

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ОБЩЕЙ
ЖЕСТКОСТИ, МУТНОСТИ, ЦВЕТНОСТИ И ОКИСЛЯЕМОСТИ В
РЕКЕ***

Ялалетдинова А.В., Малкова М.А., Кантор Е.А.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа
e-mail: hawk22.89@mail.ru

Выделить закономерные изменения показателей качества воды возможно с помощью метода анализа временных рядов, который заключается в декомпозиции исходного ряда данных с выделением закономерной (детерминированной) и случайной составляющих [1, 2].

Изучение структуры временных рядов возможно при помощи анализа автокорреляционной функции (АКФ) и периодограмм ($I_n(\omega)$) [3].

$$\bar{r}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x}) \cdot (x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

где $x(t)$ – значения временного ряда; \bar{x} – среднее значение элементов ряда; n – количество элементов в ряде; k – расстояние между членами временного ряда (лаг).

Максимальным лаг должен быть не больше $n/4$ [4].

По значению коэффициента автокорреляции можно судить о наличии линейной тенденции текущего и предыдущего элементов ряда.

Графическое выражение зависимости значений АКФ от лага называется коррелограммой:

1) ряд будет содержать только тенденцию, если наиболее высоким окажется первый коэффициент автокорреляции;

2) ряд будет содержать колебания с периодичностью к моментам времени, если наиболее высоким окажется коэффициент автокорреляции лага k .

Периодограмма позволяет обнаружить периодические составляющие в исследуемом ряде.

$$I_n(\omega) = \frac{2}{n} \cdot \left[\left(\sum_1^n x_t \cdot \sin \omega t \right)^2 + \left(\sum_1^n x_t \cdot \cos \omega t \right)^2 \right], \quad (2)$$

где $x(t)$ – значения временного ряда; ω – частота, определяется как $1/p$, (p – период сезонности); n – количество значений в ряде.

Большие значения функции $I_n(\omega)$ (пики) соответствуют тем значениям частоты ω (периодам сезонности p), которые являются периодами для имеющихся у ряда $x(t)$. По острию на периодограмме в соответствующих частотах можно распознать детерминированные (тренд - циклические и сезонные) составляющие.

Метод анализа временных рядов выделяет детерминированную и случайную компоненты. Детерминированная компонента раскладывается на тренд (тенденцию), циклическую и сезонную составляющие [1, 2].

Декомпозиция временного ряда производится двумя математическими моделями:

Аддитивной моделью

$$x_t = d_t + e_t, \quad (3)$$

где x_t – истинные значения показателя; d_t – детерминированная компонента; e_t – случайная величина ряда; $t = 1, \dots, n$ – порядковые номера элементов временного ряда.

$$d_t = tr_t + c_t + s_t, \quad (4)$$

где tr_t – тренд; c_t – циклическая компонента; s_t – сезонная компонента.

Мультипликативной моделью

$$x_t = d_t \cdot e_t, \quad (5)$$

$$d_t = tr_t \cdot c_t \cdot s_t, \quad (6)$$

Ввиду того, что циклическая компонента c_t отдельно не рассматривается, детерминированная компонента рассматривается как сумма тренд - циклической $tr_t + c_t$ и сезонной s_t компонент.

Выделение сезонной компоненты s_t производится по сезонным индексам, расчет которых производится тремя различными способами (в зависимости от выбора модели компоненты): скользящего среднего, среднегодового или средненоголетнего значений рассматриваемой величины [1, 5-8].

Расчет значений сезонной компоненты с использованием метода простого скользящего среднего заключается в сравнении элементов ряда со сглаженными значениями [7].

Выделение сезонной компоненты с использованием метода среднего годового производится на основе сравнения элементов ряда со средними значениями элементов ряда за отдельные укрупненные периоды [1, 8].

Третий способ оценки сезонных компонент отличается от второго тем, что вместо среднегодовых значений используется средненоголетнее значение исследуемых показателей, то есть среднее за весь период [1, 3].

Значения случайной компоненты e_t рассчитывается следующим образом:

Для аддитивной модели:

$$e_t = x_t - tr_t - s_t, \quad (7)$$

Для мультипликативной модели:

$$e_t = x_t / tr_t / s_t. \quad (8)$$

Таким образом, исходные временные ряды представлены в виде суммы или произведения тренда, сезонной и случайной составляющих, вносящих определенные отклонения в значения показателя. Оценка вклада компонент в общую изменчивость значений ряда показателя, позволяет выявить составляющую, вносящую наибольшие суммарные изменения (в процентном отношении).

На стадии проведения графического анализа исследуемого показателя можно определить характер модели. Для аддитивной модели характерна примерно постоянная, неизменная во времени амплитуда сезонных колебаний, которая отражает отклонения от тренда или среднего. Для мультипликативной модели амплитуда сезонных колебаний изменяется во времени (от периода к периоду) пропорционально уровню тренда или среднему уровню ряда [9, 10].

Объектами исследования являются данные по общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости воды за 18 летний период в створах трех водозаборов (Створ1, Створ 2 и Створ 3) [11-13].

Исследование структуры временных рядов общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости в реке.

При наличии тенденции и циклических колебаний каждые последующие значения показателей зависят от предыдущих. Количественно эта зависимость определяется с помощью коэффициентов автокорреляции (КА) уровней временного ряда и автокорреляционной функции (АКФ).

Значения АКФ временных рядов исследуемых показателей в створах водозаборов не стремятся к нулю с ростом лага, что свидетельствует о нестационарности временных рядов (рис. 1 - рис. 4).

