

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

© Н.А. ЕРМАКОВА, А.Р. АРХИПОВА, П.В. КРАПОТИНА,
А.Ю. СИЮТКИНА, Л.К. ФАХРУТДИНОВА

Тюменский государственный университет
nertacova@utmn.ru, evereka18@rambler.ru

УДК 504.45

ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЮМЕНСКИХ ИСТОЧНИКОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД*

HYDROCHEMICAL STATE OF TYUMEN SOURCES OF HOUSEHOLD AND DRINKING WATER SUPPLY IN SPRING AND SUMMER

АННОТАЦИЯ. Проведено обобщение данных по геохимическому состоянию и содержанию нормируемых веществ в природных водах источников централизованной системы питьевого водоснабжения г. Тюмени и подземных источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проведен количественный химический анализ и экспресс-анализ проб воды из городской системы водоснабжения и подземных вод из колодцев и скважин в окрестностях г. Тюмени на содержание веществ, допустимая концентрация которых нормируется санитарными правилами. На основе проведенных исследований определены показатели качества природных вод и водопроводной воды и их соответствие гигиеническим требованиям. Поверхностные воды в р. Туре в черте г. Тюмени в весенне-летний период 2014 г. загрязнены марганцем, азотом аммонийным, нефтепродуктами. Критическим показателем загрязненности воды является загрязненность воды марганцем. Подземные воды характеризуются высоким содержанием общего железа и марганца, повышенным содержанием кремния, азота аммонийного, органических соединений, колодезная вода отличается высокой концентрацией нитратов. В водопроводной воде обнаружено превышение ПДК по железу, марганцу и перманганатной окисляемости. Установлены корреляционные связи между содержанием компонентов в поверхностных и подземных природных водах и водопроводной воде.

* Работа выполнена при поддержке Программы развития деятельности студенческих объединений Тюменского государственного университета «Университет — территория успеха» на 2012-2013, 2014 г.г.

SUMMARY. Generalization of data on the geochemical status and content of standard substances in natural water sources of the centralized drinking water supply systems in Tyumen and underground sources of decentralized drinking water supply was carried out. Data from the environmental monitoring of the following water bodies were used: surface water of the Tura River above and below the city of Tyumen, groundwater of Velizhansky field. A quantitative chemical analysis and express analysis of water samples from municipal water systems and ground water samples from wells and boreholes in the vicinity of the city of Tyumen on chemicals of allowable concentration, normalized by sanitary rules, were held. On the basis of these studies we identified indicators of the quality of natural and tap water and its compliance with hygiene requirements. Surface waters of the Tura in the spring and summer of 2014 are polluted with manganese, ammonium nitrogen, and petroleum products. The critical indicator of pollution is the manganese pollution. The groundwater is characterized by a high level of total iron and manganese, increased level of silicon, ammonium nitrogen, and organic compounds. The well water has a high concentration of nitrates. The tap water has the level of iron, manganese, and permanganate oxygen demand, higher than the maximum permissible concentration. The correlation between the content of components in the groundwater, subsurface water, and tap water has been established.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Поверхностные воды, подземные воды, гидрохимическое состояние, химический анализ.

KEY WORDS. Surface waters, ground waters, hydrochemical state, chemical analysis.

Введение. Вода является жизненно необходимым ресурсом для всего живого на планете и относится к тем природным компонентам, на состоянии которых ярко отражаются техногенные преобразования окружающей среды. Все большую актуальность в мире приобретает проблема обеспечения населения качественной питьевой водой, напрямую связанная с проблемой сохранения здоровья людей.

Тюменская область является одним из наиболее обеспеченных водными ресурсами субъектов Российской Федерации и одним из регионов с наиболее интенсивными темпами индустриального освоения территории в последние полвека. Качество водных ресурсов в значительной мере зависит от экологической обстановки в регионе и на сопредельных территориях, а также от загрязненности транзитных рек, к которым относятся все крупные реки Тюменской области. Исследованию процессов формирования химического состава поверхностных вод Западной Сибири в условиях антропогенных нагрузок локального, регионального и глобального масштаба, методологическим аспектам нормирования загрязнений, методическим вопросам гидрохимического анализа и оценки качества водных ресурсов посвящены обширные научные изыскания [1], [2], [3], [4], [5], [6]. Гидрохимическое состояние источников подземных вод региона в условиях техногенного влияния рассмотрено в работах [7], [8]. Оценке экологического состояния поверхностных и подземных источников водоснабжения г. Тюмени посвящена статья [9]. Проведенные исследования демонстрируют актуальность и практическую значимость мониторинга природных вод для прогнозирования последствий антропогенных нагрузок и сохранения качества водных ресурсов.

