А. В. Ялалетдинова (инж.) ^{1а}, И. И. Белолитцев (к.т.н., доц.) ², Л. В. Еникеева (асс.) ^{1б},
М. Ю. Вождаева (д.х.н., проф., нач. отд.) ^{1,3}, Е. А. Кантор (д.х.н., проф.) ¹

ОЦЕНКА ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ НА ВОДОЗАБОРАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет,

^а кафедра физики, ^б кафедра математики

450062, г. Уфа, ул. Космонавтов 1; тел. (347) 2420718, e-mail: hawk22.89@mail.ru

² Уфимский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации,
кафедра математики и информатики

450015, г. Уфа, ул. Мустая Карима, 69/1; тел. (347) 2510823, e-mail: beloliptsev.ilya@yandex.ru

³ МУП «Уфаводоканал»,

отдел мониторинга органических загрязнителей воды

центральной химико-бактериологической лаборатории

450098, г. Уфа, ул. Российская, 157/2; тел. (347) 2846809, e-mail: vozhdavea@mail.ru

A. V. Yalaletdinova ¹, I. I. Beloliptsev ², L. V. Enikeeva ¹, M. Yu. Vozhdayeva ^{1,3}, E. A. Kantor ¹

EVALUATION OF THE TOTAL WATER HARDNESS AT VARIOUS TYPES OF WATER INTAKES

¹ Ufa State Petroleum Technological University,

1, Kosmonavtov Str., 450062, Ufa, Russia; ph. (347) 2420718, e-mail: hawk22.89@mail.ru

² Financial University under the Government of the Russian Federation, Ufa Branch,
69/1, Mustaya Karima Str., 450015, Ufa, Russia; ph. (347) 2510823, e-mail: beloliptsev.ilya@yandex.ru

³ MUE «Ufavodokanal»,

157/2, Rossiyskaya Str. 450098, Ufa, Russia; ph. (347) 2846809, e-mail: vozhdavea@mail.ru

Проведена обработка временных рядов общей жесткости в створах и резервуарах чистой воды водозаборов, расположенных на реке Уфа для периодов 1997–2002 гг., 2006–2014 гг. и 1997–2014 гг. Выявлено, что для моделирования состояния водоисточника, следует исключить первый период, так как он не учитывает тенденцию изменения общей жесткости, которая наблюдается во втором и третьем периодах. Максимальные различия в величинах общей жесткости для второго и третьего периодов достигают 55%, в то время, как для первого периода – лишь 35%. Показано, что в створах и резервуарах чистой воды тенденция ряда общей жесткости близка к линейному развитию. Выявлено, что временные ряды общей жесткости, помимо тенденции, содержат в своей структуре сезонную составляющую, равную одному году. Для временных рядов показателя в створах и питьевой воде поверхностного водозабора, отмечено также наличие циклических колебаний, период которых составляет два года. Установлено, что сезонная величина вносит максимальный вклад в значения общей жесткости. Показано, что адекватное описание состояния водоисточника может быть проведено с использованием данных последних лет (период 2006–2014 гг.), или более расши-

Processing of time series of general rigidity in points and reservoirs of clean water of water intakes located on the Ufa river for the periods of 1997–2002, 2006–2014 and 1997–2014. It was revealed that to model the condition of the water source, the first period should be eliminated, since it does not take into account the tendency of the change of total hardness observed in the second and third periods. The maximum differences in the total hardness values for the second and third periods reach 55%, while for the first period – only 35%. It is shown that in clean water courses and reservoirs the tendency of a number of total hardness is close to linear development. It is revealed that time series of total hardness, in addition to the trend, contain in their structure a seasonal component equal to one year. Also, for the time series of total hardness in the points and drinking water of the surface water intake, there is a presence of cyclical fluctuations, the period of which is two years. It is established that the seasonal value makes the maximum contribution to the values of the total hardness. It is shown that an adequate description of the condition of the water source can be carried out using the data of recent years (period 2006–2014) or more extended observation period (1997–

Дата поступления 09.02.18

ренного периода наблюдений (1997–2014 гг.), так как доли влияния основных факторов (детерминированных и случайных) отличаются незначительно.