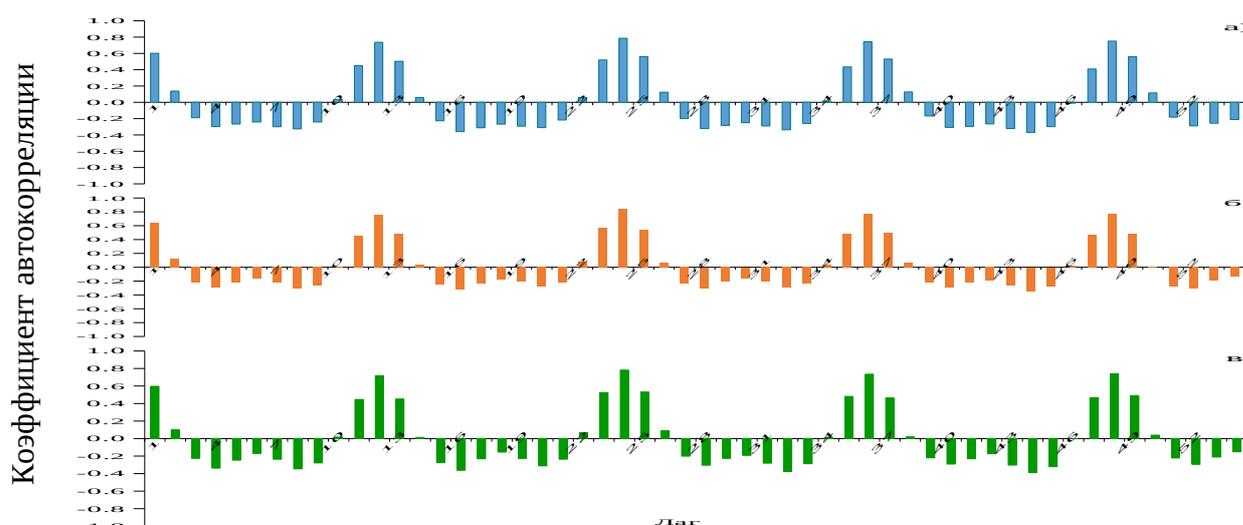


Рисунок 1 - Коррелограммы общей жесткости воды в створах водозаборов: Створ 1 (а), Створ 2 (б), Створ 3 (в)-

Для статической достоверности коэффициента автокорреляции максимальный лаг равен 54 [1, 4].

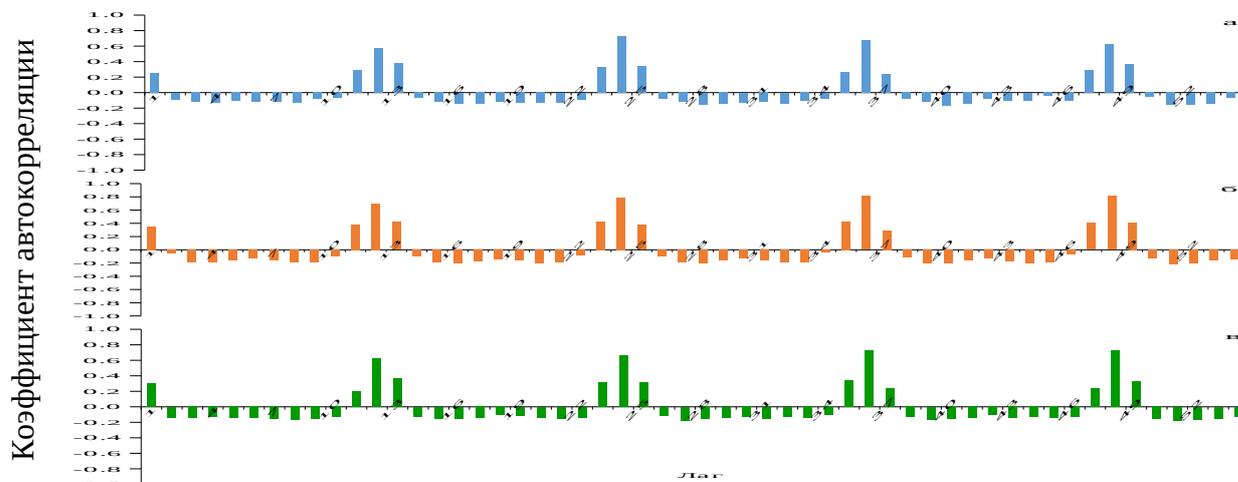


Рисунок 2 - Коррелограммы мутности воды в створах водозаборов: Створ 1 (а), Створ 2 (б), Створ 3 (в)

Коррелограммы имеют сходную структуру: всплески на графиках АКФ говорят о наличии в рядах сезонных колебаний с примерным периодом сезонности 6 и 12, что соответствует весеннему и осеннему половодью (рис. 1 - рис. 4).

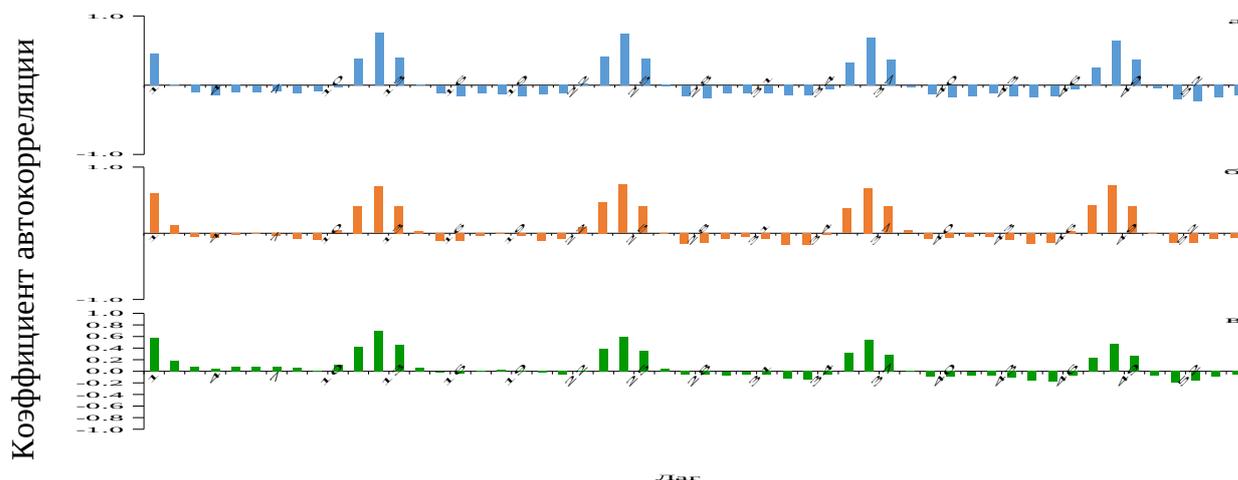


Рисунок 3 - Коррелограммы цветности воды в створах водозаборов: Створ 1 (а), Створ 2 (б), Створ 3 (в)

Ряды общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости содержат в своей структуре тенденцию и циклические колебания, так как максимальные значения АКФ не приходятся на первый лаг [1].