В данной работе обобщена информация по гидрохимическому состоянию и содержанию нормируемых веществ в природных водах источников централи-

зованной системы питьевого водоснабжения г. Тюмени, водопроводной воде из разных районов города, подземных источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и проведен сравнительный анализ состава воды в указанных водных объектах в весенне-летний период. Основными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения города являются воды р. Туры и подземные воды Велижанского и Тавдинского месторождений. Выбор календарного периода исследований обусловлен тем, что р. Тура относится к рекам с высоким весенне-летним половодьем, когда основным источником питания поверхностных водоемов являются загрязненные различными отходами талые снеговые воды [5; 63]. Высокое поступление загрязняющих веществ в водные объекты может приводить к снижению качества питьевой воды в централизованных системах и нецентрализованных источниках водоснабжения. В весенне-летний период природные воды широко используются населением в хозяйственных и рекреационных целях, поэтому востребованной является информация о соответствии качества воды нормативным требованиям по органолептическим, химическим и микробиологическим показателям.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования в данной работе являлись поверхностные воды р. Туры в черте г. Тюмени, подземные воды Велижанского водозабора, подземные воды из частных колодцев глубиной до 7 м и скважин глубиной от 12 до 28 м (Салаирский и Ялуторовский тракты), водопроводная вода из районов города, относящихся к Центральному, Калининскому, Ленинскому и Восточному административным округам г. Тюмени.

Использованы данные мониторинга (2011-2014 гг.) поверхностных вод р. Туры, проводимого Тюменским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиалом ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», информация ООО «Тюмень Водоканал» о гидрохимическом состоянии природных поверхностных вод (Метелевский и Головной водозаборы) и подземных вод (Велижанский водозабор) [10]. На основе данных по содержанию загрязняющих веществ в водных объектах Тюменской области проведена комплексная оценка степени загрязненности воды в р. Тура выше и ниже г. Тюмени по гидрохимическим показателям. Рассчитывали следующие формализованные показатели: коэффициент комплексности загрязненности воды относительно обязательного перечня (15 контролируемых ингредиентов), частные оценочные баллы по повторяемости случаев превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) и кратности превышения ПДК, обобщенные оценочные баллы по веществам, комбинаторный индекс загрязненности воды, удельный комбинаторный индекс загрязненности воды по РД 52.24.643-2002.

Проведен количественный химический анализ (КХА) и экспресс-анализ проб воды из городской системы водоснабжения и подземных вод из колодцев и скважин в окрестностях г. Тюмени на содержание веществ, допустимая концентрация которых определяется санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами. Пробы водопроводной воды отбирались в апреле-июне, подземной воды из колодцев и скважин — в апреле-августе 2014 г. Отбор проб и химический анализ проводили по стандартным методикам в лабораторных и полевых условиях, результаты обрабатывались статистическими методами [11].

В пробах водопроводной нефилътрированной и фильтрированной воды (25 образцов) и подземной воды из колодцев и скважин (18 образцов) определяли органолептические показатели, рН, жесткость общую (Ж), перманганатную окисляемость (ПО), содержание общего железа, марганца, нитрат-ионов, аммоний-ионов. Кроме перечисленных показателей в водопроводной воде определяли содержание общего активного хлора, в подземной воде — содержание нитрит-ионов, кремния и нефтепродуктов.