Ключевые слова: автокорреляционная функция; аддитивная модель; временной ряд; инфильтрационный водозабор; общая жесткость; периодограмма; поверхностный водозабор; сезонная компонента; случайная компонента; среднегодовой метод сглаживания; тренд-циклическая компонента.

Река Уфа является основным источником питьевой воды, которая используется для водоснабжения г. Уфа. Она вытекает из Уфимского озера, расположенного на северо-западном склоне г. Юрмы, в пределах северной части Южного Урала. Ее протяженность 969 км, площадь водосборного бассейна более 52,6 км² ¹. Из семи расположенных на реке Уфа водозаборов ², три наиболее крупных: водозабор 1 (ИБ1) и водозабор 3 (ИБ2), которые являются подземными инфильтрационными водозаборами, и водозабор поверхностного типа (ПВ). ИБ1 располагается выше города Уфы и промышленной зоны; ниже по течению располагается находящийся в черте города ПВ, ниже по течению, после городской агломерации находится ИБ2 ³.

Скважинная вода инфильтрационных водозаборов образуется за счет поступления подземной воды аллювиальных отложений долины, поэтому формирование ее химического состава происходит за счет поступления минерализованных вод Кунгурского горизонта, слагающего коренной борт долины, а также в результате фильтрации в аллювиальный водоносный горизонт пресных поверхностных вод р. Уфа. Кунгурский ярус залегает местами непосредственно под аллювием или отделен от него невыдержанными водоупорами, и сложен главным образом известняками и доломитами, из-за чего подземные воды горизонта довольно жесткие, по сравнению с поверхностными водами реки, жесткость которых изменяется в основном по сезонам года ^{4–6}.

Водоподготовка не оказывает влияния на составляющие общей жесткости, поэтому для города Уфа этот показатель является значимым, особенно с учетом того, что его величина иногда приближается к предельно-допустимой концентрации ⁷.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования служат ежедневные данные по общей жесткости в створах (Створ 1, Створ 2 и Створ 3) и резервуарах

2014), because the shares of influence of the main factors (deterministic and random) for these periods differ insignificantly.

Key words: additive model; autocorrelation function; average annual method of smoothing; infiltration water intake; irregular component; periodogram; surface water intake; seasonal component; time series; total hardness; trend-cycle component.

чистой воды (РЧВ1, РЧВ2, РЧВ3.1, РЧВ3.2, РЧВ3.3) водозаборов ИБ1, ПВ и ИБ2 в период с 1997–2014 г.

Для расчетов используются как среднемесячные, так и среднегодовые значения общей жесткости в створах и РЧВ.

Проведена аппроксимация среднегодовых значений показателя уравнениями вида

$$X_{ср.г.} = k \cdot x + b, \quad (1)$$

где $X_{ср.г.}$ — среднегодовое значение жесткости;

x — порядковый номер года;

k — коэффициент, дающий оценку среднегодового изменения общей жесткости;

b — коэффициент, показывающий среднюю жесткость в начальный момент времени рассматриваемого ряда ⁸.

Выделение закономерных изменений качества воды под воздействием тенденции, сезонных колебаний и случайной компоненты произведено с помощью метода анализа временных рядов ⁹. Обработка результатов осуществляется путем построения аддитивной модели (АМ) с помощью среднегодового метода сглаживания (СГ).

Для поиска временного периода с большей степенью адекватности отражающего состояние водоисточника для настоящего времени, проведено сопоставление результатов обработки временных рядов 1997–2002 гг., 2006–2014 гг. и 1997–2014 гг.

Результаты и их обсуждение

Ранее, на основе анализа данных за период 1997–2002 гг. по содержанию солей жесткости в створах водозаборов, расположенных на р. Уфа, было отмечено, что изменения общей жесткости за шесть лет наблюдений в целом подобны для всех водозаборов. Однако в отдельные периоды различия могут быть достаточно существенными. Например, в декабре 1997 г. различия в величинах общей жесткости между створами ИБ1 и ПВ составляли 23.7%, между створами ИБ1 и ИБ2 — 15.3%, в июле

1998 г. между створами ИВ2 и ПВ – 27.5%. ИВ1 и ИВ2 – 20.7%; в декабре 2001 г. между створами ИВ2 и ПВ – 34.9%, и между створами ИВ1 и ИВ2 – 9.5%. Таким образом, максимальные различия в значениях общей жесткости достигали 35% ¹⁰.

