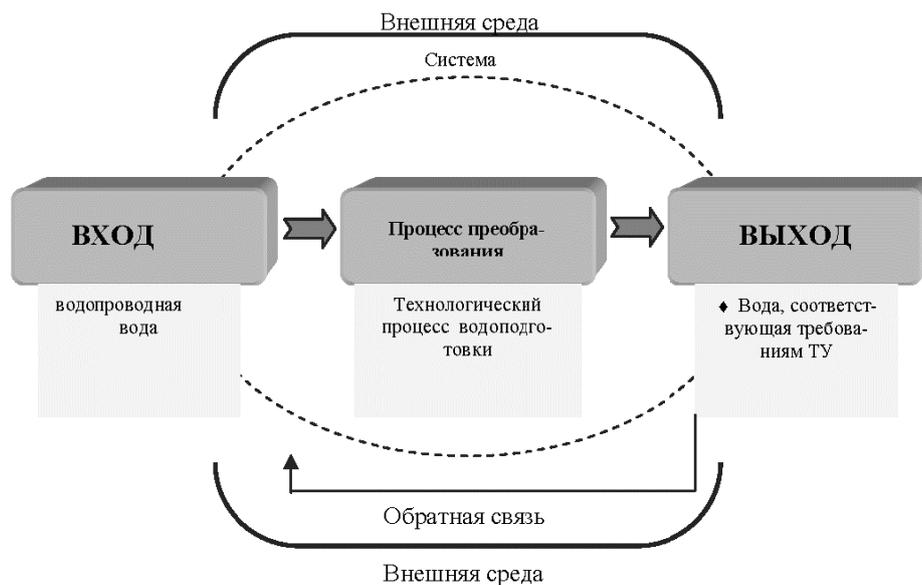


Рис. 1. Системный подход к технологии водоподготовки



Рис. 2. Алгоритм системного подхода

неудовлетворительных проб воды из водоразводящих сетей по санитарно-химическим показателям составила 15,8 %, по микробиологическим показателям – 6,8 % [6, 7].

Основными причинами снабжения водой ненормативного качества являются:

- неудовлетворительное качество водных объектов, используемых для целей питьевого водоснабжения, и недостаточное их количество;
- неудовлетворительное состояние существующих комплексов водоподготовки и водоразводящих сетей;
- недостаточная защита систем и источников водоснабжения от воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Для установления симптомов, определяющих несоответствие системы своему предназначению и недостаточную ее эффективность, нами был проведен анализ качества воды в рамках деятельности

одного из предприятий безалкогольного производства г. Челябинска.

Исследования проводились по сезонам в течение 2010–2011 гг. (табл. 1).

Известно, что систематически проявляющиеся симптомы образуют тенденцию, негативное проявление которой и обуславливает наличие проблемы [1].

В результате исследований установлено, что для исследуемых образцов воды 2 показателя: общая жесткость и содержание железа, являются симптомами, именно для них было отмечено систематическое отклонение от нормы.

Для выполнения заключительного этапа алгоритма – решения проблемы, в целях корректировки показателей общая жесткость и содержание железа, нами было выбрано воздействие на воду ультразвуковой кавитации.

Таблица 1

Результаты исследования качества воды

Показатель качества	Нормируемое значение, ТИ 10-5031536-73-10	Период забора и источник воды *			
		Зима	Весна	Лето	Осень
Цветность	<20	5,0±0,6	4,6±0,6	5,6±0,6	6,4±0,6
Мутность (по каолину)	<1,5	1,2	1,0	0,8	1,4
рН	6–9	7,6±0,14	7,8±0,16	7,2±0,18	7,0±0,1
Жесткость общая, мг-эquiv/дм ³	<7	8,2±0,3	11,6±0,4	10,6±0,6	10,4±0,4
Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /дм ³	5	4,7±0,2	4,3±0,2	4,8±0,2	4,6±0,3
Сульфаты, мг/дм ³	<500	236±2,6	248±2,6	296±2,3	312±2,8
Хлориды, мг/дм ³	<350	245±2,6	324±2,4	318±2,8	296±2,2
Железо, мг/дм ³	<0,3	0,6±0,06	0,4±0,04	0,5±0,05	0,6±0,05
Магний, мг/дм ³	<50	38,6±2,0	42,1±2,1	38,1±2,1	40,1±2,2
Кремний, мг/дм ³	<10	2,3±0,4	0,6±0,2	1,6±0,4	1,3±0,2
Свинец, мг/дм ³	<0,01	0,005±0,0005	0,007±0,0005	0,007±0,0005	0,006±0,0005
Медь, мг/дм ³	<1	0,8±0,005	0,6±0,005	0,68±0,005	0,71±0,005
Кадмий, мг/дм ³	<0,001	0,0008±0,00001	0,0006±0,00001	0,0008±0,00001	0,0004±0,00001
Ртуть, мг/дм ³	<0,0005	менее 0,00005	менее 0,00005	менее 0,00005	0,0001±0,00005
Общее микробное число, КОЕ/мл	<50	8	18	10	10
Общие колиформные бактерии, бактерий в 100 мл	Отсут.	н/о	н/о	н/о	н/о
Термотолерантные колиформные бактерии, бактерий в 100 мл	Отсут.	н/о	н/о	н/о	н/о

