

Сопоставление качества речной и питьевой воды инфильтрационных водозаборов по статистическим данным перманганатной окисляемости

Алина В. Ялалетдинова¹, Мария А. Малкова¹, Маргарита Ю. Вождаева^{1,2}, Ольга Г. Кантор¹,
 Игорь А. Мельницкий², Павел В. Серебряков², Евгений А. Кантор¹

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

²ГУП РБ «Уфаводоканал», Уфа, Россия

Контактное лицо

Алина В. Ялалетдинова, кандидат технических наук, доцент кафедры Водоснабжение и водоотведение, Уфимский государственный нефтяной технический университет; 450062 Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов 1.

Тел. +73472420718

Email hawk22.89@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0883-1856>

Формат цитирования

Ялалетдинова А.В., Малкова М.А., Вождаева М.Ю., Кантор О.Г., Мельницкий И.А., Серебряков П.В., Кантор Е.А. Сопоставление качества речной и питьевой воды инфильтрационных водозаборов по статистическим данным перманганатной окисляемости // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, № 4. С. 231-239. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-21

Получена 29 октября 2024 г.

Прошла рецензирование 14 января 2025 г.

Принята 25 июня 2025 г.

Резюме

Цель: сопоставление качества речной и питьевой воды по перманганатной окисляемости на инфильтрационных водозаборах. В качестве исходных использованы среднемесячные значения перманганатной окисляемости за весь период наблюдений и за модельный год, отражающий изменения показателя в годовом цикле. Применены анализ временных рядов, корреляционный анализ и кросс-корреляционная функция.

Выявлены сезонные изменения показателя: вклад сезонной компоненты составил 55–59 % для речной воды и 10–30 % для питьевой. Окисляемость в реке на 84–87 % выше. Обнаружен временной сдвиг между максимальными значениями окисляемости: в реке – май, в питьевой воде – июнь и июль. Кросс-корреляционный анализ показал, что сдвиг составляет один месяц. Учет смещения максимальных значений перманганатной окисляемости усилил корреляцию с «заметной» до «высокой» и «очень высокой».

Установлено, что на инфильтрационных водозаборах увеличение перманганатной окисляемости до максимальных значений в питьевой воде запаздывает на 1 месяц по сравнению с речной, что соответствует времени дебегания легко окисляющихся органических и неорганических соединений, формирующих перманганатную окисляемость речной воды.

Ключевые слова

Перманганатная окисляемость воды, инфильтрационный водозабор, анализ временных рядов, кросс-корреляционная функция, коэффициент корреляции, качество питьевой воды.

Comparison of river and drinking water quality of infiltration intakes based on statistical data of permanganate oxidisability

Alina V. Yalaletdinova¹, Maria A. Malkova¹, Margarita Yu. Vozhdaeva^{1,2}, Olga G. Kantor¹,

Igor A. Melnitsky², Pavel V. Serebryakov² and Evgeny A. Kantor¹

¹Ufa State Petroleum Technological University Ufa, Russia

²Ufavodokanal, Ufa, Russia

Principal contact

Alina V. Yalaletdinova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Water Supply and Drainage Department, Ufa State Petroleum Technological University; 1 Kosmonavtov St, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia 450062.
Tel. +73472420718
Email hawk22.89@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0883-1856>

How to cite this article

Yalaletdinova A.V., Malkova M.A., Vozhdaeva M.Yu., Kantor O.G., Melnitsky I.A., Serebryakov P.V., Kantor E.A. Comparison of river and drinking water quality of infiltration intakes based on statistical data of permanganate oxidisability. *South of Russia: ecology, development.* 2025; 20(4):231-239. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-21

Received 29 October 2024

Revised 14 January 2025

Accepted 25 June 2025

Abstract

Comparison of river water and drinking water quality by assessment of permanganate oxidisability at infiltration water intakes. The initial data used were the average monthly values of permanganate oxidisability for the entire observation period and for a model year, reflecting the changes in the indicator in the annual cycle. Time series analysis, correlation analysis and cross-correlation function were applied. Seasonal changes in the indicator were revealed: the contribution of the seasonal component being 55–59 % for river water and 10–30 % for drinking water. The permanganate oxidisability in the river was 84–87 % higher. A time lag between the maximum oxidisability values was detected: in the river – in May, in drinking water – in June and July. Cross-correlation analysis showed that the lag was one month. Accounting for the shift in the maximum permanganate oxidisability values strengthened the correlation from "noticeable" to "high" and "very high". It was established that at infiltration water intakes, the increase in permanganate oxidisability to its maximum values in drinking water lags by 1 month compared to river water. This corresponds to the travel time of easily oxidised organic and inorganic compounds that are revealed in permanganate oxidisability of river water.

Key Words

Permanganate oxidisability of water, infiltration abstraction, time series analysis, cross-correlation function, correlation coefficient, drinking water quality.

ВВЕДЕНИЕ

Экологический мониторинг качества воды водоисточника, который используется при организации водоснабжения, подразумевает количественную оценку показателей, особенно когда некоторые из них не соответствуют нормативным значениям [1; 2]. Это определяется тем обстоятельством, что технология водоподготовки строится на принципах обеспечения нормативов за счет обработки воды водоисточника реагентами, отстаивания, фильтрования и др. технических приемов [3; 4]. Таким образом, обеспечивается требуемое качество воды, предназначенной для питьевых и хозяйствственно-бытовых нужд населения [5; 6].

Во многих случаях, климатические условия оказывают существенное влияние на значения анализируемых показателей, таких как мутность, окисляемость, щелочность и т.д. [7; 8]. С другой стороны, значительно на водные объекты действие антропогенных факторов, в частности в условиях обеспечения водоснабжением городских агломераций, в состав которых входят территории, насыщенные объектами производства, транспортными узлами, развитыми селитебными зонами и пр. [8–11].

