

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 6»
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический
университет»

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей
среды имени Б.В. Всесвятского
(с международным участием)**

Исследовательская работа на тему:
«Качество питьевой воды в вендинговых аппаратах (г. Иваново)»

Выполнили:
ученики 10 класса
МБОУ «Лицей № 6»
Вьюшина П.С.,
Ульянова Е.А.,
Потапова Е.А.
Руководители:
к.х.н., доцент каф. ПЭ ИГХТУ
Буймова С.А.,
магистрант 2-го года обучения
каф. ПЭ ИГХТУ
Цветков А.С.

Иваново, 2024

Аннотация

В исследовательской работе представлены результаты химического анализа (обобщенные показатели, содержания соединений металлов и некоторых неорганических соединений) образцов питьевой воды из наиболее распространенных вендинговых аппаратов в г. Иваново. Проведено сравнение полученных результатов содержания веществ в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 и протоколами лабораторных испытаний, представленных на водоматах поставщиками, даны рекомендации для потребителей и торговых представителей по доочистке продаваемой продукции.

Работа представлена на 12 стр., содержит 2 таблицы и 3 рисунка.

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Вендинговые аппараты по продаже питьевой воды в г. Иваново.....	5
Глава 2. Методы определения.....	6
Глава 3. Обсуждение результатов	8
Выводы	11
Список литературы	11

Введение

Продажа очищенной воды через вендинговый аппарат стремительно набирает популярность, потому что это не только выгодно, но и полезно. Услугой пользуются студенты, офисные работники, работники торговых центров, а также люди, беспокоящиеся о своём здоровье. Большинство потребителей привлекает стоимость, удобное месторасположение (близость к дому или месту работы) и качество воды.

Целью работы была оценка качества питьевой воды в вендинговых аппаратах с точки зрения наличия химических соединений.

В соответствии с целью работы поставлены следующие задачи:

- выполнить описание образцов питьевой воды, приобретенной в вендинговых аппаратах различных торговых марок, составить схематичное расположение водоматов на карте г. Иваново и области;
- провести сравнительную характеристику химического состава образцов питьевой воды на основе протоколов испытаний, представленных производителями;
- провести сравнительную характеристику полученных экспериментальных данных о химическом составе воды с информацией, представленной на вендинговом аппарате.

Глава 1. Вендинговые аппараты по продаже питьевой воды в г. Иваново

XXI век – век популяризации здорового образа жизни (ЗОЖ), поэтому люди стараются придерживаться данного направления. Одной из наиболее важных составляющих ЗОЖ является употребление 1-2 литров чистой питьевой воды. Бутилированная вода доступна к покупке в каждом магазине, однако не всегда удобно носить с собой пластиковую бутылку. Этот факт учли владельцы вендингового бизнеса, и теперь люди имеют возможность приобрести чистую воду в водомате по достаточно низкой цене.

На территории г. Иваново функционируют вендинговые аппараты по продаже питьевой воды нескольких марок: «Родник Здоровья. Природная Артезианская вода», «Природный источник. Чистая Артезианская вода» и «Источник здоровья. Чистая вода». Источником водозабора первых двух являются артезианские скважины, вендинговые аппараты третьей марки подключены к централизованной системе водоснабжения г. Иваново.

Для заполнения вендинговых аппаратов по продаже артезианской питьевой воды поставщики производят заборы воды по адресу: Ивановская обл., Коляновское с/п, д. Дегтярево, ул. Кленовая, д. 1.

У торговой марки «Природный источник. Чистая артезианская вода» на территории г. Иваново и Ивановской области в реализации находится 50 вендинговых аппаратов (рис. 1 (а)) [3].

У торговой марки «Родник здоровья. Природная артезианская вода» на территории г. Иваново и Ивановской области в реализации находится 90 вендинговых аппаратов (рис. 1(б)) [4].

У торговой марки «Источник здоровья. Чистая вода» на территории г. Иваново обнаружено восемь вендинговых аппаратов по продаже питьевой воды (рис. 1 (в)).

Отметим, что по нашим наблюдениям, протоколы лабораторных испытаний, которые представлены поставщиками на корпусах вендинговых аппаратов не соответствуют дате заполнения водомата, которая указана на электронном табло, либо вообще отсутствуют.