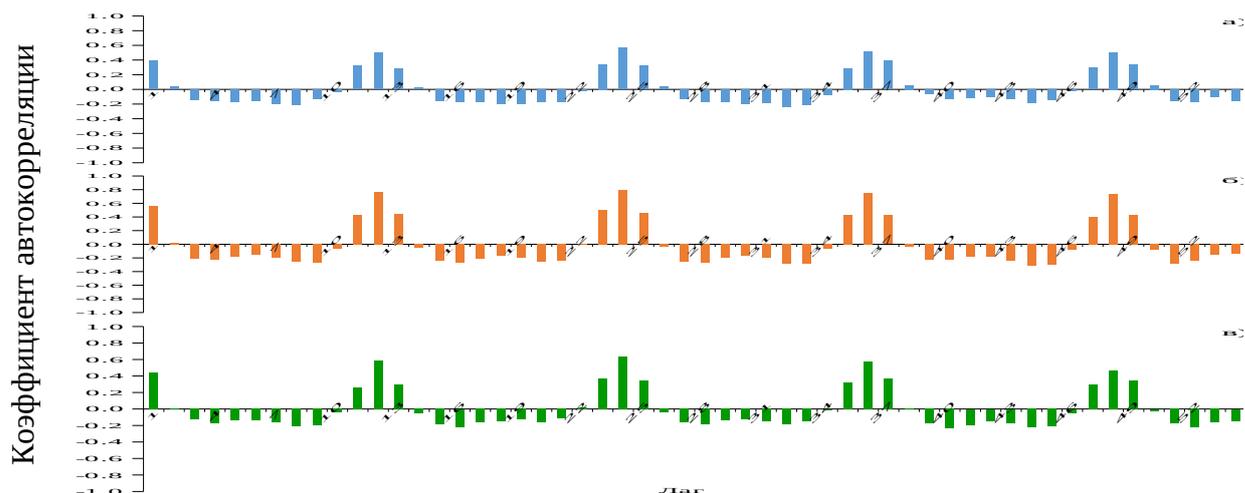


Рисунок 4 - Коррелограммы окисляемости воды в створах водозаборов:
Створ 1 (а), Створ 2 (б), Створ 3 (в)

Определенные для каждого показателя наиболее высокие коэффициенты автокорреляции, приходятся на лаги 12, 24, 36, и показывают, что ряд содержит циклические колебания с периодичностью в τ моментов времени (табл. 1 Таблица).

Таблица 1 - Значения максимальных коэффициентов автокорреляции показателей и соответствующие им лаги

Створ	Общая жесткость		Мутность		Цветность		Окисляемость	
	КА	τ (лаг)	КА	τ (лаг)	КА	τ (лаг)	КА	τ (лаг)
Створ 1	0,79	24	0,73	24	0,75	12	0,57	24
Створ 2	0,85	24	0,81	36	0,73	24	0,80	24
Створ 3	0,78	24	0,73	36	0,70	12	0,64	24

Для створов всех створов период колебания волны общей жесткости составляет 24 значения, что соответствует двухгодичному циклу.

Следует отметить, что для Створа 1 период колебания волны для показателей мутности и окисляемости составляет 24 значения, что соответствует двухгодичному циклу, по цветности - характеризуется годовым циклом. Для Створа 2 по показателю мутности, период колебаний равен 36, что соответствует трехлетнему циклу, а по цветности и окисляемости - двухгодичному. Для Створа 3 периоды различны, по окисляемости они не отличаются от створов других водозаборов, цикличность мутности аналогична поверхностному водозабору, а цветность

представлена в годовом цикле, и соответствует графикам. По-видимому, такие различия между графическим представлением АКФ и рассчитанными максимальными значениями КА, связаны с климатическими характеристиками исследуемых годовых периодов, при которых один и тот же показатель изменяется в зависимости от засушливости или влажности года, и, следовательно, имеет неоднородную цикличность. Цикличность окисляемости одинакова для всех створов, и составляет два года.

Периодограммы показателей позволяют повысить точность определения сезонности (рис. 5 – рис. 8).

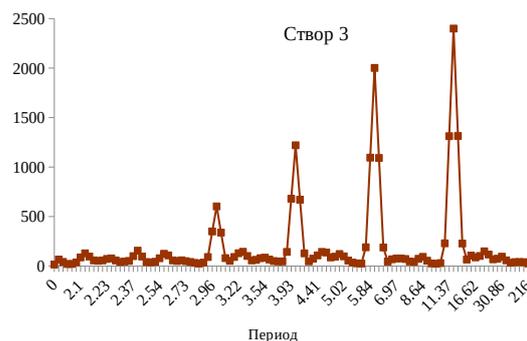
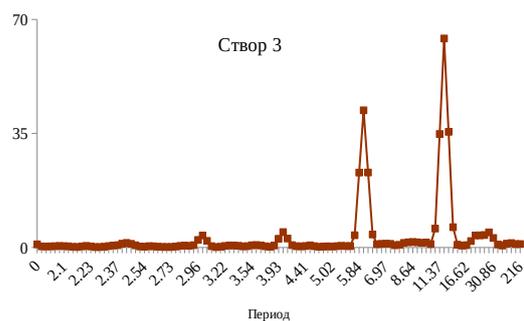
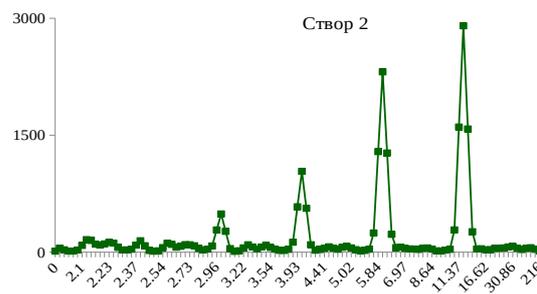
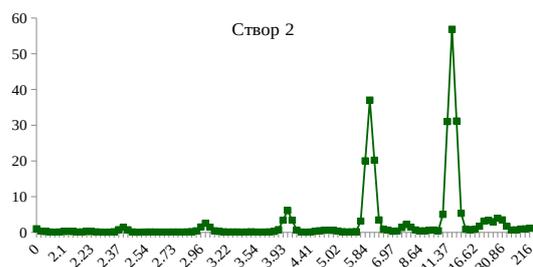
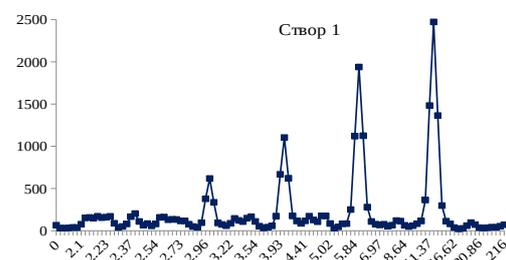
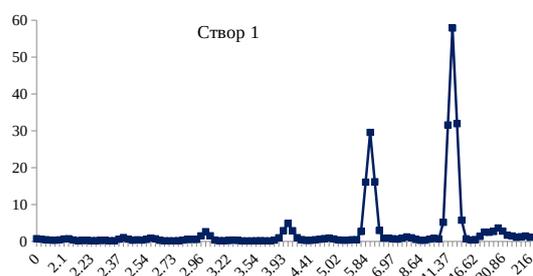