Определение рН проводили потенциометрическим методом (лабораторный рН-метр «Анион 4100»), жесткость — методом комплексонометрического титрования, перманганатную окисляемость — методом оксидиметрического титрования. Спектрофотометрическим методом (фотоколориметры КФК-2, «Эко-тест-2020») определяли содержание общего железа, общего активного хлора, нитрат-ионов, нитрит-ионов, аммоний-ионов, марганца, кремния и нефтепродуктов. Экспресс-анализ вне лаборатории для определения рН, жесткости, перманганатной окисляемости, содержания активного хлора, железа, марганца, нитрат- и нитрит-ионов, ионов аммония проводили визуально-колориметрическим методом с использованием тест-систем. Результаты анализа проб, полученные разными методами, сравнивали между собой и (для ряда образцов) с протоколами исследования качества воды в аккредитованных лабораториях. Соответствие показателей качества и химического состава воды гигиеническим требованиям определялось сопоставлением результатов с нормативами и предельно допустимыми концентрациями химических веществ по СанПиН 2.1.4.1074-01, СанПиН 2.1.4.1175-02, СанПиН 2.1.5.980-00.

Для установления корреляционных зависимостей ионного состава подземных вод строились матрицы парных линейных коэффициентов корреляции. Оценка статистической достоверности наличия связи между случайными величинами проводилась с использованием статистической поправки в зависимости от числа опытов [12].

Результаты исследований. Качество воды в р. Туре зависит от природных (сезона, величины годового стока, соотношения поверхностной и подземной составляющих стока) и антропогенных факторов.

В табл. 1 представлена гидрохимическая информация о качестве воды в р. Туре в черте г. Тюмени в весенне-летний период 2014 г. Содержание в воде азота аммонийного, нитрит-ионов, марганца, нефтепродуктов превышает предельно допустимые концентрации. Содержание остальных контролируемых веществ: растворенного кислорода, нитрат-иона, аммоний-иона, железа общего, меди, цинка, никеля, марганца, хлоридов, сульфатов и биохимического потребления кислорода не превышало установленных нормативов. Химический состав воды подвержен существенным колебаниям: значения коэффициента комплексности загрязненности воды изменялись с вероятностью 99% в пределах $18,9 \pm 10,8\%$, размах варьирования коэффициента комплексности составил 20,0%. Самая высокая загрязненность воды наблюдалась в апреле, самая низкая — в мае. Наблюдается небольшое снижение среднего коэффициента комплексности загрязненности воды за последние три года (рис. 1).

Коэффициент комплексности загрязненности воды является удобной характеристикой антропогенного воздействия на качество воды, но учитывает только долю контролируемых веществ с повышенной по сравнению с нормативами

концентрацией. Более информативными комплексными оценками являются комбинаторный индекс загрязненности воды и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды, учитывающие количество загрязняющих веществ, кратность превышения ПДК и повторяемость случаев загрязненности воды отдельными ингредиентами.

Таблица 1

**Информация о загрязненности воды Туры в черте г. Тюмени
в весенне-летний период 2014 года**

Месяц	Компоненты, содержание которых превышает ПДК	Кратность превышения ПДК	Количество показателей, превышающих ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности воды К, %
Март	NH_4^+ , Мп, нефтепродукты	1,6-2,0 ≥ 50 1,6	3	20,0
Апрель	NH_4^+ , NO_2^- , Мп, нефтепродукты	1,8-2,2 5,4-8,8 ≥ 50 2,2-2,6	4	26,7
Май	NH_4^+	2,2-2,4	1	6,7
Июнь	NH_4^+ , Мп, нефтепродукты	3,3-3,4 7,1 1,6	3	20,0
Июль	NH_4^+ , Мп, нефтепродукты	1,6-1,8 3,5-5,7 2,6-4,2	3	20,0
Август	NH_4^+ , Мп, нефтепродукты	2,1-2,4 5,2-6,0 5,2-6,0	3	20,0

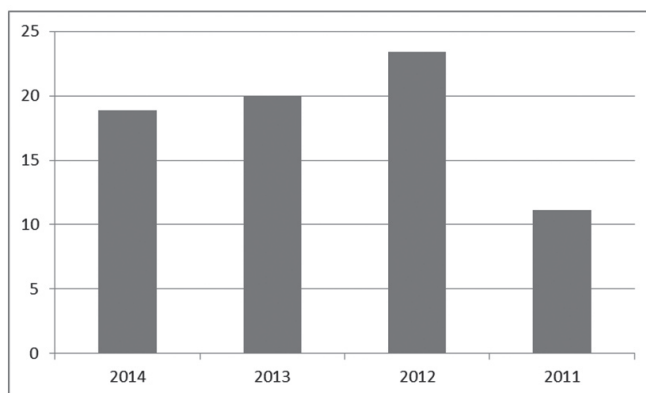


Рис.1. Среднее значение коэффициента комплексности загрязненности воды (%) в р. Тура в весенне-летний период в 2011-2014 гг.