Для вендинговых аппаратов выбранных торговых марок используются следующие виды доочистки воды перед продажей:

- использование ступенчатой очистки питьевой воды с помощью набора фильтров (угольный, мембранные и др.);
- применение системы обратного осмоса;
- фильтрация с использованием УФ-ламп и озонирования.

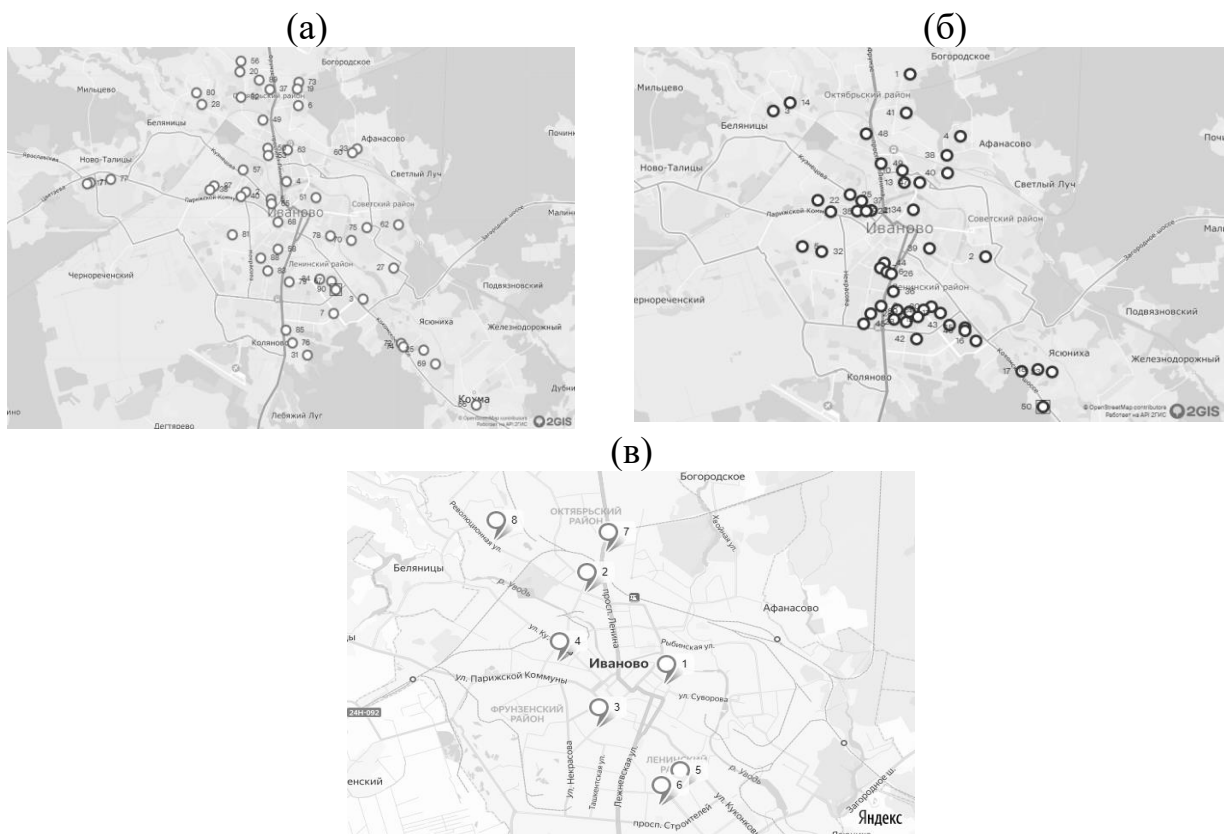


Рис. 1. Схематичное расположение вендинговых аппаратов различных марок:
а – «Родник здоровья. Природная Артезианская вода»; б – «Природный источник. Чистая Артезианская вода»; в – «Источник здоровья. Чистая вода».

