

УДК 628.11:556

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОТ ВОДОЗАБОРА ДО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Качалова Г.С.

*Тюменский индустриальный университет (учебное подразделение Строительный институт),
Тюмень, e-mail: galinakachalova@mail.ru*

Снабжение питьевой водой города Тюмени осуществляется из двух источников. Около 40% – из подземных источников Велижанского водозабора. 60% – из Метелёвского водозабора, источником для которого служит река Тура, являющаяся наиболее протяжённым притоком реки Тобол. По принятой классификации химического состава вод, вода реки Тура принадлежит к гидрокарбонатному типу с преобладанием главного аниона HCO_3^- ; а также значительного количества сульфатов, из катионов присутствуют кальций и магний в количестве до 300-450 мг/л, что соответствует средней минерализации. На участке города Тюмени качество воды в реке Тура подходит классу «чрезвычайно грязная». Цель исследования – анализ качества воды в реке Тура, на Велижанском и Метелёвском водозаборах, а также в различных районах частного сектора г. Тюмени; сравнение качества воды из различных водозаборных колонок с характеристиками воды Велижанского, Метелёвского водозаборов. Анализировали физические показатели качества воды: цветность, запах, вкус, прозрачность, плотность; химические: жёсткость, щёлочность, кислотность, водородный показатель pH, окисляемость, остаточный хлор. Анализу подвергалась вода из колонок, расположенных в шести районах частного сектора города Тюмени: Заречный (улица Береговая, 205), Мыс (улица Глинки, 16), Лесобаза (улица Константина Заслонова, 40), улица Воровского, Дом Оборона (улица Ямская, 48), Букино (Полетаева, 30А). Состояние воды на Велижанском и Метелёвском водозаборах отвечает требованиям действующего СанПиНа, но, проходя многокилометровый путь от водозабора до потребителя, меняет свои исходные показатели в худшую сторону. Необходимо совершенствовать как сам процесс водоподготовки, так и качество трубопроводов.

Ключевые слова: вода питьевая, показатели качества воды, водозабор, частный сектор, потребитель

ANALYSIS OF CHANGES IN WATER QUALITY FROM WATER INTAKE TO CONSUMER

Kachalova G.S.

*Department of General and Special Chemistry, the Industrial University of Tyumen,
Tyumen, e-mail: galinakachalova@mail.ru*

The supply of drinking water in the city of Tyumen is carried out from two sources. About 40% – from underground sources of Velizhansky water intake. 60% – Metelevisky water intake, the source of which is the Tura River, which is the longest tributary of the Tobol River. According to the accepted classification of the chemical composition of the waters, the water of the Tura River belongs to the hydrocarbonate type with the predominance of the main anion HCO_3^- ; as well as a significant amount of sulfates, calcium and magnesium are present from cations in an amount of up to 300-450 mg/l, which corresponds to average mineralization. On the site of the city of Tyumen, the water quality in the Tura River fits the “extremely dirty” class. The purpose of the study is to analyze the water quality in the Tura River, at the Velizhansky and Metelevisky water intakes, as well as in various areas of the private sector of Tyumen; comparison of water quality from various water intake columns with water characteristics of Velizhansky and Metelevisky water intakes. Physical indicators of water quality were analyzed: color, smell, taste, transparency, density; chemical – stiffness, alkalinity, acidity, hydrogen pH, oxidability, residual chlorine. Water from columns located in six areas of the private sector of the city of Tyumen was analyzed: Zarechny (Beregovaya street, 205), Cape (Glinka street, 16), Lesobaz (Konstantin Zaslouov street, 40), Vorovsky street, House of Defense (Yamskaya street, 48), Bukino (Poletaeva, 30A). The state of water at Velizhansky and Metelevisky water intakes meets the requirements of the current SanPIN, but, passing a multi-kilometer path from the water intake to the consumer, it changes its initial indicators for the worse. It is necessary to improve both the water treatment process itself and the quality of pipelines.