По средним значениям кратности превышения ПДК уровень загрязненности воды в исследуемом временном интервале по марганцу классифицируется как

высокий (от 10 до 50 ПДК), по остальным компонентам как средний (от 2 до 10 ПДК). Повторяемость случаев загрязнения воды нитрит-ионами является неустойчивой (от 10 до 30 %), по аммоний-ионам, марганцу и нефтепродуктам — устойчивой (от 50 до 100 %). Наблюдается устойчивая повторяемость случаев загрязненности воды в р. Туре по нефтепродуктам и азоту аммонийному (рис. 2) в весенне-летний период в 2011-2014 г.г. За последние годы снизилась загрязненность воды нитрит-ионами, фенолами, органическими соединениями (по химическому потреблению кислорода).

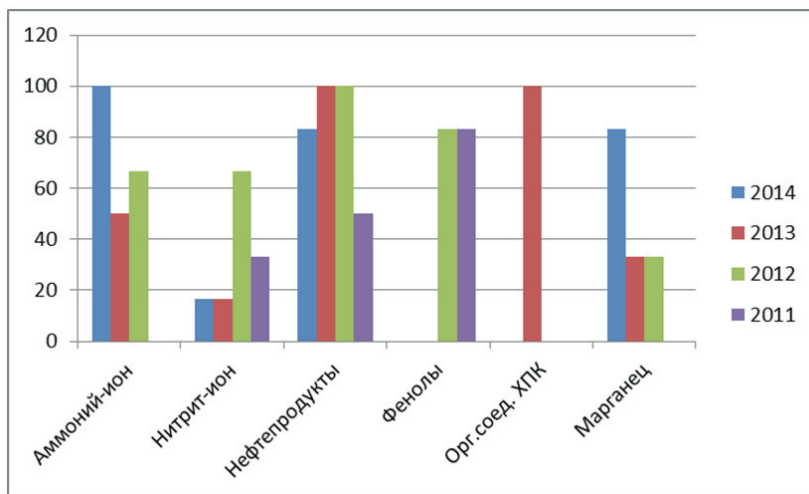


Рис. 2. Значения повторяемости (%) случаев загрязненности воды по отдельным компонентам в весенне-летний период в 2011-2014 гг.

Согласно результатам расчетов частных оценочных баллов по повторяемости случаев превышения ПДК и кратности превышения ПДК, обобщенных оценочных баллов по четырем загрязняющим ингредиентам установлено, что критическим показателем загрязненности воды в р. Туре в весенне-летний период 2014 г. является загрязненность воды марганцем. Загрязненность воды азотом аммонийным и нефтепродуктами характеризуется высокими обобщенными оценочными баллами (8,1 и 8,5 соответственно), близкими к критическому показателю (≥ 9). По значениям комбинаторного индекса загрязненности воды (33,9) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (8,5) установлено, что вода в р. Туре в черте г. Тюмени, как и ранее, относится к 4 классу («грязная» и «очень грязная»).

Основная доля нефтепродуктов и азота аммонийного в речных водах приходится на транзитный перенос, промышленные и хозяйственно-бытовые стоки, талые снеговые воды. Загрязнение поверхностных вод азотом нитритным, соединениями марганца и железа обусловлено в большей степени природными факторами. Из-за высокой степени загрязнения поверхностных вод для решения проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения предлагается постепенный переход на водоснабжение города из подземных источников [9; 174-175].

Западно-Сибирский артезианский бассейн является одним из крупнейших аккумуляторов подземных вод России. Для хозяйственно-питьевого водоснаб-

жения почти повсеместно используются воды верхнего (первого) гидрогеологического комплекса (воды третичных отложений), эксплуатационные запасы которого чрезвычайно велики. Доля подземных вод в питьевом водоснабжении составляет около 45 %.