* В таблице приведены среднестатистические данные за период 03.10 – 12.11 г

Относительно влияния УЗ обработки на состав и свойства воды существует достаточно много противоречивых данных, объясняемых различными теориями. Однако неоспоримым остается тот факт, что воздействие УЗ на воду приводит к изменениям ее структуры, что в свою очередь в различной степени отражается на свойствах и показателях качества воды.

Изменение структуры и свойств воды определяются рядом эффектов, вызываемых ультразвуковой обработкой. Согласно данных [5] одним из наиболее мощных эффектов является кавитационная дезинтеграция, вызывающая диссоциацию молекулы воды и разрушение субстанций, в ней присутствующих.

Для исследований применялся аппарат ультразвуковой технологической «Волна» модель УЗТА-0,4/22-ОМ (принцип действия основан на использовании свойств ультразвуковых колебаний

высокой интенсивности в жидких и жидкодисперсных средах).

Режим ультразвуковой кавитационной обработки: 2 кВт с частотой (22±1,65) кГц. Водопроводная вода в объеме 250 мл обрабатывалась ультразвуком, мощность прибора 30, 45 и 60 % (120; 180; 240 Вт), экспозиция 1, 3 и 5 мин. Результаты определения показателя общей жесткости исследуемых образцов воды представлены на рис. 3.

Как видно из представленных на рисунке данных, ультразвуковая обработка воды приводит к снижению значений показателя общей жесткости. При этом характер зависимостей общей жесткости от мощности воздействия УЗ несколько различен. Схожие кривые были получены при обработке УЗ 45 и 60 % мощности. Снижение общей жесткости наиболее активно происходит при обработке 1 и 3 минуты – в среднем на 20 %, воздействие УЗ в течение 5 минут при указанных мощно-

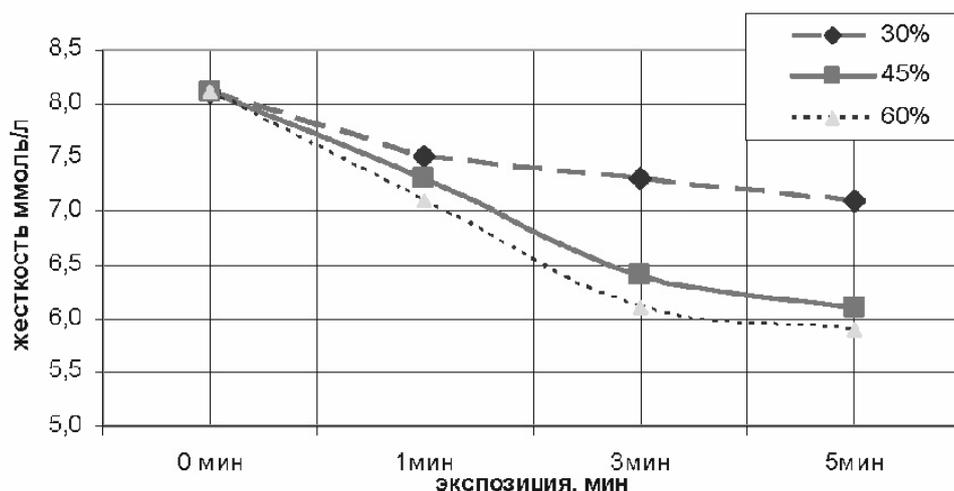


Рис. 3. Зависимость общей жесткости воды от мощности и продолжительности УЗ воздействия

стях позволяет снизить значения этого показателя еще лишь на 5–7 %.

