УДК 628.11 628.14

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВТОРИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЯХ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Турнаева Е.А., Сидоренко О.В., Прикащикова М.С., Турнова М.Н.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, e-mail: zkafviv@tgasu.ru

Проведен анализ гидравлической модели водопроводной сети города Тюмени с целью выявления зон с наибольшей вероятностью вторичного загрязнения воды продуктами коррозии. К таким зонам были отнесены участки: с ограниченным водоразбором; с высокими скоростями движения воды и локальными изменениями скорости и направления потока; с высокой степенью износа трубопроводов. Выполнен отбор проб воды на ряде участков. Несмотря на удовлетворительное качество воды, поступающей в водопроводную сеть после станций водоочистки, у конечных потребителей может наблюдаться ухудшение ее качественных показателей, в частности, по содержанию общего железа. Для выявления наиболее проблемных участков водопроводной сети проведена работа по систематизации «жалоб населения на качество воды», фиксируемых базой данных «Астра» ООО «Тюмень Водоканал». Обобщенная информация представлена на карте города. Данные, полученные в ходе эксперимента, и данные, полученные при обработке данных АИС «Астра», при совмещении показали наложение основных проблемных зон на водопроводной сети города. На основании чего были внесены предложения по оптимизации профилактических и ремонтных работ на водопроводной сети.

Ключевые слова: водопроводные сети, вторичное загрязнение, общее железо, коррозия

CHANGES IN WATER QUALITY CHARACTERISTICS AS A RESULT OF SECONDARY CONTAMINATION IN TYUMEN WATER SUPPLY NETWORKS

Turnaeva E.A., Sidorenko O.V., Prikaschikova M.S., Turnova M.N.

FGBOU VPO Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, e-mail: zkafviv@tgasu.ru

There has been performed analysis of the hydraulic model of Tyumen water supply network to identify areas with the greatest probability of secondary water contamination with corrosion products. These areas were classified as areas with limited water draw-off; high water speeds and local changes of speed and direction of flow; with a high wear degree of pipelines. There was performed water sampling at several sites. Despite the satisfactory quality of the water entering the water supply network after waste-water treatment plants the end customers may experience reduction of its quality indicators, in particular, the content of total iron. To find out the problem areas of the water supply network it was carried out the work on the systematization of «public complaints about water quality», recorded by a database «Astra» Ltd Co «Tyumen Vodokanal». Summarized information is presented on the city map. Data obtained during the test and the data obtained in the processing of AIS (automated information system) «Astra» was combined and they showed an overlay of the principal problem areas on the city water supply network. On the basis of what offers on optimization of scheduled and repair work on a water supply system were made.

Keywords: water supply networks, secondary contamination, total iron, corrosion

Водоснабжение города Тюмени осуществляется из двух источников: поверхностный – река Тура (Метелевский водозабор) и подземные воды Велижанского месторождения. Производительность Метелевского водозабора составляет 150 тыс. м^3/сут, Велижанского – 128 тыс. м^3/сут. Качество поверхностных и подземных вод значительно отличается, и, следовательно, к ним применяются различные технологии водоподготовки.

Вода, поступающая в распределительную водопроводную сеть после очистных сооружений, соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», но в процессе транспортировки ее качество может значительно ухудшаться.

Для города Тюмени является актуальным мониторинг качества воды у конечных потребителей и анализ причин отклонения основных показателей от нормативных.

Целью работы является проведение системного анализа отклонения основных показателей качества воды от нормативных при транспортировке от водоочистных сооружений до конечного потребителя.

Для достижения поставленной цели в процессе исследования решались следующие **задачи**:

1. Прогноз участков водопроводной сети с отклонением показателей качества воды на основе конфигурации сетей города Тюмени. Выявление зон водопроводных сетей с отклонениями показателей качества воды на основании жалоб населения по данным АИС «Астра», разработанной в ООО «Тюмень Водоканал».

2. Определение общего железа, как основного фактора вторичного загрязнения, в воде, поступающей к потребителям по сетям централизованного водоснабжения.