Как правило, важнейшим для организации технологии водоочистки служит такой показатель, как мутность [12; 13]. Однако, на водозаборах инфильтрационного типа практически достигается снижение значений этого показателя до уровня, ниже пределов определения [14], в то время как по другим обобщенным показателям, например, по перманганатной окисляемости, отмечаются случаи, когда значения показателя приближаются к нормативным [15]. Поэтому на инфильтрационных водозаборах окисляемость является одним из наиболее информативных показателей, характеризующих качество воды, поступающей из скважин в резервуары чистой воды [5].

Перманганатная окисляемость (ПО) является результатом сочетания многочисленных факторов, ее определяющих. Так, например, поверхностные водоисточники характеризуются наличием природного органического вещества, в воде фиксируется и органические вещества техногенного происхождения, а также неорганические компоненты [11; 16; 17], которые окисляются под действием перманганата калия. Результатом окисления при аналитическом контроле является обобщенный показатель – перманганатная окисляемость [18]. Подземные воды значительно отличаются от поверхностных по качественному и количественному составу присутствующих компонентов и меньше подвержены сезонным колебаниям [19]. В скважины инфильтрационных водозаборов поступают речная вода, прошедшая через фильтрующие слои, и грунтовые (подземные) воды. Соотношение этих потоков различно в зависимости от климатических условий, расположения скважин функционирующего водозабора и других причин [20; 21].

Основным водоисточником, снабжающим питьевой водой население г. Уфы, является р. Уфа. Аллювиальный горизонт, которым сложен коренной борт речной долины, обладает хорошими фильтрационными свойствами [22] и имеет тесную гидравлическую связь с рекой, в скважинах инфильтрационных водозаборов поступающая речная вода составляет около 80 % общей производительности водозабора [23].

Представляется значимым исследовать сезонные изменения ПО в речной и в подземной воде, провести сравнение полученных результатов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования служили данные ПО воды в расположенных на расстоянии около 64 км створах (СТ1, СТ2) р. Уфа, и резервуарах чистой воды (РЧВ1, РЧВ2.1, РЧВ2.2, РЧВ2.3) инфильтрационных водозаборов (ИВ1, ИВ2). На ИВ забор воды осуществляется из водозаборных скважин, расположенных вдоль реки на расстоянии от 50 до 200 м от берега. На ИВ2 поступление подземной воды в РЧВ2.1, РЧВ2.2, РЧВ2.3 осуществляется отдельными кустами скважин, находящимися на различных расстояниях от реки.

Следует отметить, что аналитический контроль качества воды не предусматривает ежедневного определения величины ПО. Более того, измерения показателя производятся не в строго зафиксированные даты, определяемые точно установленными временными промежутками между ними. В этой связи для расчета используются значения ПО, получаемые путем вычисления среднего арифметического по значениям показателя каждого месяца (среднемесячные), и значения ПО, получаемые в результате усреднения значений при формировании модельного года, как результат деления суммы среднемесячных значений ПО каждого месяца на количество исследуемых лет (среднемесячные в модельном году):

$$C_{ir} = \frac{\sum C_{ir}}{n_{ir}} \quad C_{ic} = \frac{\sum C_{ic}}{n_{ic}} \quad C'_{ir} = \frac{\sum C_{ir}}{m} \quad C'_{ic} = \frac{\sum C_{ic}}{m} \quad (1)$$

где C_{ir} , C_{ic} – результаты аналитического контроля ПО речной и питьевой воды соответственно; n_{ir} , n_{ic} – число выполненных определений ПО в каждом месяце всего временного ряда наблюдений; C_{ir} , C_{ic} – среднемесячные значения ПО речной и питьевой воды в каждом месяце всего временного ряда наблюдений; C'_{ir} , C'_{ic} – среднемесячные значения ПО в модельном годовом цикле; m – число лет наблюдений; i – порядковый номер месяца.

Для оценки динамики показателей качества воды удобным математическим инструментом является метод анализа временных рядов [24]. Этот метод (аддитивная модель со среднегодовым методом сглаживания) применен для выделения из элементов временного ряда закономерных (детерминированных) и случайных компонент, при этом детерминированная компонента представляет собой сумму тренд-циклической и сезонной компонент [24]:

$$x_i = d_i + e_i = trc_i + s_i + e_i, \quad (2)$$

где x_i – истинные значения ПО; d_i – детерминированная компонента; e_i – случайная компонента; trc_i – тренд-циклическая компонента; s_i – сезонная компонента.

При сопоставлении качества речной и питьевой воды использован корреляционный анализ, определены коэффициенты корреляции Пирсона (Кк) и критерии t -Стьюарта, для определения достоверности при уровне значимости $\alpha = 0,05$ [27].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения перманганатной окисляемости (ПО) в створах водозаборов характеризуются аналогичными закономерностями: в зимний период ПО воды минимальна, в апреле – мае, происходит резкий рост значений ПО, вызванный в основном смывом гумусовых веществ с

ландшафта [16], в летне-осенний период значения показателя начинают снижаться (рис. 1).

Динамика изменения ПО в створах СТ1 и СТ2 практически совпадает, коэффициент корреляции между временными рядами ПО (рис. 1) составляет 0,73.

Речная вода, поступающая в скважины ИВ, составляет основную часть [23], и имеет ПО от 0,5 до

13,3 мгО/дм³ в СТ1, и от 0,9 до 8,6 мгО/дм³ в СТ2 (рис. 1). В питьевой воде ПО снижается в 6 – 7 раз по сравнению со значениями показателя в реке. Так, ПО питьевой воды изменяется от 0,2 до 1,3 мгО/дм³ в РЧВ1, и от 0,3 до 1,9 мгО/дм³ в РЧВ2 (рис. 2).