Keywords: drinking water, water quality indicators, water intake, private sector, consumer

Снабжение питьевой водой города Тюмени осуществляется из двух источников. Около 40% – от подземных источников Велижанского водозабора. 60% – из Метелёвского водозабора, источником для которого служит река Тура, являющаяся наиболее протяжённым притоком реки Тобол. Река Тура впадает в реку Тобол, имеет длину 1030 км, беря начало на восточном склоне Среднего Урала. Для реки Тура характерны: четко выраженное весеннее половодье, летние и осенние дождевые паводки, ежегодно

повторяющееся сезонное стояние низких (меженных) уровней воды в реках. В поступлении в реку Тура вод преимущественное значение имеют снеговые воды. Имеет место изменение сезонного соотношения подземной и поверхностной составляющих стока. Таловые воды в суммарном годовом стоке вод составляют приблизительно 50%, подземный поток составляет порядка 28% стока. По принятой классификации химического состава вод, вода реки Тура принадлежит к гидрокарбонатному типу с преобла-

данием главнейшего аниона HCO_3^- , а также значительного количества сульфатов, из катионов присутствуют кальций и магний в количестве до 300-450 мг/л, что соответствует «средней минерализации». Сумма ионов в речной воде в течение года обычно колеблется от 200 до 621 мг/л. Жесткость воды находится в пределах от 0,6 ммоль/л в весеннее половодье до 4,5 ммоль/л в зимнее время. В реке Тура из органических соединений имеют место растворённые гуминовые и фульвокислоты. На участке города Тюмени качество воды в реке Тура подходит к классу «чрезвычайно грязная». В реку Тура сточные воды металлургических заводов Свердловской области приносят свинец, олово, кадмий, хром, никель, медь, мышьяк, цинк. В результате концентрация тяжелых металлов в 15-30 раз превышает ПДК. В 10-30 раз превышает ПДК концентрация нефтепродуктов как следствие аварий при эксплуатации месторождений и транспортировке нефти. Наряду с нефтепродуктами имеет место загрязнение продуктами неорганического происхождения: азотсодержащими веществами, нитратами [1-3].

Технология обработки воды на Метелевском водозаборе состоит из следующих стадий: хлорирование, коагуляция, флокуляция, отстаивание воды, фильтрация с последующим хлорированием. Цель первичного хлорирования – обеззараживание воды. Цель коагуляции – удаление из воды коллоидно-дисперсных примесей. Цель флокуляции – интенсификация процесса слипания коллоидных частиц, ускорение образования хлопьев, уплотнения их с последующим выпадением в осадок. С начала процесса очистки до его завершения проходит от 2,5 до 4 часов [4; 5].

Велижанский водозабор – подземный источник водоснабжения, расположенный в 30 км от города. Система очистки воды, действующая с 1972 года на базе подземных источников Велижанского водозабора, заменена практически полностью на новую. На нем установлена технология аэрации (дегазация и фильтрация). Были выведены из эксплуатации и переоборудованы под аэраторы-дегазаторы четыре фильтра водозабора. К кварцевому песку, который использовался в фильтрах ранее для очистки, добавили новый материал – «Бризант», способный удалять примеси молекулярного характера [6].

Вода из Метелевского и Велижанского водозаборов закольцована в единую систему, от которой и забирается в водозаборные

колонки, расположенные в разных частях города. Водозаборная колонка представляет собой специальное приспособление, которое необходимо для подачи воды из центрального водопровода.

Цель исследования – определение качества воды в реке Тура, на Велижанском и Метелевском водозаборах, а также в различных районах частного сектора г. Тюмени; сопоставление качества воды из различных водозаборных колонок с характеристиками воды Велижанского, Метелевского водозаборов.

Материалы и методы исследования

Исследовали воду из колонок, расположенных в шести районах частного сектора города Тюмени, а именно: Заречный (улица Береговая, 205), Мыс (улица Глинки, 16), Лесобаза (улица Константина Заслонова, 40), улица Воровского, Дом Оборона (улица Ямская, 48), Букино (Полетаева, 30А). Карта расположения исследуемых колонок – места отбора проб представлены на рисунке.

Пробы были отобраны 8.04.2021 г. в соответствии с действующей методикой отбора проб [7]. Средняя цифра показателя выведена на основании трёх определений. Исследования проводились в учебно-исследовательской лаборатории кафедры общей и специальной химии, Строительный институт, ТИУ.