Результаты расчетов показывают, что отмеченная ранее тенденция ¹⁰ сохраняется и в периоде 1997–2014 гг. для всех трех водозаборов (рис.1, а). В июне 2004 г. различия в величинах общей жесткости между створами ИВ1 и ИВ2 составили 5.9%, между створами ПВ и ИВ2 – 23.5%; в июне 2009 г. между створами ИВ1 и ИВ2 и створами ПВ и ИВ2 составили 24.4%; в мае 2014 г. между створами ИВ2 и ИВ1 – 35.3%, а между створами ИВ2 и ПВ – 4.3%. Максимальное различие в значениях общей жесткости составило 55% (рис.1).

Анализ данных по всем трем водозаборах за 18 лет показал, что на ИВ2 были зафиксированы 5 случаев превышения предельно допустимой концентрации ¹¹ по жесткости (рис. 1а).

Жесткость в створе и РЧВ ПВ практически одинакова. В РЧВ инфильтрационных водозаборов ИВ1 и ИВ2 показатель общей жест-

кости выше, чем в соответствующих створах. Это объясняется тем, что на жесткость воды РЧВ влияет химический состав воды из скважин водозаборов.

Уравнения, описывающие тенденцию изменения общей жесткости за 18 лет (1997–2014 гг.) в створах и РЧВ (табл. 1) показывают, что для общей жесткости ПВ тенденции в обоих случаях одинаковы.

Таблица 1
Коэффициенты уравнений тренда $X_{ср.г.}$
в створах и РЧВ водозаборов
за период 1997–2014 гг.

Водозабор	Объект	k	b
ИВ1	Створ 1	0.0008	4.7
	РЧВ 1	-0.0017	5.8
ПВ	Створ 2	0.0023	4.5
	РЧВ 2	0.0022	4.5
ИВ2	Створ 3	-0.0003	4.9
	РЧВ 3.1	-0.0008	6.8
	РЧВ 3.2	-0.0017	7.3
	РЧВ 3.3	-0.0027	7.3

На ИВ1 поведение жесткости в створе и РЧВ различно, косвенным образом это свидетельствует о том, что в РЧВ попадает больше речной воды, чем подземной.

Рис. 1. Содержание солей общей жесткости: а – в створах; б – в резервуарах чистой воды водозаборов ИВ1, ПВ и ИВ2

Уравнения, описывающие тенденцию изменения общей жесткости за 9 лет (2006–2014 гг.) в створах и РЧВ (табл. 2) показывают результаты, отличные от уравнений 18-тилетнего периода.

Таблица 2

Коэффициенты уравнений тренда $X_{ср.г.}$ в створах и РЧВ водозаборов за период 2006–2014 гг.

Водозабор	Объект	k	b
ИВ1	Створ 1	0.0002	4.8
	РЧВ 1	0.0003	5.5
ПВ	Створ 2	-0.0000007	4.9
	РЧВ 2	-0.0002	5.0
ИВ2	Створ 3	-0.0014	5.0
	РЧВ 3.1	-0.0003	6.7
	РЧВ 3.2	-0.0039	7.3
	РЧВ 3.3	-0.0041	7.1

Для общей жесткости в створе и РЧВ ИВ1 отмечается возрастающая тенденция, а для ПВ и ИВ2 — тенденция снижения этого показателя.

В целом можно утверждать, что изменения общей жесткости имеют близкую к линейному развитию тенденцию, с постоянными внутригодовыми сезонными колебаниями.

Определение структуры временных рядов общей жесткости произведено с помощью анализа автокорреляционной функции (АКФ) (рис. 2, 3) и построения периодограмм.

Максимальное значение АКФ для первого лага не зафиксировано; значит, временной

ряд общей жесткости в створах содержит в своей структуре не только тенденцию (рис. 2).