Рисунок 5 – Периодограммы общей жесткости воды в створах водозаборов

Рисунок 6 – Периодограммы мутности воды в створах водозаборов

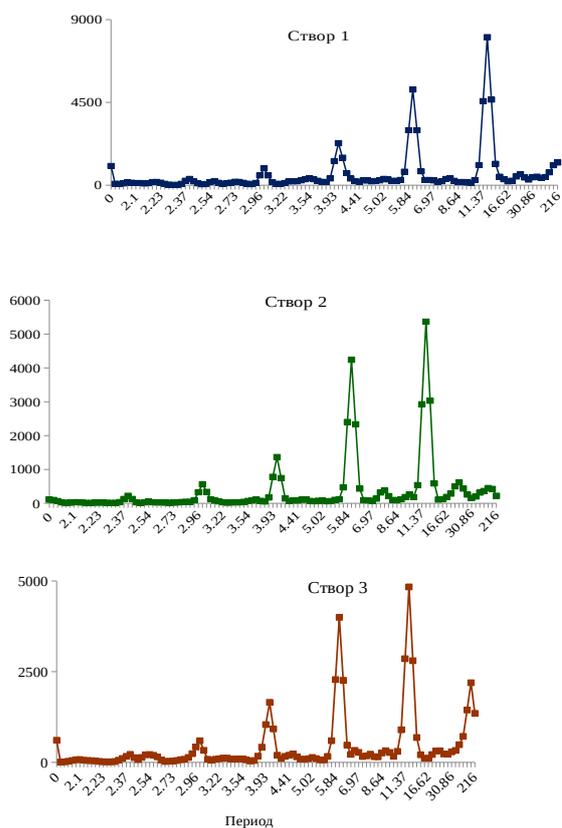


Рисунок 7 – Периодограммы цветности воды в створах водозаборов

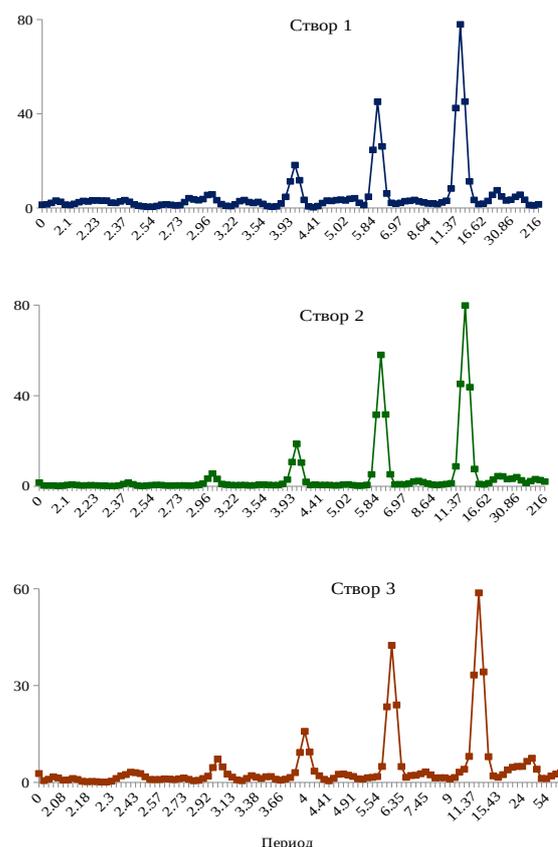


Рисунок 8 – Периодограммы окисляемости воды в створах водозаборов

Для всех показателей абсолютный максимум в значениях ординаты достигается в точке с лагом равным 12, что соответствует основной сезонности, и равно годовичному циклу. Также наблюдается сезонность равная половине года (лаг 6), однако значения спектральной плотности в этой точке меньше, а значит, сезонность с лагом 12 оказывает большее влияние, чем сезонность с лагом равным 6 (табл. 2).

Таблица 2 – Периоды и значения ординат пиков периодограмм исследуемых показателей

Показатель	Периоды								
	12	6	4	12	6	4	12	6	4
	ИБ1 (створ 1)			ПВ (створ 2)			ИБ2 (створ 3)		
Общая жесткость	57,9	29,6	4,9	56,9	37,0	6,1	64,2	42,1	4,7
Мутность	2472,8	1939,0	1104,0	2903,5	2312,3	1036,0	2399,0	2001,7	1220,0
Цветность	8051,0	5199,1	2287,3	5366,5	4239,7	1366,3	4838,2	3999,3	1655,6
Окисляемость	77,9	45,1	18,2	79,9	58,0	18,7	58,7	42,5	15,8

В целом, анализ автокорреляционных функций и периодограмм общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости в воде водоемщика позволяет сделать вывод, что временные ряды показателей содержат в своей структуре тенденцию и выраженную сезонную составляющую с годовым циклом.

Сезонная декомпозиция временных рядов общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости водоемщика.

Графики временных рядов показателей за исследуемый период, показывают, близкую к линейному развитию тенденцию рядов с устойчивыми сезонными колебаниями равными годовому циклу (рис. 9).

С учетом практически неизменной и независимой от тренда амплитуды периодических колебаний, для описания процессов изменения исследуемых показателей и выявления удобных вариантов моделирования состояния водоемщика использована аддитивная модель с тремя видами сглаживания: скользящего среднего (СС), среднегодового (СГ) и среднего многолетнего (СМ), которая позволяет определить вклады компонент в содержание общей жесткости в реке Уфа (табл. 3).

Таблица 3 – Значение вклада компонент временного ряда в содержание общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости в створах водозаборов, %

Компонента	Метод сглаживания								
	СС	СГ	СМ	СС	СГ	СМ	СС	СГ	СМ
	Створ 1			Створ 2			Створ 3		
Общая жесткость									
ТЦК ¹	1,80	0,20	0,20	5,80	1,50	1,50	1,80	0,00	0,00
СК ²	75,00	76,80	76,80	75,00	79,50	79,50	74,40	76,20	76,20
СЛК ³	23,20	23,00	23,00	19,20	19,00	19,00	23,80	23,80	23,80
Мутность									
ТЦК ¹	8,00	2,50	2,50	6,00	1,60	1,60	8,60	0,57	0,57
СК ²	50,20	56,10	56,10	69,40	74,00	74,00	61,00	69,47	69,47
СЛК ³	41,80	41,40	41,40	24,60	24,40	24,40	30,40	29,96	29,96
Цветность									
ТЦК ¹	6,30	3,80	3,80	10,60	9,60	9,60	17,50	11,00	11,00
СК ²	63,30	65,90	65,90	61,50	62,60	62,60	41,40	48,20	48,20
СЛК ³	30,40	30,30	30,30	27,90	27,80	27,80	41,10	40,80	40,80
Окисляемость									
ТЦК ¹	1,20	1,10	1,10	1,70	0,80	0,80	0,23	0,20	0,20
СК ²	54,50	54,70	54,70	76,20	77,20	77,20	58,64	58,80	58,80
СЛК ³	44,30	44,20	44,20	22,10	22,00	22,00	41,13	41,00	41,00