Глава 2. Методы определения

Таблица 2.1

Методы определения загрязняющих веществ

Определяемый показатель	Метод измер.	Принцип метода определения	ПДК (Норма)
1	2	3	4
1. ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ			
рН, ед.рН	Потенциометрический	<p>Содержание ионов водорода (гидроксония – H_3O^+) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$.</p> <p>Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Измерение рН воды проводилось на потенциометре в соответствии с РД 52.24.495-2017 [1].</p>	6 – 9
Жесткость, мг-экв/л	Титриметрический	<p>Общая жесткость – сумма карбонатной и некарбонатной жесткости. Карбонатная жесткость – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Некарбонатная жесткость – CaCl_2, MgCl_2 и CaSO_4, MgSO_4. Временная (устраняемая) жесткость – при кипячении растворимые $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ переходят в CaCO_3 и MgCO_3 и выпадают в осадок. Постоянная жесткость – разность между общей и временной. Определение общей жесткости воды проводилось в соответствии с ГОСТ Р 52407-2005 [2].</p>	7,0
2. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА			

Хлориды (Cl ⁻), мг/л	Титриметрический	Количественное определение (меркурометрическое) Метод основан на связывании хлорид-ионов ионами ртути (II) с образованием труднорастворимого осадка – HgCl ₂ . Точку эквивалентности определяют по изменению окраски индикатора – дифенилкарбазона, который с избытком ионов ртути образует соединение фиолетовой окраски. Определение содержания хлорид-ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 4245-72 [3] и ПНД Ф 14.1:2.111-97 [4].	350,0
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/л	Нефелометрический	Нефелометрическое определение Этим методом пользуются для определения малых концентраций ионов SO ₄ ²⁻ . Он основан на образовании в растворе мути при добавлении раствора BaCl ₂ , обусловленной образованием трудно растворимого осадка BaSO ₄ . Интенсивность помутнения пробы пропорциональна концентрации сульфат-ионов. Определение содержания сульфат-ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 4389-72 [5].	500,0
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/л	Фотометрический	Метод основан на способности NO ₂ ⁻ диазотировать сульфаниловую кислоту и на образовании красно-фиолетового красителя диазосоединения с 1-нафтиламином. Интенсивность окраски, пропорциональна содержанию NO ₂ ⁻ . Нижний предел обнаружения – 0.003 мг/л нитритов. При содержании в воде нитритов более 0.3 мг/л пробу следует разбавлять. Мешающее влияние мутности и цветности воды устраняется осветлением пробы гидроокисью Al. Определение содержания нитрит-ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 33045-2014 [6] и ПНД Ф 14.1:2.3-95 [7].	3,3
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/л	Фотометрический	Метод основан на реакции нитратов с салициловым натрием в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет. Чувствительность метода составляет 0.1 мг/дм ³ нитратного азота. Определение содержания нитрат ионов в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 33045-2014 [6].	45,0
Ион аммония (NH ₄ ⁺), мг/л	Фотометрический	Метод основан на способности NH ₄ ⁺ образовывать с реактивом Несслера соединение желто-коричневого цвета. Интенсивность окраски раствора пропорциональна массовой концентрации NH ₄ ⁺ . Нижний предел обнаружения – 0.05 мг NH ₄ ⁺ в 1 л. При содержании в воде NH ₄ ⁺ более 3 мг/л пробу нужно разбавлять. Определение содержания ионов аммония в воде проводилось в соответствии с ГОСТ 33045-2014 [6] и ПНД Ф 14.1.1-95 [8].	2,0
3. МЕТАЛЛЫ			
Алюминий (Al ³⁺), мг/л	Фотометрический	Метод основан на способности иона Al ³⁺ образовывать с алюминоном лак оранжево-красного цвета, представляющий собой комплексное соединение. Реакция осуществляется в слабокислом растворе при pH = 4,5 в присутствии сульфата аммония в качестве стабилизатора окраски лака, которая фотометрируется при длине волны 525 – 540 нм. Определение содержания алюминия проводилось в соответствии с ГОСТ 18165-2014[9] и ПНД Ф 14.1:2.4.166-2002 [10].	0,5
Железо (Fe, суммарно), мг/л	Фотометрический	Определение основано на реакции сульфасалициловой кислоты с солями железа в щелочной среде с образованием желтого комплекса железа. Этим способом можно определять 0,1 – 10 мг/л железа. Точность определения ± 0,1 мг/л. Определение содержания железа проводилось в соответствии с ГОСТ 4011-72 [11].	0,3
Марганец (Mn _{сумм}), мг/л	Фотометрический	Сущность определения заключается в каталитическом окислении соединений марганца персульфатом калия или персульфатом натрия до перманганат-ионов с последующим измерением оптической плотности раствора и расчетом массовой концентрации марганца в пробе воды. Определение содержания марганца проводилось в соответствии с ГОСТ 4974-2014 [12].	0,1
Хром (Cr ³⁺ и Cr ⁶⁺), мг/л	Фотометрический	Метод определения хрома (VI) основан на измерении светопоглощения в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм окрашенного (красно-фиолетового) комплексного соединения, образующегося в результате реакции 1,5-дифенилкарбазида с бихромат-ионами пробы анализируемой воды в кислой среде и определении хрома (VI) по значению оптической плотности раствора. Для определения общего хрома соединения хрома предварительно переводят в хром (VI) путем окисления	Cr ³⁺ - 0,5 Cr ⁶⁺ - 0,05