Всплески на графиках автокорреляционных функций свидетельствуют о наличии в рядах сезонных колебаний с примерным периодом сезонности 6 и 12, что соответствует чередованию весенних и осенних паводков.

Наиболее высокие коэффициенты автокорреляции, отмечены в точках с лагом, равным 24, то есть ряд содержит циклические колебания, периодичность которых соответствует двухгодичному циклу (табл. 3).

Таблица 3

Значения максимальных коэффициентов автокорреляции общей жесткости в створах и соответствующие им лаги

Створ	КА	τ (лаг)
Створ 1	0.79	24
Створ 2	0.85	24
Створ 3	0.78	24

Коррелограмма общей жесткости воды РЧВ имеет всплески на графиках автокорреляционных функций, которые свидетельствуют о наличии в рядах сезонных колебаний с примерным периодом сезонности равным 12, что соответствует годовому циклу. Для питьевой воды ПВ также наблюдаются всплески для 6 лага (рис. 3).

Рис. 2. Коррелограммы общей жесткости воды в створах водозаборов

Рис. 3. Коррелограммы общей жесткости воды в РЧВ водозаборов

В РЧВ2 ПВ максимальное значение автокорреляционной функции зафиксировано для 24 лага, что означает, что ряд содержит циклические колебания с периодичностью в 2 года. Для воды РЧВ ИВ1 и ИВ2 максимальное значение АКФ приходится на первый лаг, а значит, временные ряды содержат в своей структуре только тенденцию, и не содержат циклических колебаний.

С помощью периодограмм более точно определена сезонность (табл. 4). Так как абсолютный максимум в значениях ординаты достигается в точке с лагом, равным 12, основная сезонность принята равной годовому циклу.

Таблица 4

Периоды и значения ординат пиков периодограмм общей жесткости в створах и резервуарах чистой воды

Водозабор (створ)	Периоды		
	12	6	4
ИВ1 (створ 1)	57.9	29.6	4.9
ПВ (створ 2)	56.9	37.0	6.1
ИВ2 (створ 3)	64.2	42.1	4.7
ИВ1 (РЧВ1)	7.0	3.2	0.9
ПВ (РЧВ2)	56.5	38.2	5.9
ИВ2 (РЧВ3.1)	20.7	8.7	1.4
ИВ2 (РЧВ3.2)	20.6	4.7	1.3
ИВ2 (РЧВ3.3)	20.5	5.0	0.8

Таким образом, анализ автокорреляционных функций и периодограмм общей жесткости в воде водозабора и в воде РЧВ позволяет сделать вывод, что временные ряды показателя содержат в своей структуре тенденцию и выраженную сезонную составляющую с годовым циклом.

Проведенный ранее анализ данных за период 1997–2002 гг. по содержанию солей жесткости в створах водозаборов показал, что для речной воды доля тренд-циклической компоненты составляет 0.6% для ИВ1, 1.1% для ПВ, 2% для ИВ2; сезонная компонента – 81.8% для ИВ1, 74.2% для ПВ, 84.8% для ИВ2; случайная величина составляет 17.5% для ИВ1, 24.8% для ПВ, 13.2% для ИВ2. Для воды в РЧВ тренд-циклическая компонента составляет 22.2% для ИВ1, 6.1% для ПВ, 32.7% для ИВ2; сезонная компонента – 25.9% для ИВ1, 69.7% для ПВ, 28.8% для ИВ2; случайная компонента – 51.9% для ИВ, 24.2% для ПВ и 38.6% для ИВ2⁷.

Обработка временных рядов общей жесткости в створах и РЧВ водозаборов по наблюдениям, проведенным для периода 2006–2014 гг., показала, что наибольший вклад (от 79 до 85 %) в значения общей жесткости в створах вносит сезонная величина (табл. 5).