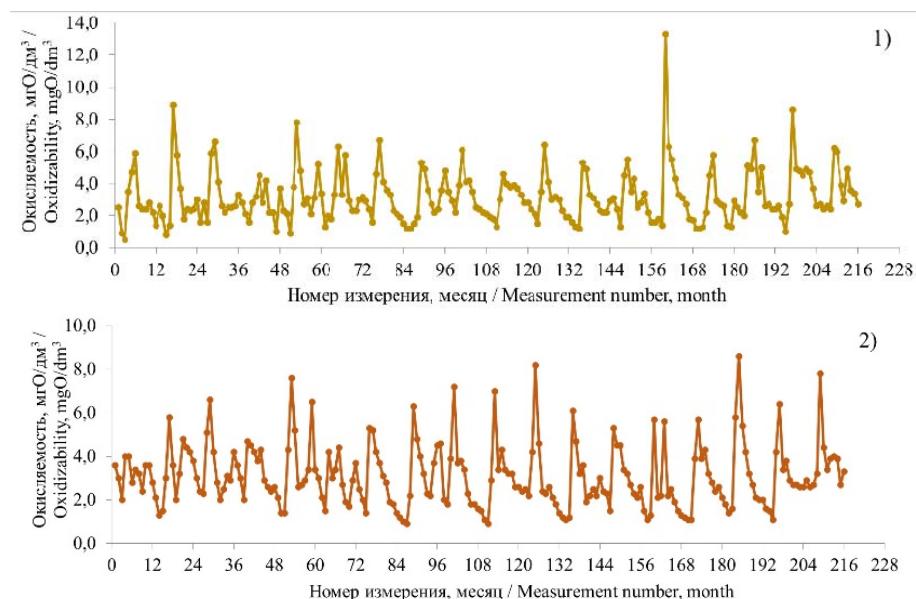
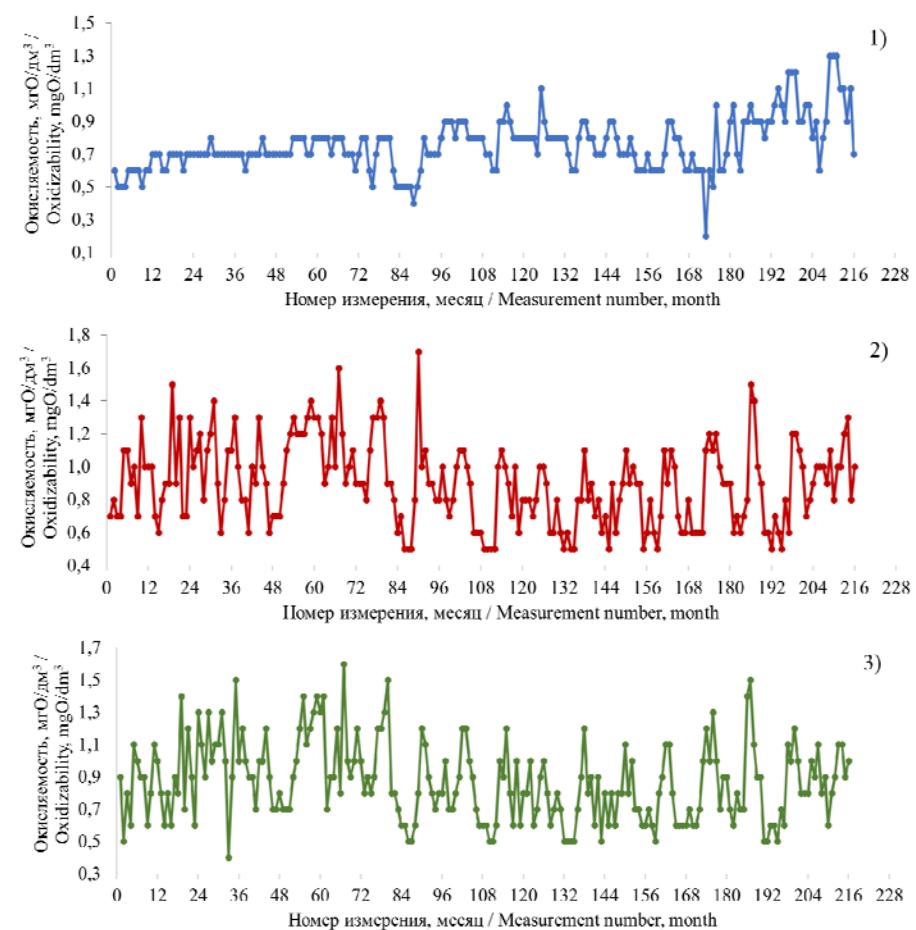


Рисунок 1. Временные ряды среднемесячных значений перманганатной окисляемости речной воды за весь период наблюдений: 1) СТ1, 2) СТ2

Figure 1. Time series of monthly mean values of permanganate oxidisability of river water for the whole observation period: 1) ST1, 2) ST2



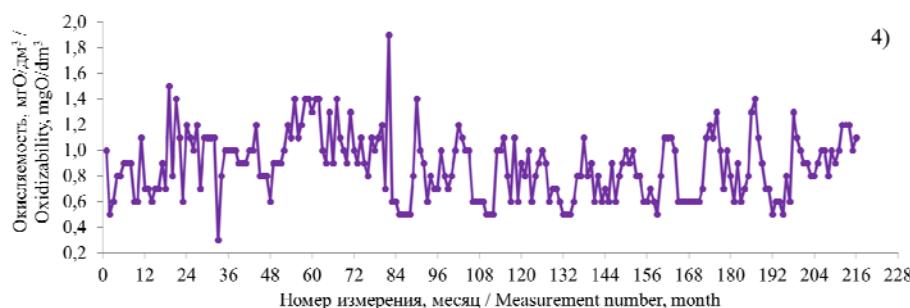


Рисунок 2. Временные ряды среднемесячных значений перманганатной окисляемости питьевой воды за весь период наблюдений: 1) РЧВ1, 2) РЧВ2.1, 3) РЧВ2.2, 4) РЧВ2.3

Figure 2. Time series of monthly mean values of permanganate oxidizability of drinking water for the whole observation period: 1) CWT1, 2) CWT 2.1, 3) CWT 2.2, 4) CWT 2.3

В целом значения ПО питьевой воде достаточно стохастичны, весной отмечается значительный рост показателя (рис. 2, 1–4).