		надсернистым аммонием, после чего определяют содержание хрома (VI) в обработанной пробе с 1,5-дифенилкарбазидом. Содержание хрома (III) определяют, как разность между содержанием общего хрома и хрома (VI). Определение содержания хрома (III) и хрома (IV) проводилось в соответствии с ГОСТ 31956-2012 [13].	
Медь (Cu _{сумм}), мг/л	Фотометрический	Метод основан на взаимодействии ионов двухвалентной меди с диэтилдитиокарбаматом натрия в слабоаммиачном растворе с образованием диэтилтиокарбамата меди, окрашенного в желто-коричневый цвет. В разбавленных растворах диэтилтиокарбамат меди образует коллоидные растворы, для большей устойчивости которых добавляют раствор крахмала. Для устранения мешающего влияния железа и жесткости воды добавляют раствор сегнетовой соли. Определение содержания меди проводилось в соответствии с ГОСТ 4388-72 [14].	1,0
4. Органолептические свойства			
Запах, балл	В основе методов лежит способность человека ощущать и воспринимать растворенные в воде вещества, как запахи, вкусы и привкусы. В зависимости от объективных условий (температура, влажность) и функционального состояния организма интенсивность обоняния может колебаться в достаточно широких пределах. Органолептическая оценка выполняется прямым методом распознавания запахов, вкусов и привкусов – по ощущению воспринимаемого вкуса. Данные показатели не поддаются формальному измерению – определение проводится экспертным путем. Для оценки интенсивности запаха и привкуса пользуются системой баллов. Определение органолептических свойств проводилось в соответствии с ГОСТ Р 57164-2016 [15].		2
Вкус, балл			2
Мутность, ЕМФ			2,6

Глава 3. Обсуждение результатов

Объектом исследования в работе были пробы питьевой воды из вендинговых аппаратов трёх торговых марок, отобранные в сентябре 2023 г. Контроль качества воды осуществлялся по 19-ти показателям:

- органолептическим: запах, привкус, цветность, мутность;
- общие показатели (рН, жёсткость, общая минерализация);
- содержание анионов: Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻;
- содержание катионов: NH₄⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Al³⁺ и общее содержание Cu_{общ}, Fe_{общ}, Mn_{общ}, Cr⁶⁺, Cr³⁺.

Контроль указанных показателей был проведён по аттестованным методикам стандартными методами химического и физико-химического анализа в соответствии с гигиеническими нормативами содержания веществ в питьевой воде по СанПиН 1.2.3685-21 [16].

Результаты проведенного химического анализа представлены в табл. 3.1.

В проанализированных пробах обнаружено повышенное содержание Mn²⁺ на уровне от 1 до 2 ПДК_{пит} (рис. 3.1) и NO₃⁻ на уровне от 1,2 до 5,56 ПДК_{пит} (рис. 3.2). Кроме того, стоит отметить, что результаты химического анализа в протоколах лабораторных испытаний являются заниженными сухого остатка, NO₃⁻, Mn²⁺ и Fe_{общ}.