Таблица 5

Значения вклада компонент временного ряда в содержание солей общей жесткости в створах и РЧВ водозаборов, полученные в результате построения аддитивной модели со среднегодовым методом сглаживания, %

Объект	Компонента	Период	
		2006-2014 гг.	1997-2014 гг.
ИВ 1			
Створ 1	Тренд-циклическая	0.0	0.2
	Сезонная	79.4	76.8
	Случайная	20.6	23.0
РЧВ 1	Тренд-циклическая	0.0	3.8
	Сезонная	54.6	44.9
	Случайная	45.4	51.3
ПВ			
Створ 2	Тренд-циклическая	0.0	1.5
	Сезонная	84.3	79.5
	Случайная	15.7	19.0
РЧВ 2	Тренд-циклическая	0.0	1.4
	Сезонная	85.0	80.3
	Случайная	15.0	18.3
ИВ 2			
Створ 3	Тренд-циклическая	0.1	0.0
	Сезонная	81.2	76.2
	Случайная	18.7	23.8
РЧВ 3.1	Тренд-циклическая	0.0	0.5
	Сезонная	62.2	54.4
	Случайная	37.7	45.1
РЧВ 3.2	Тренд-циклическая	2.4	1.9
	Сезонная	61.5	48.1
	Случайная	36.1	50.0
РЧВ 3.3	Тренд-циклическая	2.8	4.9
	Сезонная	67.8	45.5
	Случайная	29.5	49.6

Для реки Уфа тренд-циклическая компонента вносит наименьший вклад. Вклад случайной компоненты не превышает 21%.

В РЧВ инфильтрационных водозаборов ИВ1 и ИВ2 вклад сезонной величины составляет более 54%, а случайная компонента колеблется от 29 до 46 %. В РЧВ поверхностного водозабора сезонная компонента превалирует (81.2%). Тренд-циклическая компонента вносит наименьший вклад (от 0–3 %).

Обработка временных рядов общей жесткости в створах и РЧВ водозаборов по наблюдениям за 18 лет, выполненным с 1997–2014 гг., показала, что наибольший вклад (от 76 до 80 %) в значение содержания солей общей жесткости в створах вносит сезонная величина, а тренд-циклическая компонента вносит наи-

меньший вклад (табл. 5). Вклад случайной компоненты не превышает 24%, что для показателя общей жесткости означает, что случайная компонента вносит незначительный вклад в изменение показателя.

Для РЧВ инфильтрационных водозаборов ИВ1 и ИВ2 – вклады сезонной (более 44%) и случайной (более 45%) компонент практически равны. В РЧВ поверхностного водозабора сезонная компонента превалирует (80.3%). Тренд-циклическая компонента вносит наименьший вклад.

Полученные результаты свидетельствуют, что данные девятилетнего с 2006–2014 гг. и восемнадцатилетнего с 1997–2014 гг. периодов отличаются по сравнению с шестилетним периодом с 1997–2002 гг. незначительно.

Литература

1. Турикешев Г.Т.-Г. Краткий очерк по физической географии окрестностей г. Уфы. – Уфа: БГПУ, 2000. – 160 с.
2. Система водоснабжения города Уфы [Интернет ресурс] <http://www.ufavodokanal.ru/about/water/> (дата обращения: 11.01.2018).
3. Харабрин А.В., Харабрин С.В., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Клявлин М.С. Сопоставление показателей качества воды реки Уфа по мутности, цветности, окисляемости и pH в створах городских водозаборов // Баш. хим. ж. – 2003. – Т.10, №3. – С.82-83.
4. Абдрахманов Р.Ф., Бурячок О.В., Бахтияров С.А. Геохимия подземных вод урбанизированных территорий // Вода: химия и экология. – 2011. – №10 (40). – С.64-69.
5. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г., Смирнов А.И. Распространение карста на территории Башкортостана и его значение для практики // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2016. – Т.21, №4 (84). – С.81-90.
6. Вождаева М.Ю., Жигалова А.В., Кантор Л.И., Труханова Н.В., Мельницкий И.А., Холова А.Р., Кантор Е.А. Влияние декольматации русловых отложений р. Уфы на изменение качества воды из скважин инфильтрационного водозабора // Экология и промышленность России. – 2017. – Т.21, №5. – С.21-27.
7. Романовская С.Л., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Хабибуллин Р.Р. Зависимость качества воды реки Уфа от качества воды Павловского водохранилища и сезонности // Баш. хим. ж. – 2003. – Т.10, №3. – С.84-87.
8. Ефимеева И.И., Курышева С. В., Костеева Т.В. и др. Эконометрика. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 575 с.
9. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 528 с.
10. Романовская С.Л., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Хабибуллин Р.Р. Анализ величины общей жесткости воды водопользователя и питьевой воды водозаборов города Уфы // Экологическая химия. – 2005. – Т.14, Вып.2. – С.126-134.