Рассматривая воздействие ультразвуковой обработки воды на значения общей жесткости в зависимости от мощности ультразвука, можно говорить о том, что близкие эффекты снижения значений данного показателя наблюдаются в течение 1 минуты обработки. Интенсивность же снижения общей жесткости при обработке мощностью 30 % в течение 3 и 5 минут значительно уступает результатам обработки воды мощностью ультразвука 45 и 60 %.

Как показали исследования, УЗ обработка воды также позволила снизить общее содержание в ней железа, наиболее выраженный эффект снижения был отмечен при обработке в следующем режиме: мощность – 45 %, экспозиция 3 мин. Оче-

видно, УЗ воздействие ускоряет процесс окисления Fe^{2+} в Fe^{3+} с последующим образованием $Fe(OH)_3$. Это согласуется с увеличением значений pH воды, а также с результатами оценки устойчивости состояний железа в воде по диаграмме Пурбе (рис. 4).

Таким образом, на наш взгляд, использование ультразвуковой кавитации в технологии водоподготовки при производстве безалкогольных напитков является оправданным приемом решения проблемы некондиционированного качества водопроводной воды, используемой производящими предприятиями. В качестве наиболее эффективного режима принято сочетание мощности 45 % и экспозиции 3 мин.

Механизм действия системы можно представить в виде следующей схемы (рис. 5).

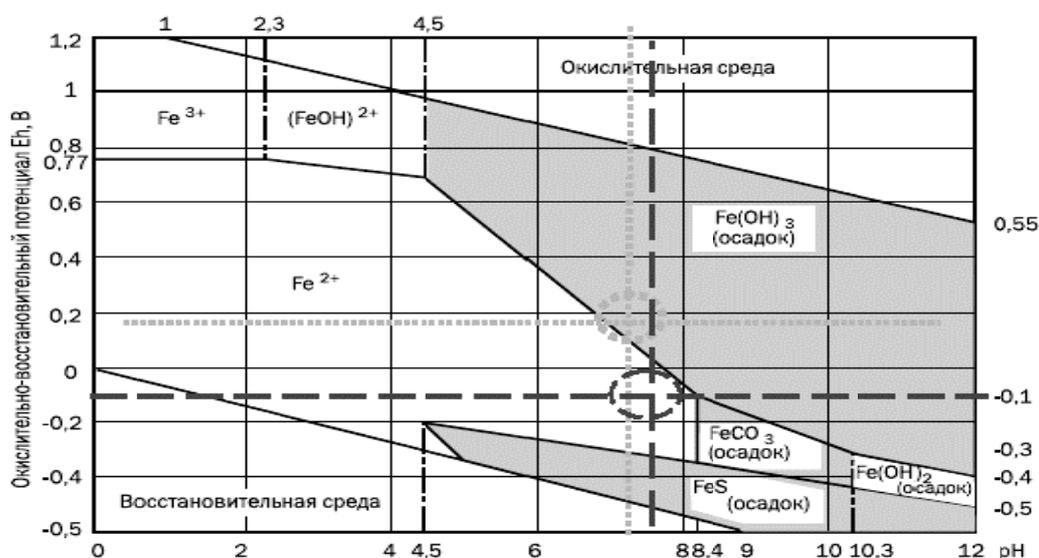


Рис. 4. Диаграмме Пурбе (диаграмме электрохимического равновесия воды в системе железо – вода): --- до обработки УЗ; после обработки УЗ (на примере артезианской воды)



Рис. 5. Механизм действия системы

Важным элементом системного подхода является учет неопределенности и рисков, которые всегда присутствуют и оказывают свое негативное воздействие на систему.

В нашем случае в качестве основных рисков можно выделить следующие (табл. 2).

эффективно использоваться в промышленном производстве напитков.