Анализ временных рядов выявил, что изменениям ПО в речной и питьевой воде свойственна сезонность, однако вклады сезонной компоненты при переходе от речной к питьевой воде снижаются (рис. 3). В модельном годовом периоде (рис. 4, 1) динамика изменения ПО речной воды в створах СТ1 и СТ2 практически совпадает, коэффициент корреляции между временными рядами ПО составляет 0,98.

Сопоставление временных изменений ПО в питьевой и речной воде показывает некоторое смещение

максимума изменения ПО во времени (рис. 4). Например, месяцем, характеризующимся максимальными значениями показателя для створов, является май, тогда как в РЧВ окисляемость максимальна в июне (РЧВ1 и РЧВ2.1) и июле (РЧВ2.2 и РЧВ2.3). С помощью кросс-корреляционной функции (ККФ) [28] по среднемесячным значениям ПО модельного годового цикла и за весь период наблюдений показано, что наилучшее совпадение между исследуемыми рядами ПО в речной и питьевой воде происходит при их сдвиге относительно друг друга на один месяц (рис. 5, 6).

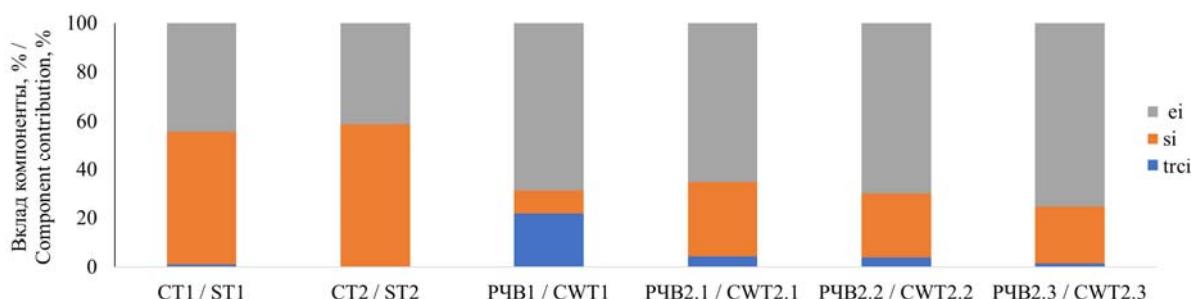
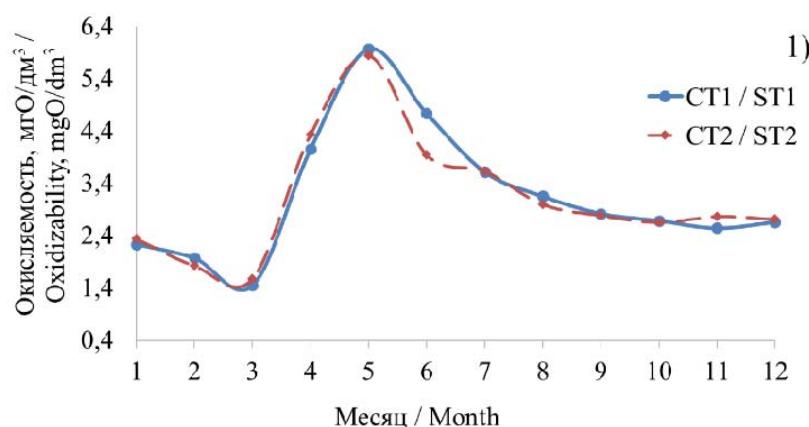


Рисунок 3. Вклады компонент (аддитивная модель, среднегодовой метод сглаживания) в изменения перманганатной окисляемости на ИВ1 (СТ1, РЧВ1) и ИВ2 (СТ2, РЧВ2.1, РЧВ2.2, РЧВ2.3); $trci$ – тренд-циклическая компонента, s_i – сезонная компонента, e_i – случайная компонента

Figure 3. Component contributions (additive model, mean annual smooth method) to changes of permanganate oxidizability at IWI1 (ST1, CWT1) and IWI2 (ST2, CWT2.1, CWT2.2, CWT2.3); $trci$ – trend-cyclic component, s_i – seasonal component, e_i – random component



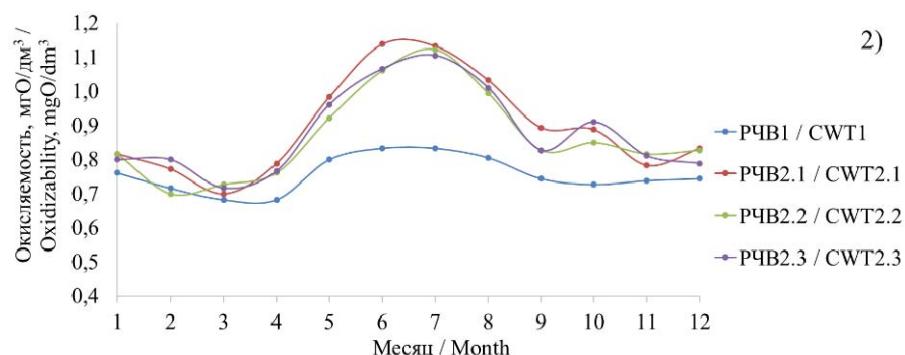


Рисунок 4. Среднемесячные в модельном году значения перманганатной окисляемости:

1) речная вода (СТ1, СТ2); 2) питьевая вода (РЧВ)

Figure 4. Monthly averages of permanganate oxidisability values in the model year:

1) river water (ST1, ST2); 2) drinking water (CWT)

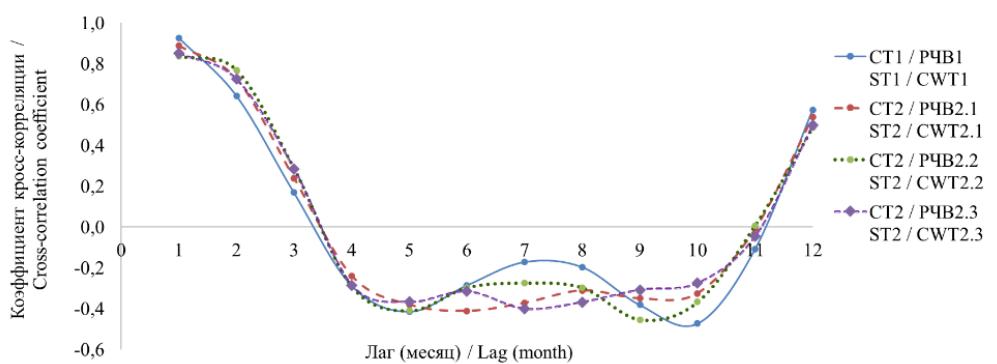


Рисунок 5. Кросс-корреляционная функция между временными рядами перманганатной окисляемости речной и питьевой воды инфильтрационных водозаборов (модельный год)

Figure 5. Cross-correlation function between time series of permanganate oxidisability of river and drinking water of infiltration intakes (model year)

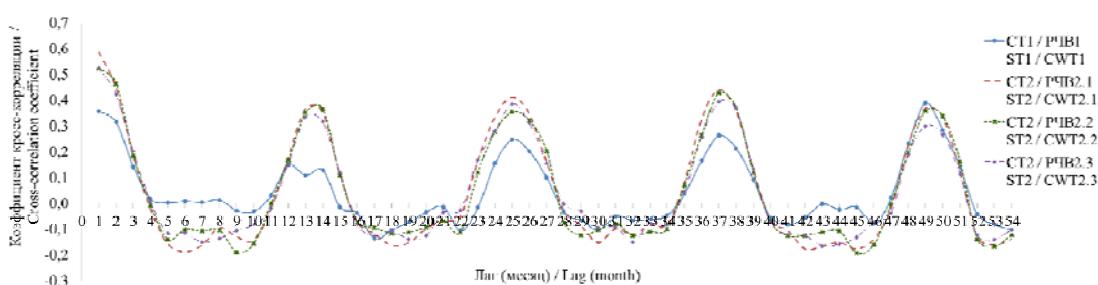


Рисунок 6. Кросс-корреляционная функция между временными рядами перманганатной окисляемости речной и питьевой воды инфильтрационных водозаборов (весь период наблюдений)

Figure 6. Cross-correlation function between time series of permanganate oxidisability of river and drinking water of infiltration intakes (whole observation period)

Таким образом, характер изменения ПО питьевой воды ИВ находится во взаимосвязи с характером изменения этого показателя в речной воде. Максимум значений ПО питьевой воды запаздывает по сравнению с максимумами показателя речной воды. Обнаруженное запаздывание в динамике изменения ПО речной и питьевой воды определяется тем обстоятельством, что в процессе миграции речной воды через фильтрующие слои водоносного горизонта многократно происходит сорбция – десорбция значительной части компонентов – примесей, присутствие которых предопределяет значение ПО.

Коэффициенты корреляции Пирсона, характеризующие связь между ПО речной и питьевой воды, вычисленные по исходным данным (за весь период наблюдений), указывают на то, что между

показателем в створах и в РЧВ существует заметная связь (по шкале Чеддока) (табл. 1).

Смещение временного ряда ПО питьевой воды по отношению к временному ряду ПО речной воды на один месяц существенно повышает силу связи между этими параметрами. Коэффициенты корреляции Пирсона, полученные с учетом смещения окисляемости в РЧВ, показывают, что по шкале Чеддока между значениями показателя в створе и РЧВ на ИВ2 связь стала высокой, а на ИВ1 – очень высокой (табл. 1).

Таким образом, характер ПО питьевой воды инфильтрационных водозаборов по величине значительно отличается от показателя в реке, однако динамика изменения ПО речной и питьевой воды подобна, и практически совпадает при учете смещения динамики изменения ПО питьевой и речной воды.

Можно считать, что в исследованных случаях время добегания компонентов – загрязнителей воды,

обеспечивающих перманганатную окисляемость составляет около одного месяца.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции Пирсона между значениями перманганатной окисляемости речной и питьевой воды

Table 1. Pearson correlation coefficients between permanganate oxidisability values of river and drinking water

Объект Object	РЧВ1 CWT1	РЧВ2.1 CWT2.1	РЧВ2.2 CWT2.2	РЧВ2.3 CWT2.3
Исходные ряды данных / Source data series				
СТ1 / ST1	0,57	-	-	-
СТ2 / ST2	-	0,54	0,49	0,50
Ряды данных, полученные в результате смещения временных рядов ПО питьевой воды относительно ПО речной воды Data series obtained by shifting the time series of permanganate oxidisability of drinking water relative to permanganate oxidisability of river water				
СТ1 / ST1	0,93	-	-	-
СТ2 / ST2	-	0,89	0,84	0,85