Подземные воды Тюменского региона представляют собой сложные многокомпонентные системы, включающие комплекс неорганических и органических веществ и растворенных газов. В формировании подземных вод определяющую роль играют болотные воды. Характерной особенностью подземных вод региона является наличие в воде гумусовых соединений, комплексов органических соединений с нормируемыми элементами, высокое содержание железа и марганца [13].

Гидрохимическое состояние подземных вод в естественных условиях на территории юга области по большинству химических компонентов соответствует нормативным значениям. Высокие содержания общего железа (до 93 ПДК), марганца (до 23 ПДК), кремния (до 2 ПДК), аммония (до 10 ПДК), фенола (до 18 ПДК), бария (до 20 ПДК) связаны с природными факторами. Не исключается и роль техногенного влияния, проявляющегося в повышенных концентрациях в подземной воде брома (до 1,3 ПДК), бора (до 1,1 ПДК), нитратов (до 1,3 ПДК), свинца (до 1,6 ПДК), кадмия (до 6 ПДК), нефтепродуктов (до 3 ПДК), перманганатной окисляемости (до 4 ПДК) [14].

В силу близкого залегания уровней подземных вод к поверхности и отсутствия выдержанного по площади глинистого водоупора большая часть территории имеет очень слабую природную защищенность первого от поверхности водоносного горизонта, и все негативные проявления техногенной нагрузки отражаются на качестве подземных вод.

Таким образом, поверхностные и подземные воды источников водоснабжения города по содержанию некоторых ингредиентов не соответствуют санитарным правилам и нормам, предъявляемым к питьевой воде, и подвергаются в процессе водоподготовки многоступенчатой реагентной и безреагентной очистке.

Химический анализ воды в данной работе выполняли в лабораторных и вне-лабораторных условиях, так как вследствие нарушения равновесия в водных растворах и неустойчивости ряда ингредиентов определение химического состава следует проводить непосредственно у объекта в свежееотобранных пробах («анализ первого дня»).

Проведенный химический анализ проб воды из централизованной системы водоснабжения города показал, что количество образцов с отклонениями от гигиенических нормативов качества питьевой воды по органолептическим показателям (мутность, цветность, запах, привкус) достигает 36-40%. В ряде образцов обнаружено превышение ПДК по общему железу, марганцу и норматива перманганатной окисляемости (табл. 2), в единичных пробах — снижение рН до 5,5-5,7. Повышенное содержание железа чаще наблюдается в образцах воды, отобранных в историческом центре города и старых зданиях и, очевидно, связано с коррозией труб в изношенных системах водоснабжения. Превышение ПДК по марганцу и перманганатной окисляемости в водопроводной воде обнаружено в разных районах города и связано с составом природных вод источников водоснабжения. Остальные показатели (жесткость, содержание общего активного хлора, нитрат-ионов, аммоний-ионов) не превысили допустимых значений. Химический состав воды в городских районах различается, так как водоснабжение осуществляется смешанным потоком из разных водозаборов.

Анализ проб воды до и после фильтрования с применением стационарных установок и фильтров кувшинного типа показал, что при использовании старых фильтров может быть как недостаточная очистка, так и вторичное загрязнение воды, в ряде случаев более интенсивное, чем загрязнение природных вод. Результаты экспресс-анализа удовлетворительно согласуются с данными количественного химического анализа по всем показателям за исключением повышенного содержания железа и активного хлора в свежетобранных пробах.

Таблица 2

**Содержание железа, марганца
и перманганатная окисляемость водопроводной воды**

	Железо (общее)	Марганец	Перманганатная окисляемость
ПДК	0,3 мг/дм ³	0,1 мг/дм ³	5 мгО/дм ³
Количество образцов воды с превышением ПДК, %	28	19	22
Кратность превышения ПДК	до 8,5	до 1,8	до 3,4

В табл. 3 представлены показатели качества воды подземных источников (колодцев и скважин) по результатам внелабораторного экспресс-анализа и количественного химического анализа. Вода не соответствует установленным нормативам по органолептическим показателям. Для колодезной воды наблюдается удовлетворительное соответствие результатов, полученных разными методами анализа, и существенные различия в химическом составе проб. Обнаружено повышенное содержание в воде солей жесткости (до 1,3 ПДК), железа (до 7 ПДК), марганца (до 10 ПДК) и повышенное значение перманганатной окисляемости (до 2 ПДК), ионов аммония (до 1,1 ПДК). Во всех пробах повышено содержание нитрат-ионов до 5 ПДК.