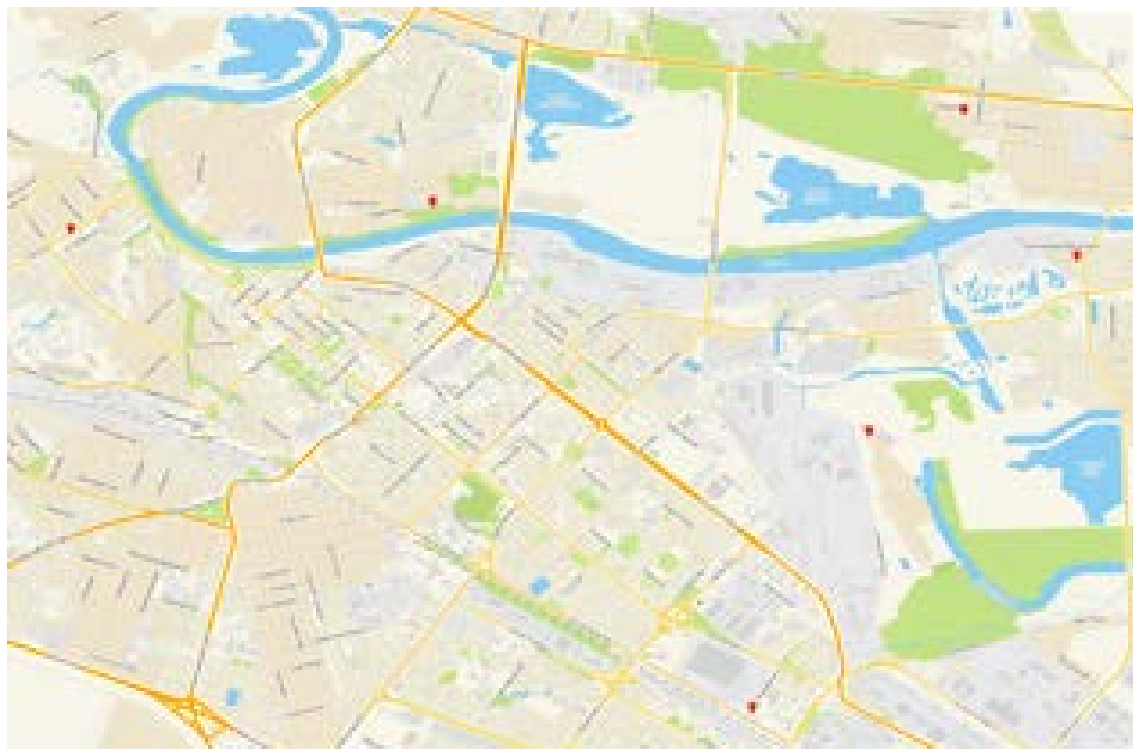
Исследовали основные физические и химические показатели: физические – запах, вкус, цветность, прозрачность, плотность; химические – щёлочность, кислотность, жёсткость, окисляемость, водородный показатель pH, остаточный хлор.

Методы анализа физических показателей

Для определения цветности воды был применен метод сравнительной оценки (по бихромат-кобальтовой шкале). Выбор бихромат-кобальтовой шкалы обусловлен цветностью природных вод, характерной для заболоченных территорий Тюменской области [8].

Вкус и запах определяли по пятибалльной шкале в соответствии с методикой определения. Запах характеризовался по соответствующим принятым признакам (землистый, болотный, рыбный, гнилостный, ароматический...) [8, 9].

Прозрачность воды определяли методом шрифта – путем чтения стандартного шрифта через столб воды, находящийся в цилиндре при условии помещения цилиндра на высоту 4 см от стандартного шрифта. Прозрачность воды выражается в сантиметрах максимальной высоты столба воды, сквозь который отчетливо читается шрифт [8].



*Карта расположения исследуемых колонок:
• места забора проб воды*

Плотность воды определяли ареометром с точностью до третьего десятичного знака.

Определение химических показателей: общую жесткость определяли комплексно-метрическим методом путем титрования Т-Б (Трилон-Б) с индикатором эриохромом черным в присутствии аммонийной буферной смеси до перехода вишнево-красной окраски в синюю [8].

Перманганатную окисляемость воды определяли методом обратного титрования перманганатом калия (KMnO_4) по методу Шульца в щелочной среде и по методу Кубеля в кислой среде [8].

Щелочность воды определяли титрованием соляной кислотой последовательно с индикатором фенолфталеином и метилоранжем. Наблюдалось отсутствие щелочности по фенолфталеину (отсутствует малиновая окраска). При последующем добавлении метилоранжа наблюдался переход окраски с желтой до розовой [8].

pH воды определялся с помощью прибора pH-метра марки И-160 [8].

Общую кислотность воды определяли титрованием щелочью NaOH с индикатором фенолфталеином до появления не исчезающей слабозеленой окраски [8].

Остаточный хлор определяли по KI в кислой среде, титрованием $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в присутствии ацетатной буферной смеси и индикатора крахмала [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Показатели качества воды Велижанского и Метелёвского водозаборов представлены в таблице 1.