ТЦК¹ - тренд-циклическая; СК² - сезонная; СлК³ - случайная

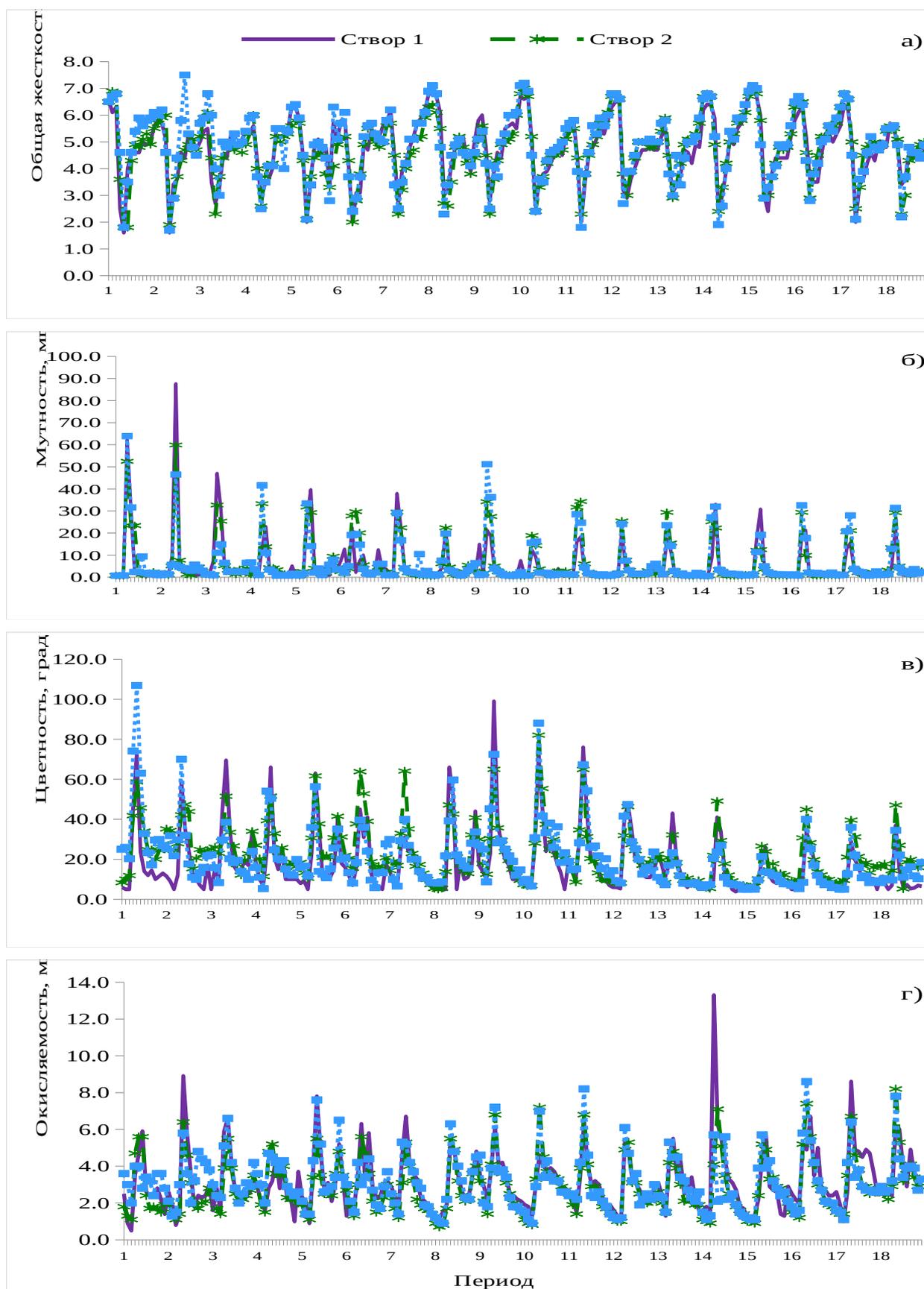


Рисунок 9 – Значения общей жесткости (а), мутности (б), цветности (в) и

окисляемости (г) в створах

Полученные результаты по вкладам компонент, показывают, что наибольший вклад (от 75 до 80 %) в значение содержания солей общей жесткости в створах вносит сезонная величина. Тренд - циклическая компонента вносит наименьший вклад. Вклад случайной компоненты не превышает 24 %, что для показателя общей жесткости означает, что случайная компонента вносит незначительный вклад в изменение показателя.

Полученные результаты по вкладам компонент в значения мутности воды в створах, показывают, что наибольший вклад (от 50 до 74 %) вносит сезонная величина. Тренд - циклическая компонента вносит наименьший вклад. Вклад случайной компоненты не превышает 25 % для Створа 2, 31% для Створа 3. Для Створа 1 вклад случайной компоненты значительно больше, но не превышает 42%.

Наибольший вклад (от 61 до 66%) в значения цветности воды в Створе 1 и Створе 2 вносит сезонная компонента, для Створа 3 вклады сезонной (от 41 до 49%) и случайной (от 40 до 41%) компонент практически равны. Тренд - циклическая компонента вносит наименьший вклад.

Вкладам компонент в значения окисляемости воды в створах различны, для Створа 2 наибольший вклад (более 76%) вносит сезонная величина, а случайная компонента вносит незначительный вклад в изменение показателя. Для Створа 1 и Створа 3 вклады сезонной (от 54 до 59%) и случайной (от 41 до 45%) компонент практически равнозначны. Тренд - циклическая компонента вносит наименьший вклад.

Основной вклад в изменения показателей вносит сезонная компонента. Высокий вклад случайной величины в изменения показателей 1 и 3 створов, скорее всего можно объяснить следующим: по мутности - близким расположением Створа 1 к водохранилищу и турбинам ГЭС, в результате работы которой происходит срыв донных отложений, и увеличение мутности воды; по цветности – расположением Створа 3 ниже черты города и промышленной зоны, которые оказывают влияние на качество воды в створе;

по окисляемости – точкой отбора проб в Створе 1 и Створе 3, которые в отличие от Створа 2 производят с поверхностного слоя.

Детерминированные компоненты общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости воды водоисточника.

Значения трендов и СИ (табл. 4), полученные с использованием трех видов сглаживания, практически не отличаются друг от друга, а значит, расчетные значения сезонной и случайной компонент не зависят от применяемого способа сглаживания для выделения тренда [14], поэтому для дальнейшего исследования использован метод среднего годового.