Таблица 3

**Показатели качества воды подземных источников
нецентрализованного водоснабжения**

Определяемый показатель	Экспресс- анализ (колодец)	Результат КХА (колодец)	Экспресс- анализ (скважина)	Результат КХА (скважина)	ПДК/ норматив
Цветность, град.	≥50		20	20 ± 4	<30
Мутность, мг/дм ³				54,7 ± 7,6	1,5-2,0
Запах, баллы	3		3	3	2-3
Привкус, баллы	3		3	3	2-3
Водородный показатель, ед. рН	7	7,3 ± 0,2	8-8,5	6,7 ± 0,2	6-9
Жесткость (общая), °Ж	6	6,30 ± 0,95	18-19	11,9 ± 1,8	7-10
Железо (общее), мг/дм ³	1	0,86 ± 0,17	>5	26,1 ± 3,9	0,3

Окончание табл. 3

Марганец, мг/дм ³	0,1	0,101 ± 0,011	>0,5	0,735 ± 0,078	0,1
Нитрат-ион, мг/дм ³	>45	>50 (191)	0	<0,5	45
Нитрит-ион, мг/дм ³	0		0	0,010 ± 0,005	3
Аммоний-ион (по азоту), мг/дм ³	0	0,169 ± 0,017	1,3	2,56 ± 0,51	2
Окисляемость перманганатная, мгО/дм ³	10	14 ± 1	3-4	8,8 ± 0,9	5-7
Кремний, мг/дм ³				21,6 ± 8,1	10,0

Химический состав воды из скважин претерпевает изменения сразу после отбора пробы, поэтому наблюдается различие в результатах определения рН, жесткости и перманганатной окисляемости воды в лабораторных и полевых условиях. Во всех образцах повышено содержание железа (до 90 ПДК), марганца (до 13 ПДК), кремния (до 2,1 ПДК). В ряде проб обнаружено превышение нормативов по жесткости (до 2,2 ПДК), перманганатной окисляемости (до 1,6 ПДК), повышенное содержание ионов аммония (до 1,4 ПДК). По сравнению с колодезной вода из скважин отличается очень низким содержанием нитратов, более высоким содержанием железа и марганца, пониженным значением перманганатной окисляемости. Гидрохимическое состояние подземной воды из скважин и источников централизованного водоснабжения характеризуется близкими показателями, имеющиеся отличия связаны с закономерностями изменения химического состава от глубины источника в определенном водоносном пласте. В исследованных скважинах с увеличением глубины наблюдается некоторое снижение содержания солей жесткости (коэффициент достоверности линейной аппроксимации $R^2=0,822$), железа (0,756) и марганца (0,875) и повышение перманганатной окисляемости (0,770). Изменение содержания основных компонентов в воде подземных источников нецентрализованного водоснабжения в исследуемом временном интервале достоверно не обнаружено.

Исследованы корреляционные зависимости между химическими компонентами подземных вод колодцев и скважин (табл. 4-5). Выявлена статистически значимая прямая корреляционная связь между компонентами подземной воды из скважин (Fe-Mn, Fe-ПО, Si-pH) и колодцев (NO_3^- -ПО). Существует обратная корреляционная связь между компонентами воды из скважин (NH_4^+ -pH, Si-ПО) и в колодезной воде (NH_4^+ -pH, NO_3^- -Ж, Mn- NO_3^-). Наблюдаемые зависимости связаны с протолитическими ионными равновесиями, равновесиями реакций комплексообразования и образования коллоидных систем в природных водных растворах, взаимным аддитивным или синергетическим влиянием веществ в поликомпонентных пробах. Указанные особенности химического состояния и взаимовлияния веществ в природных водах, обладающих способностью природных объектов к восстановлению нарушенных равновесий, могут осложнять процессы очистки подземных вод в процессе водоподготовки.