Выводы: цветность воды от Метелёвского водозабора выше, возможно, это можно объяснить сезоном года, временем отбора проб – период весеннего половодья. Землистый запах воды Велижанского водозабора характерен для подземных источников водоснабжения, каким и является Велижанский водозабор. Запах хлора на Метелевском водозаборе – результат прехлорирования, что практикуется в период весеннего половодья. Вода на Велижанском водозаборе более прозрачная, возможно, это объясняется тем, что вода, проходя через слой грунта, фильтруется, очищается. Жесткость воды обоих водозаборов <4 ммоль/л. Вода по характеру, в соответствии с классификацией природных вод по жесткости, определяется как «мягкая», что является очевидным, по-

сколько река Тура протекает по заболоченной территории Тюменской области. Окисляемость воды Велижанского водозабора выше по сравнению с водой Метелёвского. Возможно, это обусловлено повышенным содержанием в подземной воде катионов Fe^{+2} , которые, окисляясь до Fe^{+3} , дают более высокие значения окисляемости. Повышенное содержание остаточного хлора в воде Метелевского водозабора связано с прехлорированием воды в период половодья. Показатели качества воды в реке Тура, Метелёвском и Велижанском водозаборах

и различных районах города Тюмени представлены в таблице 2.

Анализируем цветность воды в водоразборных колонках районов: Мыса, Лесобазы, улицы Воровского, Заречного – цветность воды сохранилась только в Букино, в остальных ухудшилась. Это объясняется тем, что в воду попадают катионы железа в результате коррозии труб, а также жизнедеятельности микроорганизмов, которыми обрастает внутренняя сторона труб; а также возможно попадание болотных вод (гумуса) во время ремонтных работ [10].

Таблица 1

Результаты исследования качества воды Велижанского и Метелёвского водозаборов

Показатели качества		Велижанский водозабор	Метелевский водозабор	
Физические	цветность (градусы)	5	25	
	запах (баллы)	3 – землистый	2 – запах хлора	
	вкус (баллы)	1 – горький	3 – кислый	
	прозрачность (см)	30	26	
	плотность (кг/м ³)	996	994	
Химические	жесткость	общая жесткость (моль/л)	2,00	2,27
		по Кубелю (мг·л ⁻¹)	1,60	1,26
	окисляемость	по Шульцу (мг·л ⁻¹)	2,15	1,66
		хлор остаточный (мг/л)	0,50	0,60

Таблица 2

Показатели качества воды в различных районах города Тюмени

Позиция	Цветность, град.	Запах, баллы	Вкус, баллы	Прозрачность, см	Плотность, кг/м ³	Жёсткость, ммоль/л	Окисляемость, мгО ₂ /л	Щёлочность, ммоль/л	Кислотность, ммоль/л	pH
Река Тура	>30	Болотный – 4	-	11	996	1,2	20,6	1,2	1,1	6,7
Букино	15	0	0	30	996	2,7	5,5	5,7	2,2	6,7
Мыс	25	0	0	30	995	2,7	5,9	6,4	1,0	7,3
Лесобазы	30	0	0	30	995	2,8	5,0	5,6	0,9	7,3
Улица Воровского	30	0	0	28	996	2,4	5,2	5,4	2,2	6,7
Дом Оборона	5	0	Металлич. – 3	30	994	2,3	4,9	2,8	1,0	6,8
Заречный	25	0	Приятный – 2	30	995	2,4	3,3	5,8	0,8	7,7
Велижанский водозабор	5	Землистый – 3	Горький – 1	30	996	2,0	2,15	5,0	1,0	7,1
Метелёвский водозабор	20	Запах хлора	Кислый – 3	26	994	2,27	1,6	5,2	1,0	6,9
ПДК	20	3	3	30	1000	7,0	5,0	0,5-6,5	1,0	6,5-9,5

Сравниваем вкус: в воде Велижанского водозабора в ходе исследований был обнаружен очень слабый горький привкус. Горький вкус, вероятно, придает воде сульфат-анионы SO_4^{2-} (подземный водозабор). В Заречном микрорайоне вода имеет приятный привкус, обусловленный, по-видимому, наличием в ней растворенных газов CO_2 и O_2 . На улице Ямской металлический привкус, возможно, объясняется новизной труб.

Жесткость воды: в Тюмени вода мягкая. Некоторые повышения жесткости в десятых единицах в Букино, Лесобазе, на Мысу и в Заречном. На Ямской и Метелевском водозаборе жесткость одинакова. Некоторое повышение жесткости объясняется увеличением pH у образцов: Заречного, Мыса и Лесобазы и, соответственно, их щелочности, поскольку при более высоких pH увеличивается содержание в воде карбонат-анионов, следовательно, жесткость может увеличиваться.