Полученные данные свидетельствуют о том, что по перманганатной окисляемости эффективность очистки воды на ИВ1 несколько выше, чем на ИВ2 (рис. 4, 2). В этой связи следует отметить, что на ПО питьевой воды могут оказывать влияние не только загрязнители, которые содержаться в речной воде. Площадь водосбора воды инфильтруемой в скважины водозаборов в условиях городских агломераций может быть насыщена источниками техногенных диффузных загрязнений, – транспортными узлами, строительными и промышленными предприятиями, селитебными зонами и другими объектами городской инфраструктуры. Это приводит к накоплению органических загрязнений в водоносных пластах, их химической трансформации, в результате которой образуются новые органические вещества, вымывающиеся в скважинную воду при увеличении доли инфильтрованной воды, а также появлению загрязнителей с восходящей фильтрацией вод из нижележащих водоносных пластов, при снижении притока в скважины речной воды. Поскольку ИВ1 расположен по течению реки выше и промышленной и зоны компактного проживания населения, чем ИВ2, можно предположить, что указанные выше причины диффузного загрязнения воды скважин в более выраженной степени проявляются на ИВ2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлено сравнение качества воды в створах и резервуарах чистой воды инфильтрационных водозаборов по перманганатной окисляемости.

Методом анализа временных рядов по среднемесячным значениям перманганатной окисляемости речной воды и питьевой воды инфильтрационных водозаборов за весь период наблюдений выявлено, что показатель подвержен сезонным изменениям.

В створах вклады сезонной компоненты составили 55 % и 59 % для ИВ1 и ИВ2 соответственно, в РЧВ1 вклад сезонной компоненты составляет 10 %, тогда как для РЧВ ИВ2 колеблется от 23 до 30 %. Выявлено, что значения ПО в питьевой воде в 6–7 раз ниже, чем в речной.

Анализ временных изменений среднемесячных значений перманганатной окисляемости в створах и РЧВ в модельном году выявил сдвиги между значениями перманганатной окисляемости в месяцы, характеризующиеся повышенным значением ПО. Так, в реке окисляемость максимальна в мае, а в РЧВ в июне или июле. Посторенние кросс-корреляционной функции по

среднемесячным значениям ПО в модельном году и за весь исследуемый период, позволило определить, что максимумы кросс-корреляционных функций приходятся на 1 лаг, что свидетельствует о том, что наилучшее совпадение между исследуемыми рядами ПО происходит при их сдвиге относительно друг друга на 1 месяц. Значения коэффициентов корреляции, полученные для исходных рядов показателя, свидетельствуют о наличии заметной связи (по шкале Чеддока) между перманганатной окисляемостью речной и питьевой воды. Коэффициенты корреляции Пирсона, полученные с учетом смещения значений перманганатной окисляемости в РЧВ относительно створов на один месяц, характеризуются более высокими значениями по сравнению с коэффициентами корреляции, полученными для исходных рядов.

Таким образом, изменения содержания окисляемых примесей в питьевой воде определяются их содержанием в речной воде. Однако, в связи с тем, что переносимые водой окисляемые примеси при перемещении сквозь фильтрующие слои участвуют в процессах сорбции-десорбции, появление их в питьевой воде связано с некоторым запаздыванием изменения концентраций по сравнению с тем, как эта концентрация изменяется в речной воде.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках выполнения Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, публикационный номер FEUR-2023-0006, проект «Разработка и создание малотоннажных продуктов и реагентов (ингибиторы коррозии и солеотложения, антиоксиданты, биоциды, присадки и др.) для процессов нефтегазохимии и очистки водных сред от загрязнений, замещающих импортные вещества и материалы. Теоретические и экспериментальные подходы».

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out as part of a Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation State Directive in the Field of Science, publication number FEUR-2023-0006, project "Development and Creation of Low-Tonnage Products and Reagents (Corrosion and Scale Inhibitors, Antioxidants, Biocides, Additives, etc.) for Petrochemical Processes and Water Purification from Pollution, Replacing Imported Substances and Materials. Theoretical and Experimental Approaches".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вождаева М.Ю., Цыпышева Л.Г., Кантор Л.И., Труханова Н.В., Мельнищий И.А., Кантор Е.А. Экологический мониторинг органических