3. Разработка предложений для ООО «Тюмень Водоканал» по оптимизации профилактических и ремонтных работ на водопроводной сети.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть данной работы проводилась в химической лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет».

Отбор проб проводился в соответствии ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» и ГОСТ Р 51593-2000 «Вода питьевая. Отбор проб» [5].

Анализы воды проводились по методике межгосударственного стандарта ГОСТ 4011-72 «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа» [4]. Контроль качества результатов осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725–2002 [6].

При определении концентрации общего железа использовались следующие приборы: спектрофотометр ПЭ-5400ви, со спектральным диапазоном 315–1000 нм и колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2МП, спектральный диапазон которого 315–980 нм.

Результаты исследования и их обсуждение

Минерализация и химический состав подземных вод определяются климатическими условиями района и условиями водообмена. Вода подземных источников Тюменской области, как правило, характеризуется невысокой минерализацией, повышенным содержанием органических веществ, железа (Fe^{2+}) и марганца (Mn^{2+}), наличием растворенных газов (сероводород, углекислота) и пониженными значениями pH. Такой качественный состав подземных вод обусловлен наличием огромного количества заболоченных территорий, которое оказывает непосредственное влияние на их формирование [1].

Качество воды реки Туры характеризуется повышенной цветностью, перманганатной окисляемостью, малой мутностью и может изменяться в течение года в зависимости от интенсивности поступления загрязнений с талыми и дождевыми водами [7]. Резкое ухудшение качества воды может быть вызвано сбросом неочищенных сточных вод промышленными предприятиями и другими потребителями выше города Тюмени по течению реки, что отражается на качестве водопроводной воды, поступающей к конечному потребителю.

Качественные показатели воды, используемой для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени, представлены в табл. 1.

Очищенная вода, поступающая в водопроводную сеть города, в процессе транспортировки может получить вторичное загрязнение в результате контакта с чугунными и стальными трубопроводами и арматурой. Наиболее распространенным видом вторичного загрязнения являются продукты коррозии металлов.

В основе процессов коррозии лежат окислительно-восстановительные реакции металлов с водной системой, которые сопровождаются переходом металлов в более устойчивое термодинамическое состояние. Данный процесс реализуется по механизму электрохимической коррозии, причину протекания которого обуславливает возникновение на поверхности металла, соприкасающегося с водной системой, значительного количества коррозионных гальванопар из-за различия величин потенциалов катодных и анодных зон [3].

Таблица 1

Качественные показатели воды, используемой для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (ПДК), не более	Метелевский водозабор		Велижанский водозабор	
			Исходная вода	РЧВ	Исходная вода	РЧВ
pH	единицы pH	в пределах 6–9	7,17–7,86	6,02–6,86	7,08	7,21
Цветность	градусы цветности	20	40–260	10–20	25	20
Окисляемость перманганатная	мгO_2/дм^3	5	14,28–28,86	6,72–9,32	3,97–4,36	3,64–3,66
Жесткость общая	ммоль/дм^3	7	1,94–3,6	1,9–3,5	3,70–5,23	3,25
Мутность	мг/дм^3	1,5	3,09–10,16	0,23–1,50	4,25–5,27	0,58–0,87
Хлориды	«	350	24,2–27	17,31–30,6	3,33–3,67	5–6,5
Сульфаты	«	500	33,3–43,47	38,14–75,55	<25	<25
Железо общее	«	0,3	1,19–3,0	0,21–0,30	2,43–3,26	0,13–0,22

Изменение разности потенциалов на поверхности металла и, как следствие, скорости коррозии обусловлено внешними и внутренними факторами. К внутренним факторам можно отнести наличие внутренних напряжений, природу металла, его кристаллическое строение, температуру, наличие загрязнений в металле. К внешним факторам относятся: температура и скорость движения воды, тип гидравлического режима, pH воды, природа и концентрация окислителей, в том числе растворенного кислорода, их доступ к поверхности металла [8].

Коррозионные процессы, протекающие на поверхности материала труб, зависят от физико-химических условий в приповерхностном слое, скорости потока и других факторов.