Таблица 4 – Средние значения трендов и величины сезонных индексов временных рядов общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости в воде створов водозаборов

	Створ 1			Створ 2			Створ 3			
	Метод сглаживания									
	СС	СГ	СМ	СС	СГ	СМ	СС	СГ	СМ	
Средние значения трендов										
Общая жесткость	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,91	4,91	4,91	
Мутности	5,28	5,38	5,38	5,75	5,88	5,88	5,73	5,89	5,88	
Цветности	17,77	17,61	17,61	22,38	22,39	22,39	19,99	20,49	20,49	
Окисляемости	3,16	3,16	3,16	2,83	2,85	2,85	3,10	3,12	3,12	
Величины сезонных индексов										
Общая жесткость	Январь	0,95	1,01	1,01	0,92	0,97	0,97	1,04	1,08	1,08
	Февраль	1,25	1,27	1,27	1,22	1,29	1,29	1,33	1,36	1,36
	Март	1,29	1,31	1,31	1,29	1,34	1,34	1,37	1,40	1,40
	Апрель	-0,02	-0,14	-0,14	-0,02	-0,08	-0,08	-0,58	-0,57	-0,57
	Май	-2,14	-2,19	-2,19	-2,31	-2,34	-2,34	-2,38	-2,42	-2,42
	Июнь	-1,39	-1,34	-1,34	-1,41	-1,49	-1,49	-1,40	-1,41	-1,41
	Июль	-0,77	-0,73	-0,73	-0,65	-0,63	-0,63	-0,76	-0,71	-0,71
	Август	-0,19	-0,20	-0,20	-0,05	-0,06	-0,06	0,00	-0,01	-0,01
	Сентябрь	0,10	0,08	0,08	0,20	0,19	0,19	0,37	0,34	0,34
	Октябрь	0,30	0,30	0,30	0,23	0,23	0,23	0,36	0,32	0,32
	Ноябрь	0,20	0,20	0,20	0,22	0,23	0,23	0,10	0,10	0,10
	Декабрь	0,40	0,41	0,41	0,37	0,35	0,35	0,56	0,52	0,52
Мутность	Январь	-2,82	-3,20	-3,20	-4,12	-4,46	-4,46	-3,34	-3,70	-3,70
	Февраль	-2,57	-2,99	-2,99	-4,38	-4,70	-4,70	-4,20	-4,52	-4,52
	Март	-3,67	-4,01	-4,01	-3,93	-4,28	-4,28	-4,19	-4,53	-4,53
	Апрель	13,33	15,47	15,47	18,33	19,63	19,63	17,66	19,62	19,62
	Май	19,19	19,29	19,29	17,78	17,49	17,49	16,16	16,42	16,42
	Июнь	-1,53	-1,89	-1,89	-0,34	0,37	0,37	-1,25	-1,65	-1,65
	Июль	-3,29	-3,34	-3,34	-3,45	-3,52	-3,52	-3,37	-3,43	-3,43
	Август	-4,37	-4,32	-4,32	-4,37	-4,39	-4,39	-3,59	-3,60	-3,60
Сентябрь	-4,44	-4,41	-4,41	-4,78	-4,82	-4,82	-4,34	-4,37	-4,37	

Октябрь	-4,22	-4,32	-4,32	-4,02	-4,14	-4,14	-3,36	-3,44	-3,44
Ноябрь	-2,53	-2,88	-2,88	-3,03	-3,28	-3,28	-3,30	-3,61	-3,61
Декабрь	-3,07	-3,40	-3,40	-3,69	-3,90	-3,90	-2,89	-3,18	-3,18

Продолжение Таблицы 4

		Створ 1			Створ 2			Створ 3		
		Метод сглаживания								
		СС	СГ	СМ	СС	СГ	СМ	СС	СГ	СМ
Величины сезонных индексов										
Цветность	Январь	-7,43	-7,70	-7,70	-5,73	-6,28	-6,28	-4,75	-5,22	-5,22
	Февраль	-8,76	-9,03	-9,03	-7,42	-7,85	-7,85	-7,04	-7,40	-7,40
	Март	-11,4	-11,6	-11,6	-10,8	-10,9	-10,9	-10,6	-11,1	-11,1
	Апрель	7,91	8,91	8,91	4,62	5,24	5,24	6,74	8,22	8,22
	Май	34,83	35,83	35,83	29,62	29,76	29,76	27,14	29,23	29,23
	Июнь	13,82	13,21	13,21	12,60	12,92	12,92	9,96	10,50	10,50
	Июль	0,29	-0,01	-0,01	2,68	1,78	1,78	0,11	-0,37	-0,37
	Август	-2,92	-2,97	-2,97	-4,09	-3,83	-3,83	-3,19	-3,37	-3,37
	Сентябрь	-6,76	-6,69	-6,69	-6,00	-5,55	-5,55	-6,40	-6,36	-6,36
	Октябрь	-8,03	-7,97	-7,97	-6,65	-6,41	-6,41	-4,95	-5,42	-5,42
	Ноябрь	-6,76	-6,87	-6,87	-4,75	-4,75	-4,75	-4,61	-5,50	-5,50
	Декабрь	-4,79	-5,13	-5,13	-4,09	-4,06	-4,06	-2,45	-3,27	-3,27
Окисляемость	Январь	-0,93	-0,92	-0,92	-0,82	-0,87	-0,87	-0,84	-0,78	-0,78
	Февраль	-1,12	-1,19	-1,19	-1,30	-1,34	-1,34	-1,35	-1,29	-1,29
	Март	-1,66	-1,71	-1,71	-1,59	-1,62	-1,62	-1,57	-1,54	-1,54
	Апрель	0,92	0,90	0,90	0,67	0,73	0,73	1,23	1,21	1,21
	Май	2,87	2,81	2,81	3,29	3,26	3,26	2,83	2,72	2,72
	Июнь	1,49	1,58	1,58	1,50	1,57	1,57	0,90	0,83	0,83
	Июль	0,48	0,46	0,46	0,44	0,38	0,38	0,56	0,52	0,52
	Август	0,04	-0,01	-0,01	-0,17	-0,15	-0,15	-0,14	-0,12	-0,12
	Сентябрь	-0,44	-0,34	-0,34	-0,51	-0,45	-0,45	-0,37	-0,33	-0,33
	Октябрь	-0,51	-0,47	-0,47	-0,58	-0,56	-0,56	-0,50	-0,47	-0,47
	Ноябрь	-0,65	-0,62	-0,62	-0,46	-0,48	-0,48	-0,32	-0,35	-0,35
	Декабрь	-0,49	-0,50	-0,50	-0,47	-0,46	-0,46	-0,43	-0,40	-0,40

Для рассмотрения детерминированной компоненты в течение годового цикла, проведем свертку исследуемого 18 летнего временного периода к «гипотетическому году», который будет являться моделью исследуемого временного периода (табл. 5).