Таблица 3.1

Результаты проведенного химического анализа питьевой воды из вендинговых аппаратов в г. Иваново

№ п/п	Определяемый показатель, ед. измерения	Наименование торговой марки воды питьевой в вендинговых аппаратах, адрес						ИДК _{орг}	
		«Родник здоровья. Природная артезианская вода» ул. Батурина, 17	«Природный источник. Чистая артезианская вода»				«Источник здоровья. Чистая вода» ул. Садовая, 36		
			ул. Громобоя, 25	ул. Дунаева, 40	ул. Ушакова 1-ая, 70	ул. Поэта Ноздрина, 11			протокол лаб. испытаний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Органолептические показатели								
	вкус/привкус, балл	1	1	1	1	1	–	1	2
	запах, балл	0	0	0	0	0	0	0	2
	цветность, градус	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3 ± 0,4	1,0	20 (35)
	мутность, ЕМФ	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	< 1,0	1,2	2,6
2	рН, ед.рН	8,48 ± 0,02	8,42 ± 0,02	8,48 ± 0,02	8,49 ± 0,02	8,49 ± 0,02	8,67 ± 0,2	6,63 ± 0,01	6-9
3	Общая жёсткость, мг-экв/л	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,02	0,5 ± 0,02	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,02	7,0
4	Сухой остаток, мг/л	220 ± 44	530 ± 106	520 ± 104	470 ± 94	500 ± 100	328,0 ± 32,8	150 ± 30	1000
5	Сг, мг/л	3,55 ± 0,89	11 ± 2	12 ± 2	16 ± 3	14 ± 2	< 10,0	11 ± 2	350
6	SO ₄ ²⁻ , мг/л	3,6 ± 0,7	11,4 ± 2,3	16,3 ± 3,3	22,7 ± 4,5	10 ± 2	19,7 ± 4	Н/О	500
7	NO ₂ ⁻ , мг/л	Н/О	0,002 ± 0,004	Н/О	Н/О	Н/О	0,016 ± 0,008	Н/О	3,0
8	NO ₃ ⁻ , мг/л	165 ± 33	250 ± 50	24 ± 5	55 ± 11	38 ± 8	0,35 ± 0,07	27 ± 5	45,0
9	NH ₄ ⁺ , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	–	Н/О	2,0
10	Al ³⁺ , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	–	Н/О	0,5
11	Mn ²⁺ , мг/л	0,2 ± 0,1	0,17 ± 0,04	0,13 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,05 ± 0,01	< 0,01	0,13 ± 0,03	0,1
12	Cr ⁶⁺ , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	–	Н/О	0,05
13	Cr ³⁺ , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	–	Н/О	0,5
14	Cr _{общ} , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	–	Н/О	0,5
15	Fe _{общ} , мг/л	0,07 ± 0,02	0,22 ± 0,05	0,09 ± 0,02	0,21 ± 0,05	0,16 ± 0,04	< 0,1	Н/О	0,3
16	Cu ²⁺ , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	< 0,02	Н/О	1,0
17	Ni ²⁺ , мг/л	0,08 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,02	–	0,04 ± 0,01	0,1
18	Cd ²⁺ , мг/л	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	Н/О	< 0,0002	Н/О	0,001
19	Zn ²⁺ , мг/л	0,009 ± 0,004	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,006	0,03 ± 0,01	0,007 ± 0,003	0,014 ± 0,003	0,02 ± 0,01	5,0
20	Co ²⁺ , мг/л	0,002 ± 0,001	0,02 ± 0,01	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,01 ± 0,003	–	0,002 ± 0,001	0,1

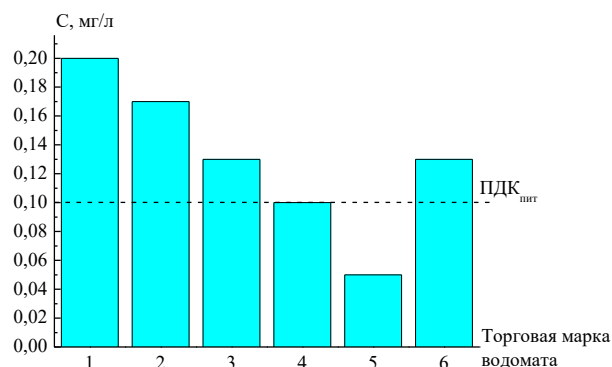


Рис. 3.1. Содержание Mn^{2+} в питьевой воде

- 1 - «Родник здоровья. Природная артезианская вода» г. Иваново, ул. Батурина, 17;
- 2 - «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Громобоя, 25;
- 3 - «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Дунаева, 40;
- 4 - «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Ушакова 1-ая, 70;
- 5 - «Природный источник. Чистая артезианская вода» г. Иваново, ул. Поэта Ноздрина, 11;
- 6 - «Источник здоровья. Чистая вода» г. Иваново, ул. Садовая, 36.