В водопроводных сетях обогащение воды продуктами коррозии наиболее вероятно на участках:

- ограниченного водоразбора (застойные зоны);
- с частым изменением направления потока (что способствует повышенному механическому уносу продуктов коррозии и образованию новых, улучшению контакта окислителя с металлом);
- интенсивного развития колоний железобактерий;
- с частыми отключениями воды (создание атмосферы влажного воздуха внутри трубы при ее опорожнении).

Водопроводная сеть города Тюмени имеет протяженность более 1 тыс. км, на которой расположены 14 тысяч водопроводных колодцев, 35 тысяч единиц запорной арматуры, 462 водоразборных колонки и примерно 2147 пожарных гидрантов. Сеть комбинированная. Для обеспечения надежности работы сети основные магистральные участки закольцованы, но существуют и тупиковые ответвления, как правило, в районах частной (малоэтажной) застройки и подключения к отдельным потребителям.

С учетом поступления воды в сеть из разных источников можно выделить районы с обеспечением водой от Метелевского, Велижанского водозаборов и районы смешанного питания, представленные на рис. 1.

Для выявления участков водопроводной сети, подверженных вторичному загрязнению, проведен анализ гидравлической модели системы водопровода г. Тюмени на базе ГИС «Zulu» (разработанной ООО «Тюмень Водоканал») [9], с учетом конфигурации сети, распределения потоков воды от разных водозаборов, влияния преобладающих скоростей движения воды на участках, срока эксплуатации сети (степени износа).

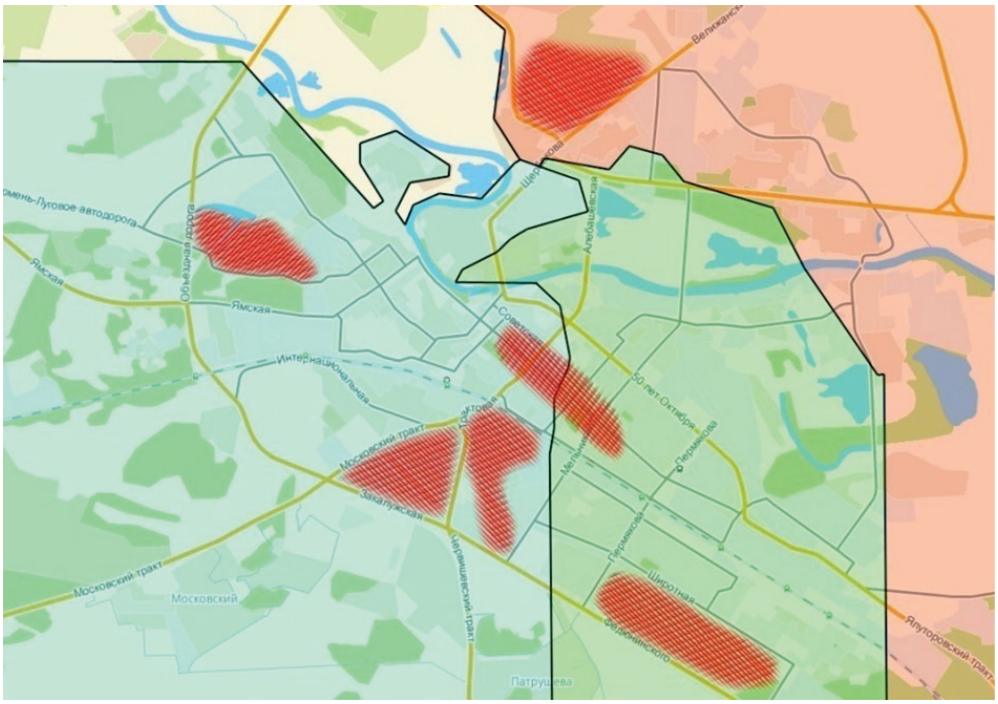

Рис. 1. Карта г. Тюмени с районами наибольшей вероятности ухудшения показателей качества воды. Цветом выделены зоны влияния водозаборов:
– Метелевский водозабор; – Велижанский водозабор; – смешанное питание