Таблица 5 – Детерминированные компоненты общей жесткости

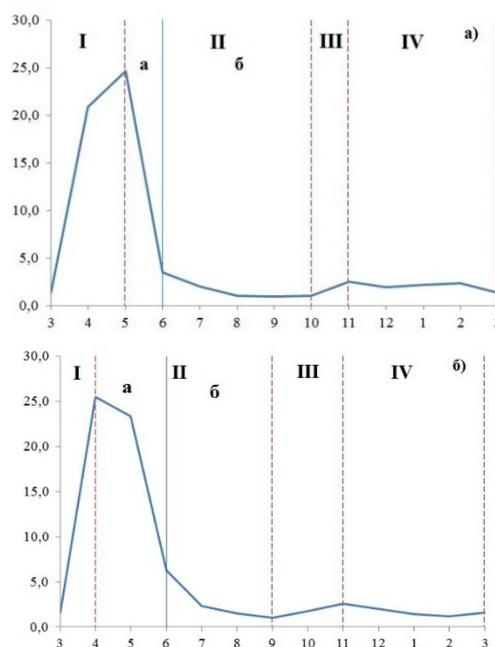
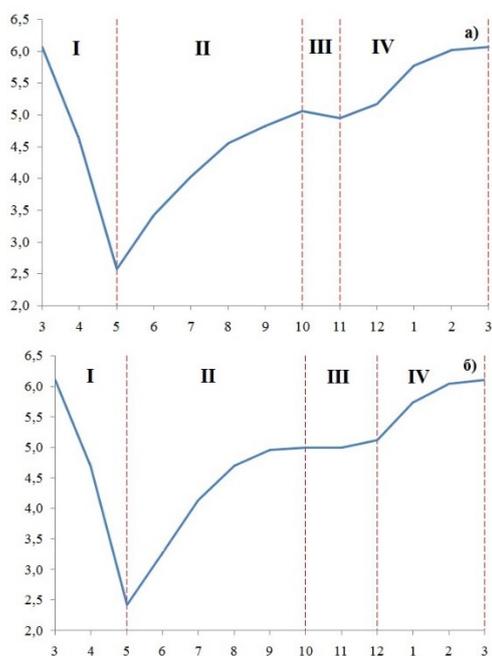
ВЗ	Гипотетический год											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Общая жесткость												
ИВ1	5,77	6,03	6,07	4,62	2,57	3,42	4,03	4,56	4,83	5,06	4,96	5,17
ПВ	5,74	6,05	6,11	4,69	2,42	3,27	4,14	4,7	4,96	4,99	4,99	5,12
ИВ2	5,99	6,27	6,31	4,34	2,49	3,50	4,21	4,91	5,26	5,23	5,02	5,43

Мутность												
ИВ1	2,18	2,39	1,37	20,85	24,67	3,49	2,04	1,06	0,97	1,06	2,5	1,98
ПВ	1,42	1,18	1,6	25,51	23,37	6,25	2,36	1,49	1,06	1,74	2,6	1,98
ИВ2	2,19	1,37	1,36	25,51	22,31	4,24	2,46	2,29	1,52	2,45	2,28	2,71

Продолжение Таблицы 5

ВЗ	Гипотетический год											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Цветность												
ИВ1	10,39	9,06	6,52	21,24	53,92	31,3	18,08	15,12	11,39	10,12	11,22	12,96
ПВ	16,11	14,54	11,43	27,63	52,15	35,31	24,17	18,56	16,84	15,98	17,64	18,33
ИВ2	15,27	13,09	9,44	28,71	49,72	30,99	20,12	17,12	14,13	15,07	14,99	17,22
Окисляемость												
ИВ1	2,24	1,97	1,45	4,06	5,97	4,74	3,62	3,16	2,82	2,69	2,54	2,66
ПВ	1,98	1,51	1,23	3,58	6,12	4,43	3,23	2,7	2,4	2,29	2,38	2,39
ИВ2	2,34	1,83	1,58	4,33	5,84	3,95	3,64	3,0	2,79	2,66	2,77	2,72

Описывая закономерные изменения показателей в воде водоисточника в годичном цикле детерминированные компоненты позволяют разделить модельный год для каждого створа на 4 периода со своими характерными особенностями формирования качества воды по исследуемым показателям (рис.10 – рис.13).



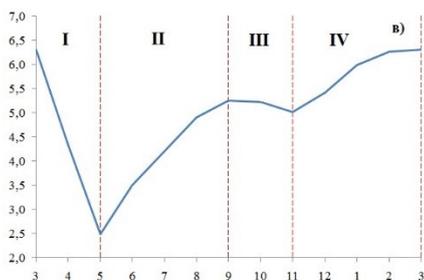


Рисунок 10 – Гипотетический модельный год общей жесткости:
а) створ 1, б) створ 2, в) створ 3

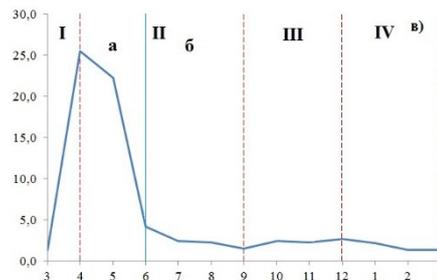
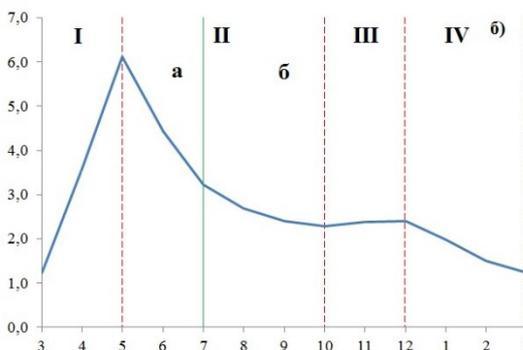
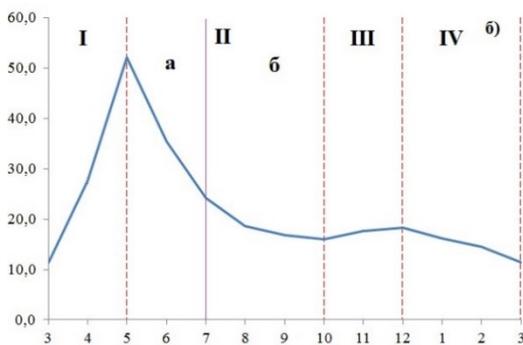
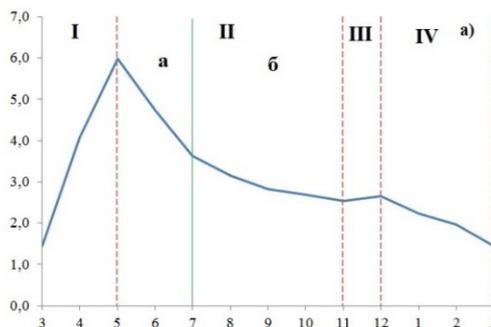
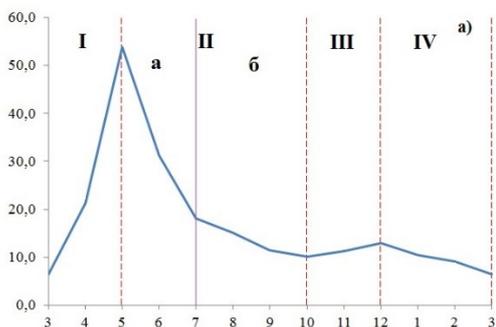