Кислотность: самая высокая кислотность – на Воровского и в Букино. Возможно обрастание труб микроорганизмами, в результате их жизнедеятельности – выделения катионов водорода H^+ из H_2 водородными бактериями.

Окисляемость: повышение окисляемости в частном секторе г. Тюмени можно объяснить появлением веществ, способных окисляться. Например, катионов Fe^{2+} – в результате коррозии трубопроводов, попадания дождевых вод в момент ремонтных работ, размножения микроорганизмов. Ухудшение качества воды, в частности ее окисляемости, можно предотвратить заменой металлических труб на пластмассовые, что и делается в городе Тюмени.

Заключение

Исследовали качество воды в реке Тура, на Велижанском и Метелевском водозаборах, а также в различных районах частного сектора города Тюмени. Сравнили качество воды из различных водозаборных колонок с характеристиками воды Велижанского и Метелевского водозаборов. Качество воды водозаборов Велижанского и Метелевского отвечает требованиям действующего СанПиНа [11].

Но, проходя многокилометровый путь от водозабора до потребителя, вода меняет свои исходные показатели в худшую сторону. Необходимо совершенствовать как сам процесс водоподготовки, так и качество трубопроводов.

Список литературы / Reference

1. Российская Академия наук Сибирское отделение Институт водных и экологических проблем СО РАН. Новосибирск: СО РАН, 2012. 236 с.

Russian Academy of Sciences Siberian Branch Institute of Water and Environmental Problems SB RAS. Novosibirsk: SO RAN, 2012. 236 p. (in Russian).

2. Артёменко С.В., Петухова Г.А. Биоэкологическое исследование воды урбанизированных участков реки Туры // Вестник Тюменского Государственного университета. 2013. № 12. С. 199-203.

Artyomenko S.V., Petukhova G.A. Bioecological study of the water of urbane-dependent sections of the Tura River // Vestnik Tyumenskogo Gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 12. P. 199-203 (in Russian).

3. Качалова Г.С., Ткаченко А.П. Экологическая характеристика воды рек Тюменской области и прилегающих районов: материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень: ТИУ. 2017. № 3. С. 74-78.

Kachalova G.S., Tkachenko A.P. Ecological characteristic of the water of the rivers of the Tyumen region and adjacent areas: materialy Mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferentsii. Tyumen: TIU. 2017. № 3. P. 74-78 (in Russian).

4. О предприятии – ООО «Тюмень Водоканал». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vodokanal.info/about/> (дата обращения: 06.01.2022).

About the enterprise – Tyumen Vodokanal LLC. [Electronic Resource]. URL: <https://www.vodokanal.info/about/> (date of appeal: 06.01.2022) (in Russian).

5. История Метелевского водозабора и влияние на экологию. [Электронный ресурс]. URL: <https://studbooks.net/513868/bzhd/tyumenrosvodokanalkadrovayapolitika> (дата обращения: 06.01.2022).

History of Metelevsky water intake and environmental impact. [Electronic Resource]. URL: <https://studbooks.net/513868/bzhd/tyumenrosvodokanalkadrovayapolitika> (date of appeal: 06.01.2022). (in Russian).

6. Жулин А.Г., Ильин А.Д. К вопросу истории технологии очистки воды на станции обезжелезивания Велижанского водозабора // Строительный вестник. Тюмень: ТИУ, 2019. № 4 С. 40-44.

Zhulin A.G., Ilyin A.D. To the question of the history of water treatment technology at the depollation station of the Velizhansky water intake // Stroitel'nyy vestnik. Tyumen: TIU. 2019. № 4. P. 40-44 (in Russian).

7. ГОСТ 31862-2012. Вода питьевая. Отбор проб. Межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ. 2013.

8. Качалова Г.С., Казанцева Е.Ю. Химия воды: Учебное пособие. Тюмень: ТИУ, 2019. 140 с.

Kachalova G.S., Kazantseva E.Yu. Water chemistry: Textbook. Tyumen: TIU. 2019. 140 p. (in Russian).

9. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2016.

10. Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды. Практикум. Киев: Высшая школа, 1987. 172 с.

Kulsky L.A., Levchenko T.M., Petrova M.V. Chemistry and water microbiology. Workshop. Kiev: Vysshaya shkola, 1987. 172 p. (in Russian).

11. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Госкомсанэпиднадзор России. М.: Издательство стандартов, 2001.

SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic water quality requirements centralized drinking water supply systems. Quality control. Goskomsanepidnadzor of Russia. M.: Izdatel'stvo standartov, 2001 (in Russian).