Таблица 2

Результаты измерения концентраций общего железа в питьевой воде конечного потребителя

Точка отбора проб	Дата отбора проб	Время отбора проб	Концентрация общего железа, мг/дм^3
1	11.03.14	6:15	0,55
2	12.03.14	6:25	0,15
3	12.03.14	6:35	0,86
4	19.03.14	6:24	0,26
5	19.03.14	6:38	1,00
6	26.03.14	6:05	0,44
7	26.03.14	6:15	1,72
8	09.04.14	6:32	0,76
9	09.04.14	6:18	0,20
10	16.04.14	6:07	0,08
11	16.04.14	6:15	0,15
12	16.04.14	6:25	0,13

К таким участкам были отнесены: тупиковые ответвления с ограниченным водоразбором в течение суток; участки сети в новостройках на стадии заселения зданий; участки со значительным сроком эксплуатации труб.

Для исследования вторичного загрязнения воды в части выделенных районов были выбраны несколько десятков точек отбора проб (на рис. 1 укрупненно показаны районы, где производился отбор проб воды).

Предварительно, с целью выявления влияния неравномерности водопотребления на качественные характеристики воды, по нескольким точкам сети проведен мониторинг изменения содержания общего железа в течение недели. Результаты мониторинга показали увеличение концентрации железа, вплоть до значений, превышающих норматив, в утренние часы и в будние дни, особенно со среды по пятницу (0,35–0,60 мг/дм^3), что можно объяснить снижением потребления воды в предыдущий временной период и, как следствие, застой воды в трубах и обогащение воды соединениями железа в результате коррозии труб.

Дальнейшие исследования проводились с учетом полученных данных. Результаты измерений концентраций общего железа в разных точках водопроводной сети выборочно приведены в табл. 2. Погрешность измерения лежит в пределах, указанных стандартом.

Как видно из таблицы, в ряде случаев выявлено превышение ПДК общего железа в воде водопроводных сетей на выделенных участках, что подтверждает правильность выбора факторов, влияющих на процессы вторичного загрязнения воды.

Выявление проблемных участков водопроводной сети возможно также на основе систематизации жалоб населения. Для оптимизации процесса обмена информацией и принятия оперативных решений в ООО «Тюмень Водоканал» внедрена автоматизированная информационная система «Астра», которая позволяет осуществлять непрерывный мониторинг за ключевыми направлениями работы предприятия [2].

В наших исследованиях был проведен анализ базы данных «Астра» по категории «жалобы на качество» за период с 09.2013г. по 09.2014 г., общее количество которых составило 560 обращений. Из общего количества жалоб были исключены единичные, не подтвержденные лабораторией водоканала. Также были исключены участки сети, на которых происходило изменение качества воды в связи с плановыми работами ООО «Тюмень Водоканал» по обслуживанию сети (установка запорной арматуры и т.д.), так как жалобы носили временный характер и в дальнейшем не повторялись. Для обобщения полученных данных все жалобы в соответствии с адресами были нанесены на карту города (рис. 2), что позволило выявить участки и зоны водопроводных сетей, где существует вероятность отклонения показателей качества воды в водопроводной сети.

Данные, полученные в ходе эксперимента, и данные, полученные при исследовании АИС «Астра», при совмещении показали районы, в которых вероятно периодическое ухудшение качества воды. Полученные результаты были представлены в ООО «Тюмень Водоканал», что позволило скорректировать график работы по профилактической промывке и плановым ремонтным работам трубопроводов.