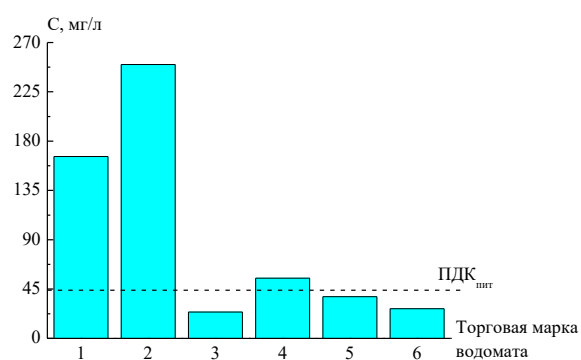


Рис. 3.2. Содержание NO_3^- в питьевой воде

При хроническом отравлении марганцем в перинатальный период происходит усиление процесса гемолиза эритроцитов, усугубляется протекание физиологической желтухи, происходит ингибирование одной из стадий утилизации билирубина. Накопление марганца в организме может привести к болезни Паркинсона, увеличению числа болезней костно-мышечной и мочеполовой систем, осложнений беременности и родов. Нитраты способствуют образованию в крови метгемоглобина, препятствующего нормальному окислительному процессу в организме. При взаимодействии NO_3^- с алифатическими и ароматическими аминами, как в природных водах, так и в организме человека образуются нитрозамины, являющиеся активными канцерогенами.

Для минимизации содержания данных элементов рекомендуется использовать систему доочистки воды перед её употреблением. Например, фильтрация с применением бытовых устройств кувшинного типа. Кроме того, для торговых компаний рекомендуется усовершенствовать систему водоподготовки в водоматах, установив необходимое оборудование доочистки, например, ионнообменные фильтры или системы обратного осмоса.

Выводы:

1. Результаты химического анализа проб питьевой воды из вендинговых аппаратов различных торговых марок показали повышенное содержание соединений Mn^{2+} (1 - 2 ПДК_{пит}) и NO_3^- (1,2 - 5,56 ПДК_{пит}).

2. Обнаружено несвоевременное обновление протоколов лабораторных испытаний о качестве продаваемой питьевой воды или их отсутствие.

3. Выявлено, что реальные данные о качестве питьевой воды из водоматов выше, чем данные, представленные поставщиками.

4. Рекомендуется самостоятельно доочищать воду непосредственно перед её употреблением с применением сорбционных методов и рекомендовано усовершенствование методов доочистки для владельцев водоматов.

Заключение:

В работе планируется увеличить количество образцов воды для дальнейшего исследования, отобранных из водоматов г. Иваново различных торговых марок. Кроме того, отбор проб будет проводиться 1 раз в квартал для выявления возможного сезонного изменения качества воды.

Список литературы:

1. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений рН проб вод потенциометрическим методом.
2. ГОСТ Р 52407-2005 Вода питьевая. Методы определения жесткости.
3. ГОСТ 4245-72 "Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов" (введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 9 октября 1972 г.).
4. ПНД Ф 14.1:2:4.111-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации хлорид-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах меркуриметрическим методом.
5. ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов.
6. ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ.
7. ПНД Ф 14.1:2.3-95. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса.
8. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.
9. ГОСТ 18165-2014 Вода. Методы определения содержания алюминия (Переиздание с Поправкой).
10. ПНД Ф 14.1:2:4.166-2000. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации алюминия в пробах природных, очищенных сточных и питьевых вод фотометрическим методом с алюминоном.
11. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа (с Изменениями N 1, 2).
12. ГОСТ 4974-2014 Вода питьевая. Определение содержания марганца фотометрическими методами.
13. ГОСТ 31956-2012 Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома.
14. ГОСТ 4388-72 Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди.
15. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
16. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: издание официальное: утвержден главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021: введен 01.03.2021. – Москва. 2021. – 1029 с.