Таблица 4

Матрица парных коэффициентов корреляции между содержанием компонентов в воде подземных источников нецентрализованного водоснабжения (скважины)

	Ж	Fe	pH	Mn	ПО	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Si
Ж	1	-0,071	0,190	0,355	-0,036	-0,537	0,587	0,084
Fe	-0,071	1	-0,279	0,632	0,826	0,424	0,575	0,572
pH	0,190	-0,279	1	-0,182	-0,520	-0,860	0,084	0,985
Mn	0,355	0,632	-0,182	1	0,521	-0,359	0,606	0,583
ПО	-0,036	0,826	-0,520	0,521	1	0,794	0,001	-0,999
NH ₄ ⁺	-0,537	0,424	-0,860	-0,359	0,794	1	0,368	-0,500
NO ₃ ⁻	0,587	0,575	0,084	0,606	0,001	0,368	1	-0,342
Si	0,084	0,572	0,985	0,583	-0,999	-0,500	-0,342	1

Таблица 5

Матрица парных коэффициентов корреляции между содержанием компонентов в воде подземных источников нецентрализованного водоснабжения (колодцы)

	Ж	Fe	pH	Mn	ПО	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
Ж	1	0,017	-0,073	-0,275	-0,464	-0,533	-0,964
Fe	0,017	1	0,318	-0,518	-0,203	-0,518	-0,192
pH	-0,073	0,318	1	-0,239	-0,464	-0,920	-0,416
Mn	-0,275	-0,518	-0,239	1	-0,190	-0,455	-0,936
ПО	-0,464	-0,203	-0,464	-0,190	1	0,346	0,888
NH ₄ ⁺	-0,533	-0,518	-0,920	-0,455	0,346	1	0,739
NO ₃ ⁻	-0,964	-0,192	-0,416	-0,936	0,888	0,739	1

Заключение. Качество поверхностных и подземных вод зависит от природных и антропогенных факторов. Комплексная оценка по гидрохимическим показателям степени загрязненности воды показывает, что вода в р. Туре в черте г. Тюмени, как и ранее, относится к 4 классу («грязная» и «очень грязная»). Поверхностные воды загрязнены марганцем, азотом аммонийным, нитритами и нефтепродуктами, критическим показателем загрязненности воды является загрязненность воды марганцем.

Подземные воды характеризуются высоким содержанием общего железа и марганца, повышенным содержанием органических соединений, кремния, азота аммонийного, колодезная вода отличается высокой концентрацией нитрат-ионов. В пробах водопродной воды обнаружено превышение ПДК по железу, марганцу и перманганатной окисляемости.

Показана качественная корреляция между содержанием нормируемых веществ в природных и водопродной водах. Основными загрязняющими веществами в рассмотренных водных объектах являются природные компоненты, содержащиеся в повышенных по сравнению с нормативами качества питьевой воды концентрациях, и антропогенные ингредиенты. Установлены статистически значимые корреляционные связи между содержанием компонентов в подземных водах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеенко Т.И., Соромотин А.В., Шалабодов А.Д. Качество вод и методология нормирования загрязнения // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 5-19.
2. Моисеенко Т.И., Паничева Л.П., Ларин С.И., Пологрудова О.А., Волкова Л.А. Методы исследования химического состава малых озер с целью выявления региональных особенностей его формирования // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 175-190.
3. Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. Серия «Экология». С. 80-89.
4. Кремлева Т.А., Паничева Л.П., Шавнин А.А., Барышева Д.А., Дину М.И. Оценка влияния основных природных и антропогенных факторов на формирование химического состава вод малых озер Западной Сибири статистическими методами // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 5. Серия «Химия». С. 7-21.
5. Лезин В.А. Водные ресурсы рек и озер Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. С. 62-69.
6. Ларина Н.С., Ларин С.И., Беспоместных С.Г. К вопросу о методах оценки качества вод // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 218-228.
7. Сериков Л.В., Шиян Л.Н., Тропина Е.А., Видяйкина Н.В., Фриммел Ф.Х., Метревели Г., Делай М. Коллоидные системы подземных вод Западно-Сибирского региона // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 6. С. 27-31.
8. Панина М.И. Макрокомпонентный состав подземных вод Западно-Сибирского гидрологического бассейна в пределах Семипалатинского региона // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 330. С. 208-210.
9. Переладова Л.В. Экологическое состояние источников хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. Серия «Экология». С. 173-178.
10. URL: http://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11208161@cmsArticle
11. Ларина Н.С., Катанаева В.Г., Ларина Н.В. Практикум по химико-экологическому мониторингу окружающей среды. Шадринск: Изд-во «Шадринский Дом Печати», 2007. 390 с.
12. Дерффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994. 268 с.
13. URL: <http://www.vodokanal.info/about/today/velijans/>
14. URL: http://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11187286@cmsArticle