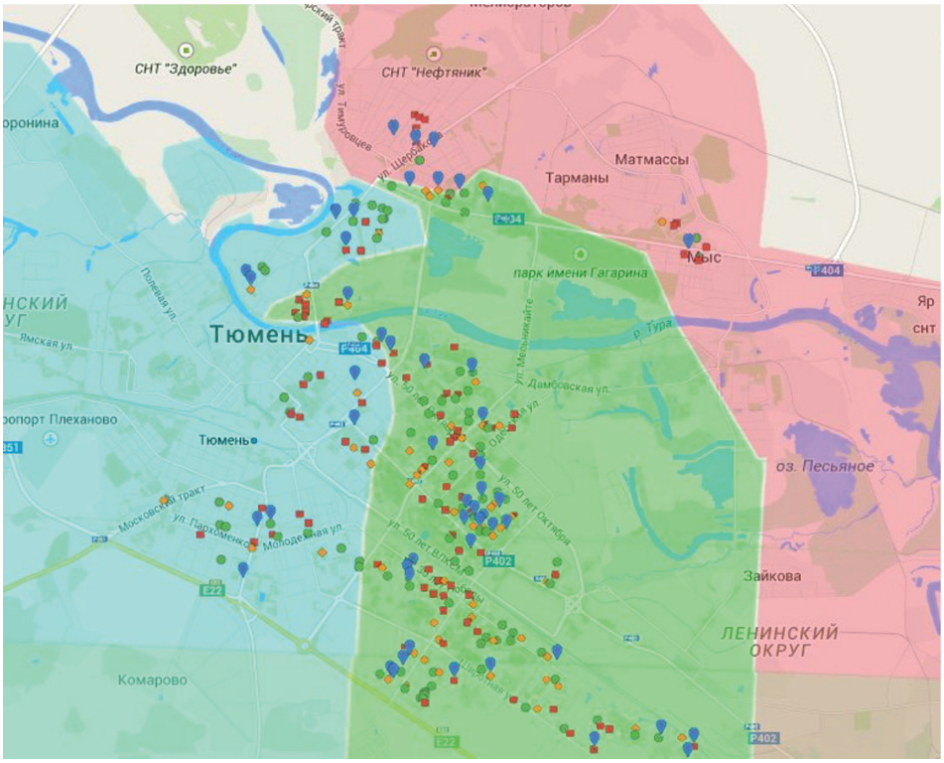

Рис. 2. Совмещенная карта зон влияния водозаборов и распределения систематических жалоб населения на качество воды

Выводы

1. В результате проведенной работы выявлены основные зоны на водопроводной сети города с наиболее вероятным отклонением качества воды от требования СанПиН.

2. Проведены лабораторные исследования содержания общего железа как основного фактора вторичного загрязнения в воде потребителей, расположенных на проблемных участках водопроводной сети. Выявлены факты превышения в воде концентрации общего железа (в ряде случаев в 3–5 раз).

3. Предложены рекомендации по оптимизации профилактических и ремонтных мероприятий с учетом выявленных проблемных участков водопроводной сети.

Проведение дальнейших исследований (изучение качественного состава воды на наличие компонентов, активирующих процесс коррозии; микробиологического загрязнения сульфо- и железобактериями; материалов труб, срока эксплуатации и гидравлического режима работы сети) осуществляется в рамках сотрудничества ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ» с ООО «Тюмень Водоканал».

Список литературы

1. Болотова О.В. Исследования по снижению содержания углекислоты из подземной воды Тюменского региона: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Нижний Новгород, 2005. – 19 с.

2. Вакарина Л.Н. Информационная система учета и обработки клиентских запросов / Л.Н. Вакарина, С.А. Пащенко, Е.А. Незамаев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 6. – С. 66–71.

3. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н. Беликова С.Е. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

4. ГОСТ 4011 – 72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1987. – 8 с.

5. ГОСТ Р 51593-2000 Вода питьевая. Отбор проб. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 13 с.

6. ГОСТ Р ИСО 5725-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 31 с.

7. Пимнева Л.А., Загорская А.А. Использование активированного угля для интенсификации процессов очистки природных вод Тюменского региона // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 266.

8. Технический справочник по обработке воды: в 2 томах. Том 1: пер. с фр. – СПб.: Новый журнал, 2007. – 920 с.

9. Шишов С.Ю. Гидравлическая модель для контроля и управления режимом работы системы водоснабжения г. Тюмени / Шишов С.Ю., Иванов В.М., Бычков Д.А., Незамаев Е.А. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 6. – С. 59–65.