- загрязнителей в системе аналитического контроля качества воды. Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия, 2016. 200 с.
2. Новикова Ю.А., Мясищиков И.О., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Башкетова Н.С. Методические подходы к организации программ мониторинга качества питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. 2020. N 10(331). С. 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-4-8>
 3. Naser M., Khalid A., Abdulrazzaq K. Design Engineering Conventional Water Treatment Plant. Principles and Important Factors Influence On The Efficiency // Design Engineering (Toronto). 2021. V. 8. N 19. P. 16009–16027.
 4. Kudryavtsev P., Kudryavtsev N. Treatment of natural surface waters using new composite flocculants-coagulants // International Journal of Hydrology. 2020. V. 4. N 5. P. 211–227. <https://doi.org/10.15406/ijh.2020.04.00248>
 5. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021, N 3.
 6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021, N 2.
 7. Zhang J., Wei Z., Jia H., Huang X. Factors influencing water quality indices in a typical urban river originated with reclaimed water // Frontiers of Environmental Science and Engineering. 2017. V. 11. N 4. P. 8.
 8. Злобина В.Л., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Источники загрязнения подземных вод в зоне активного водообмена // Восточно-Европейский научный журнал. 2018. N 2-2(30). С. 4–16.
 9. Mezentzev S.D. Ecology of Moscow urban agglomeration: problems and the ways of solving // E3S Web Conferences. 2021. V. 263. Article id: 05045.
 10. Маркушина Л.А. Эффективность экологических инициатив при оценке состояния окружающей среды города // Экономический вестник РГУ «Terra economica». 2010. T. 3. N 2. С. 59–65.
 11. Meyer T., Lei Y.D., Wania F. Transport of polycyclic aromatic hydrocarbons and pesticides during snowmelt within an urban watershed // Water Research. 2011. V. 45. N 3. P. 1147–1156. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.11.004>
 12. Парреньо К., Саласар Флорес К., Слабоспичкая А.С., Адарченко И.А. Мутность как основной показатель качества воды из поверхностных источников // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. N 3 (141). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44>
 13. Allen M.J., Brecher R.W., Copes R., Hrudey S.E., Payment P. Turbidity and microbial risk in drinking water. The Minister of Health Province of British Columbia, 2008. 68 р.
 14. Кантор Е.А., Жигалова А.В., Малкова М.А. Мутность воды в реке и резервуарах чистой воды некоторых водозаборов г. Уфы // Свидетельство о государственной регистрации базы данных N 2017620028 от 10.01.2017.
 15. Ялалетдинова А.В., Малкова М.А., Самусь А.И., Кантор Е.А. Сопоставление заболеваемости населения по некоторым зонам водоснабжения крупной городской агломерации и перманганатной окисляемости питьевой воды // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Т. 6 (146). С. 174–186. <https://doi.org/10.17122/ntj-oil-2023-6-174-186>
 16. Долгоносов Б.М., Власов Д.Ю., Дятлов Д.В., Сурачева Н.О., Григорьева С.В., Корчагин К.А. Статистические характеристики изменчивости качества воды, поступающей на водопроводную станцию // Инженерная экология. 2004. N 3. С. 2–20.
 17. Янин Е.П. Органические вещества техногенного происхождения в водах городских рек // Экологическая экспертиза. 2004. N 4. С. 42–67.
 18. ГОСТ Р 55684-2013 (ИСО 8467:1993). Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. М: Стандартинформ, 2019. 20 с.
 19. Li B., Song X., Yang L., Yao D., Xu Y. Insights onto Hydrologic and Hydro-Chemical Processes of Riparian Groundwater Using Environmental Tracers in the Highly Disturbed Shaying River Basin, China // Water. 2020. V. 12(7). Article id: 1939. <https://doi.org/10.3390/w12071939>
 20. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Москва: Наука, 2004. 677 с.
 21. Лехов А.В., Шваров Ю.В. Рост минерализации эксплуатируемых подземных вод при наличии пирита в покровных отложениях // Геэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2002. N 4. С. 316–325.
 22. Абдрахманов Р.Ф. Гидрохимия урбанизированных территорий Южного Предуралья // Геохимия. 2019. Т. 64. N 7. С. 733–741.
 23. Романовская С.Л., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Хабибуллин Р.Р. Анализ величины общей жесткости воды водоисточника и питьевой воды водозаборов города Уфы // Экологическая химия. 2005. Т. 14. N 2. С. 126–134.
 24. Якушев А.А., Горбатков С.А., Габдрахманова Н.Т. Многомерные статистические методы и нейросетевые модели в экономическом анализе. Уфа: Издательский центр «Башкирский территориальный институт профессиональных бухгалтеров», 2001. 266 с.
 25. Харабрин С.В., Кантор О.Г., Кантор Л.И., Кантор Е.А. Оценка сезонных изменений качества воды в водоисточнике // Башкирский химический журнал. 2003. Т. 10. N 1. С. 87–89.
 26. Романовская С.Л., Кантор Л.И., Кантор О.Г., Куликова Ю.С., Исхакова И.И. Выявление неблагоприятных временных периодов по содержанию некоторых неорганических соединений в водоисточнике // Башкирский химический журнал. 2005. Т. 12. N 1. С. 92.
 27. Гайдышев И.А. Анализ и обработка данных: специальный справочник. Санкт-Петербург: Питер, 2001. 752 с.
 28. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере. Москва: Инфра-М, Финансы и статистика, 1995. 384 с.

REFERENCES

1. Vozhdaeva M.Yu., Tsypysheva L.G., Kantor L.I., Trukhanova N.V., Melnitsky I.A., Kantor E.A. *Ekologicheskii monitoring organicheskikh zagryaznitelei v sisteme analiticheskogo kontrolya kachestva vody* [Ecological monitoring of organic pollutants in the system of analytical control of water quality]. Ufa, Gilem Publ., Bashkir Encyclopaedia Publ., 2016, 200 p. (In Russian)
2. Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Bashketova N.S. Methodological approaches to organization of drinking water quality monitoring programs. *Public Health and Life Environment – PH&LE*, 2020, no. 10(331), pp. 4–8. (In Russian) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-4-8>
3. Naser M., Khalid A., Abdulrazzaq K. Design Engineering Conventional Water Treatment Plant. Principles and Important Factors Influence on The Efficiency. *Design Engineering (Toronto)*, 2021, vol. 8, no. 19, pp. 16009–16027.
4. Kudryavtsev P., Kudryavtsev N. Treatment of natural surface waters using new composite flocculants-coagulants. *International Journal of Hydrology*, 2020, vol. 4, no. 5, pp. 211–227. <https://doi.org/10.15406/ijh.2020.04.00248>
5. SanPIN 2.1.3684-21. *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k soderzhaniyu territorii gorodskikh i sel'skikh poselenii, k vodnym ob'ektam, pit'evoi vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernemu vozdukhmu, pochvam, zhilyim pomeshcheniyam, ekhsploatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshchenii, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy* [SanPIN 2.1.3684-21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of the territories of urban and rural settlements, water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soil, living quarters, operation of industrial, public premises, organisation and conduct of sanitary and antiepidemic (preventive) measures]. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 28.01.2021, no. 3. (In Russian)
6. SanPIN 1.2.3685-21. *Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya* [SanPIN 1.2.3685-21. Hygienic norms and requirements to ensure safety and (or) harmlessness for humans of habitat factors]. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 28.01.2021, no. 2. (In Russian)
7. Zhang J., Wei Z., Jia H., Huang X. Factors influencing water quality indices in a typical urban river originated with reclaimed water. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2017, vol. 11, no. 4, pp. 8.
8. Zlobina V.L., Medovar Yu.A., Yushmanov I.O. Sources of groundwater pollution in the zone of active water exchange. *Vostochno-Evropейский научный журнал* [East European Scientific Journal]. 2018, no. 2-2(30), pp. 4–16. (In Russian)
9. Mezentzev S.D. Ecology of Moscow urban agglomeration: problems and the ways of solving. E3S Web Conferences, 2021, vol. 263, article id: 05045.
10. Markushina L.A. Efficiency of environmental initiatives in assessing the state of the city environment. *Ekonomicheskii vestnik RGU «Terra economica»* [Economic Bulletin of the Russian State University 'Terra economica']. 2010, vol. 3, no. 2, pp. 59–65. (In Russian)
11. Meyer T., Lei Y.D., Wania F. Transport of polycyclic aromatic hydrocarbons and pesticides during snowmelt within an urban watershed. *Water Research*, 2011, vol. 45, no. 3, pp. 1147–1156. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.11.004>
12. Parreño C., Salazar Flores C., Slabospitskaya A.S., Adarchenko I.A. Turbidity as the main indicator of water quality from surface sources.