Рисунок 11 – Гипотетический модельный год мутности:
а) створ 1, б) створ 2, в) створ 3

Для общей жесткости: первый период (I) – паводковый период, характеризуется снижением общей жесткости воды в створах. Второй период (II) – показывающий монотонное увеличение общей жесткости. Третий период (III) – небольшое снижение общей жесткости в створах водозаборов. Четвертый период (IV) – плавное увеличение показателя, до максимального значения.



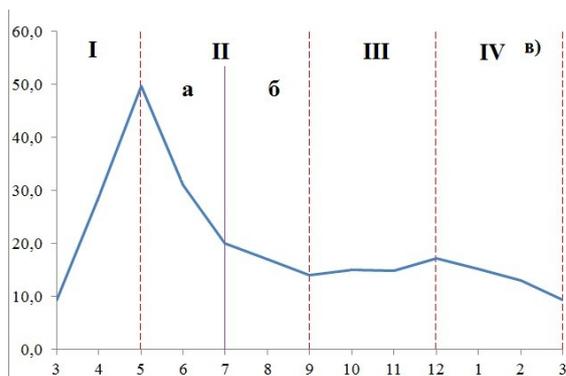


Рисунок 12 – Гипотетический модельный год цветности:
а) створ 1, б) створ 2, в) створ 3

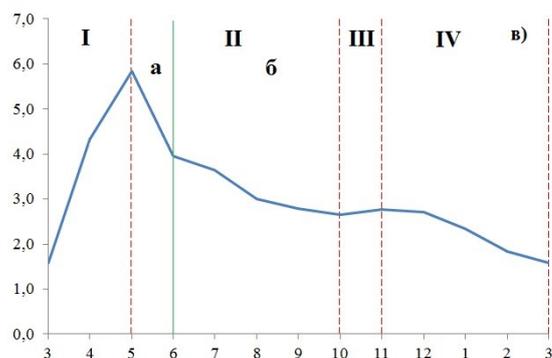


Рисунок 13 – Гипотетический модельный год окисляемости:
а) створ 1, б) створ 2, в) створ 3

Для мутности, цветности и окисляемости: первый период (I) – паводковый период, характеризуется повышением значений показателей в створах. Второй период (II) – показывает снижение показателей. Его можно разделить на два подпериода – для первого (а) характерен резкий спад, а для второго (б) – постепенный. Третий период (III) – небольшое увеличение показателей, по-видимому, связанное с осадками. Четвертый период (IV) – плавное снижение показателей, до минимальных значений.

Таким образом, метод анализа временных рядов позволил выделить закономерные изменения общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости под воздействием тенденции, сезонных колебаний и случайной компоненты. А также позволил произвести дифференцирование годового цикла водоисточника на периоды с характерными особенностями качества воды.

** Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR - 2020 - 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред»*

Список литературы:

1. Regli S., Odom R., Cromwell J., Lustic M., Blank V. Benefits and cost of the IESWTR // J. AWWA. – 1999. – № 4. – P. 148-158.

2. Янин Е.П. Источники и пути поступления тяжёлых металлов в реки сельскохозяйственных районов // Экологическая экспертиза: обзорная информация. – 2004. – № 4. – С.67-90.

3. Туровский Б.В., Инюкина Т.А. Опасные и вредные примеси природных и питьевых вод // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 102. – С. 432-445.

4. Тимашевская И.П., Савлук О.С., Кульский Л.А. Использование хлорирования для обеззараживания питьевой воды // Химия и технология воды. – 1989. – Т. 11, № 5. – С. 49-459.

5. Маланова Н.В., Коробочкин В.В., Косинцев В.И. Применение микропузырьковой обработки для снижения жесткости воды // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324, № 3. – С. 108-111.

6. Долгоносков Б.М. Проблемы обеспечения качества воды в природно-технологическом комплексе водоснабжения // Инженерная экология. – 2003. – № 5. – С. 2-14.

7. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Комплексная оценка качества природных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – №7. – С. 11-16.

8. Козодаев А.С., Зуева Е.В. Изучение сточных вод с повышенным содержанием поверхностно-активных веществ и анализ подходов для интенсификации их очистки // Интернаука. – 2020. – № 8-1(137). – С. 29-31.

9. Унанян А.Л., Сидорова И.С., Аракелов С.Э., Полонская Л.С., Гуриев Т.Д., Алимов В.А., Бабурин Д.В., Кадырова А.Э., Коссович Ю.М. Роль магния в генезе и профилактике невынашивания беременности // Медицинский совет. – 2014. – № 9. – С. 76-79.

10. Лобач Е.Ю., Фесикова П.В. Подтверждение функциональных свойств специализированного продукта в клинических исследованиях // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. – 2015. – № 3. – С. 68-72.

11. Ялалетдинова А.В., Белолипцев И.И., Еникеева Л.В., Вождаева М.Ю., Кантор Е.А. Оценка общей жесткости воды на водозаборах различных типов // Башкирский химический журнал. – 2018. – Т.25, №3. – С.114-120.

12. Yalaletdinova A. V., Beloliptsev I. I., Galimova Y. O., Vozhdaeva M. Yu., Kantor E. A. Probability analysis of water quality by turbidity // 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 315, 062019.

13. Yalaletdinova A.V., Kantor E.A., Beloliptsev I.I., Galimova Y.O. Probabilistic assessment of water quality in terms of oxidability // 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 677, 042108.

14. Кленин В.И., Иванова Н.А. Применение метода спектра мутности для определения размера и концентрации терригенных частиц в питьевой воде // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75, Вып. 3. – С. 438-442.