Литература

1. Гореликова, Г.А. Растительное сырье, как фактор, формирующий потребительские свойства безалкогольных напитков / Г.А. Гореликова, Л.А. Маюрникова // Товароведение в XXI веке: сборник материалов научно-практической конференции с международным участием. – Новосибирск, 2002. – С. 88–89.
2. Киселева, Т.Н. Качество в контексте общей теории систем / Т.Н. Киселева, В.Н. Степанов // Стандарты и качество. – 2001. – № 3. – С. 54–55.
3. Тавер, Е.И. Объект управления при управлении качеством / Е.И. Тавер // Стандарты и качество. – 2001. – № 2. – С. 72–73.
4. Хохрякова, Е.А. Водоподготовка: справочник / Е.А. Хохрякова, Я.Е. Резник; под ред. д.т.н., действ. чл. Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
5. Шестаков, С.Д. Технология и оборудование

Таблица 2

Риски	Меры по недопущению риска и пути преодоления
Непостоянство состава воды на входе	Систематическое исследование показателей качества исходной воды
Неадекватные методы исследования показателей качества воды	Использование современных, стандартизированных методов и методик
Выбор недостаточно эффективного режима УЗ кавитации	Решение задачи оптимизации с использованием современных средств программного обеспечения
Негативное влияние ультразвуковой кавитации на другие показатели качества воды	Комплексное исследование обработанной воды по расширенной номенклатуре показателей
Экономическая нецелесообразность ультразвуковой обработки	Сравнительные анализ стоимости альтернативных методов кондиционирования

Таким образом, проведенный анализ чувствительности системы на основе изучения неопределенностей и рисков, позволил определить стадии, на которых они могут возникнуть, и установить пути их преодоления.

Применение разработанной с использованием системного подхода модели коррекции качества воды, используемой для производства безалкогольных напитков на основе ультразвукового кавитационного воздействия, на наш взгляд, может

для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции // С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко. – М.: Изд-во «ГИОРД», 2013. – 152 с.

6. <http://watermap.zdorovieinfo.ru/karta-zagraznenii-pdk>

7. <http://www.su2.ru> Постановление от 17 сентября 2009 г. № 217-П «Об областной целевой программе «Чистая вода» на территории Челябинской области на 2010–2020 годы».

Потороко Ирина Юрьевна. Доктор технических наук, доцент, зав.кафедры «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», зам. декана Торгово-экономического факультета, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – использование электрофизических методов воздействия в пищевых средах. Контактный телефон: (8351) 267-92-88. e-mail: i_potoroko@mail.ru.

Фаткуллин Ринат Ильгидарович. Аспирант очной формы обучения кафедры «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – использование электрофизических методов воздействия в пищевых средах. Контактный телефон: (8351) 267-93-80. e-mail: 5792687@mail.ru.

Цирульниченко Лина Александровна. Старший преподаватель, аспирант кафедры товароведения и экспертизы потребительских товаров торгово-экономического факультета, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания. Контактный телефон: (8-351) 267-92-96. E-mail: linchikz@mail.ru.

THE SYSTEM APPROACH TO WATER TREATMENT TECHNOLOGY FOR FOOD PRODUCTION

I.Yu. Potoroko, R.I. Fatkullin, L.A. Tsirulnichenko

The article is devoted to the use of a systematic methodology in solving the problems of food production. The possibility of a system approach to study the problem on ensuring the quality of water in the manufacturing process of soft drinks are considered. The reasons of supply soft drinks industry enterprises with water of non-standard quality are analyzed, the list of uncertainties and risks is presented, and measures to prevent them are provided.

Keywords: food production, water quality, system approach, methods of water purification.

Potoroko Irina Yurevna. Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Merchandizing and Examination of Consumer Goods, Deputy Dean of the Trade and Economic Faculty, FSFEI HPE South Ural State University (NRU), Chelyabinsk. Area of scientific interests: use of electrophysical methods of impact in food environments. Tel.: (8351) 267-92-88. E-mail: i_potoroko@mail.ru.

Fatkullin Rinat Ilgidarovich. Postgraduate student of full-time curriculum of the Department of Merchandizing and Examination of Consumer Goods, FSFEI HPE South Ural State University (NRU), Chelyabinsk. Area of scientific interests: use of electrophysical methods of impact in food environments. Tel.: (8351) 267-93-80. E-mail: 5792687@mail.ru.

Tsirulnichenko Lina Alexandrovna. Senior Lecturer, Postgraduate student the Department of Merchandizing and Examination of Consumer Goods, Trade and Economic Faculty, FSFEI HPE South Ural State University (NRU), Chelyabinsk. Research interests: technology and merchandizing of food goods, and of functional and specialized purpose and catering. Tel.: (8-351) 267-92-96. E-mail: linchikz@mail.ru.

Поступила в редакцию 27 мая 2013 г.