REFERENCES

1. Moiseenko, T.I., Soromotin, A.V., Shalabodov, A.D. Quality of waters and methodology of pollution standardization. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2010. № 7. Pp. 5-19. (in Russian).
2. Moiseenko, T.I., Panicheva, L.P., Larin, S.I., Pologrudova, O.A., Volkova, L.A. Research techniques of chemical composition of small lakes for the purpose of detection of regional features of its formation. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2010. № 7. Pp. 175-190. (in Russian).
3. Kremleva, T.A., Moiseenko, T.I., Khoroshavin, V.Yu., Shavnin, A.A. Geochemical features of natural waters of Western Siberia: microelement structure. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2012. № 12. Series «Ecology». Pp. 80-89. (in Russian).
4. Kremleva, T.A., Panicheva, L.P., Shavnin, A.A., Barysheva, D.A., Dinu, M.I. Assessment of influence of the major natural and anthropogenic factors on formation of chemical

composition of waters of small lakes of Western Siberia by statistical methods. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2013. № 5. Series «Chemistry». Pp. 7-21. (in Russian).

5. Lezin, V.A. Water resources of the rivers and lakes of Tyumen region. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2011. № 12. Pp. 62-69. (in Russian).

6. Larina, N.S., Larin, S.I., Bepomestnykh, S.G. To the question of methods of evaluation test of waters. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2010. № 7. Pp. 218-228. (in Russian).

7. Serikov, L.V., Shiyan, L.N., Tropina, E.A., Vidyaykin, N.V., Frimmel, F.H., Metreveli, G., Delai, M. The colloid systems of underground waters of West Siberian region. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of the Tomsk Polytechnical University*. 2006. Vol. 309. № 6. Pp. 27-31. (in Russian).

8. Panina, M.I. Macrocomponent composition of underground waters of the West Siberian hydrological pool within Semipalatinsk region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of the Tomsk State University*. 2010. № 330. Pp. 208-210. (in Russian).

9. Pereladova, L.V. Ecological condition of sources of household and drinking water supply of Tyumen. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2011. № 12. Series «Ecology». Pp. 173-178. (in Russian).

10. http://admtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11208161@cmsArticle

11. Larina, N.S., Katanayeva, V.G., Larin, N.V. *Praktikum po khimiko-ekologicheskomu monitoringu okruzhaiushchei sredy* [A study guide on the chemical environmental monitoring of the environment]. Shadrinsk, 2007. 390 p. (in Russian).

12. Derffel, K. *Statistika v analiticheskoi khimii* [Statistics in the analytical chemistry]. Moscow, 1994. 268 p. (in Russian).

13. <http://www.vodokanal.info/about/today/velijans/>

14. http://admtyumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11187286@cmsArticle

Авторы публикации

Ермакова Надежда Александровна — профессор кафедры органической и экологической химии Института химии Тюменского государственного университета, кандидат химических наук

Архипова Анастасия Романовна — студентка Института химии Тюменского государственного университета

Крапотина Полина Викторовна — студентка Института химии Тюменского государственного университета

Сюткина Антонина Юрьевна — магистрант Института химии Тюменского государственного университета

Фахрутдинова Любовь Константиновна — студентка Института химии Тюменского государственного университета

Authors of the publication

Nadezda A. Ermakova — Cand. Sci. (Chem.), Professor, Department of Organic and Ecological Chemistry, Institute of Chemistry, Tyumen State University

Anastasia R. Arkhipova — Student, Institute of Chemistry, Tyumen State University

Polina V. Kropotina — Student, Institute of Chemistry, Tyumen State University

Antonina Y. Syutkina — Student, Institute of Chemistry, Tyumen State University

Lyubov K. Fakhrutdinova — Student, Institute of Chemistry, Tyumen State University