References

1. Turikeshev G.T.-G. *Kratkii ocherk po fizicheskoi geografii okrestnostei g. Ufy* [A short essay on the physical geography of the environs of Ufa]. Ufa, BGPU Publ., 2000, 160 p.
2. *Sistema vodosnabzheniya goroda Ufy* [Water supply system in Ufa]. Available at: <http://www.ufavodokanal.ru/about/water/>. (Accessed: 11.01.2018).
3. Kharabrin A.V., Kharabrin S.V., Kantor L.I., Kantor E.A., Klyavlin M.S. *Sopostavlenie pokazatelei kachestva vody reki Ufa po mutnosti, cvetnosti, oksisljaemosti i pH v stvorakh gorodskikh vodozaborov* [Comparison of water quality indicators of the Ufa River in terms of turbidity, color, oxidizability and pH in urban water intakes]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir chemical journal], 2003, vol.10, no.3, pp.82-83.
4. Abdrakhmanov R.F., Buryachok O.V., Bakhtiyarov S.A. *Geokhimiya podzemnykh vod urbanizirovannykh territorii* [Geochemistry of groundwater in urban areas]. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology], 2011, vol.10 (40), pp.64-69.
5. Abdrakhmanov R.F., Popov V.G., Smirnov A.I. *Rasprostranenie karsta na territorii Bashkortostana i ego znachenie dlya praktiki* [Distribution of karst in the territory of Bashkortostan and its importance for practice]. *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan* [Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan], 2016, vol.21, no.4 (84), pp.81-90.
6. Vozhdaeva M.Yu., Zhigalova A.V., Kantor L.I., Truhanova N.V., Mel'nitskii I.A., Kholova A.R., Kantor E.A. *Vliyanie dekol'matsii ruslovykh otlozhenii r. Ufy na izmenenie kachestva vody iz skvazhin infil'tracionnogo vodozabora* [Influence of decolmatization of channel sediments r. Ufa to change the quality of water from the wells of infiltration water abstraction]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2017, vol.21, no.5, pp.21-27.

11. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.— М.: Минздрав России, 2002.
7. Romanovskaya S.L., Kantor L.I., Kantor E.A., Khabibullin R.R. *Zavisimost' kachestva vody reki Ufa ot kachestva vody Pavlovskogo vodohranilischa i sezonnosti* [Dependence of the water quality of the Ufa River on the water quality of the Pavlovsk reservoir and seasonality]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir chemical journal], 2003, vol.10, no.3, pp.84-87.
8. Eliseeva I. I., Kuryшева S. V., Kosteeva T.V. *Ekonometrika* [Econometrics]. Moscow, Finansy i Statistika Publ., 2007, 575 p.
9. Tyurin Yu.N., Makarov A.A. *Analiz dannykh na komp'yutere* [Data analysis on a computer]. Moscow, INFRA-M Publ., 2002, 528p.
10. Romanovskaya S.L., Kantor L.I., Kantor E.A., Khabibullin P.P. *Analiz velichiny obschei zhestkosti vody vodoistockhnika i pit'evoi vody vodozaborov goroda Ufy* [Analysis of the value of the total water hardness of a water source and drinking water from water intakes in the city of Ufa]. *Ekologicheskaya khimiya* [Ecological chemistry], 2005, vol.14, no.2, pp.126-134.
11. *SanPiN 2.1.4.1074-01 Pit'evaya voda. Gigenicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva* [Sanitary norms and rules 2.1.4.1074-01 Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control]. Moscow, Ministry of Health of Russia, 2002.