- International Research Journal*, 2024, no. 3 (141). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44>
13. Allen M.J., Brecher R.W., Copes R., Hrudey S.E., Payment P. Turbidity and microbial risk in drinking water. The Minister of Health Province of British Columbia, 2008, 68 p.
 14. Kantor E.A., Zhigalova A.V., Malkova M.A. *Mutnost' vody v reke i rezervuarakh chistoi vody nekotorykh vodozaborov g. Ufy* [Turbidity of water in the river and clean water tanks of some water intakes of the city of Ufa]. Certificate of state registration of the database no. 2017620028, 2017. (In Russian)
 15. Yalaletdinova A.V., Malkova M.A., Samus A.I., Kantor E.A. Comparison of population morbidity in some water supply zones of a large urban agglomeration and permanganate oxidability of drinking water. *Problems of collection, treatment and transport of oil and oil products*, 2023, vol. 6 (146), pp. 174–186. (In Russian) <https://doi.org/10.17122/ntj-oil-2023-6-174-186>
 16. Dolgonosov B.M., Vlasov D.Yu., Dyatlov D.V., Suracheva N.O., Grigorieva S.V., Korchagin K.A. Statistical characteristics of the variability of water quality variability coming to the water supply station. *Inzhenernaya ekologiya* [Engineering Ecology]. 2004, no. 3, pp. 2–20. (In Russian)
 17. Yanin E.P. Organic substances of anthropogenic origin in waters of urban rivers. *Ekologicheskaya ekspertiza* [Ecological expertise]. 2004, no. 4, pp. 42–67. (In Russian)
 18. GOST R 55684-2013 (ISO 8467:1993). *Voda pit'evaya. Metod opredeleniya permanganatnoi okislyayemosti* [GOST R 55684-2013 (ISO 8467:1993). Drinking water. Method for determination of permanganate oxidisability]. Moscow, Standartinform Publ., 2019, 20 p. (In Russian)
 19. Li B., Song X., Yang L., Yao D., Xu Y. Insights onto Hydrologic and Hydro-Chemical Processes of Riparian Groundwater Using Environmental Tracers in the Highly Disturbed Shaying River Basin, China. *Water*, 2020, vol. 12(7), article id: 1939. <https://doi.org/10.3390/w12071939>
 20. Kraynov S.R., Ryzhenko B.N., Shvets V.M. *Geokhimiya podzemnykh vod. Teoreticheskie, prikladnye i ekhologicheskie aspekty* [Geochemistry of groundwater. Theoretical, applied and ecological aspects]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 677 p. (In Russian)
 21. Lekhov A.V., Shvarov Yu.V. Mineralisation growth of the exploited groundwater in the presence of pyrite in the cover sediments. *Geohkologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geohydrology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology]. 2002, no. 4, pp. 316–325. (In Russian)
 22. Abdurakhmanov R.F. Hydrogeochemistry of urbanised territories of the Southern Urals. *Geokhimiya* [Geochemistry]. 2019, vol. 64, no. 7, pp. 733–741. (In Russian)
 23. Romanovskaya S.L., Kantor L.I., Kantor E.A., Khabibullin P.P. Analysis of the value of total hardness of water source water and drinking water of water intakes of the city of Ufa. *Ehkologicheskaya khimiya* [Ecological Chemistry]. 2005, vol. 14, no. 2, pp. 126–134. (In Russian)
 24. Yakushev A.A., Gorbatkov S.A., Gabdrakhmanova N.T. *Mnogomernye statisticheskie metody i neirosetevye modeli v ehkonomiceskem analize* [Multivariate statistical methods and neural network models in economic analysis]. Ufa, Publishing Centre ‘Bashkir Territorial Institute of Professional Accountants’, 2001, 266 p. (In Russian)
 25. Kharabrin S.V., Kantor O.G., Kantor L.I., Kantor E.A. Estimation of seasonal changes of water quality in a water source. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal]. 2003, vol. 10, no. 1, pp. 87–89. (In Russian)
 26. Romanovskaya S.L., Kantor L.I., Kantor O.G., Kulikova Y.S., Iskhakova I.I. Identification of unfavourable time periods by the content of some inorganic compounds in the water source. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir Chemical Journal]. 2005, vol. 12, no. 1, pp. 92. (In Russian)
 27. Gaidyshev I.A. *Analiz i obrabotka dannykh: spetsial'nyi spravochnik* [Data Analysis and Processing: Special Reference Book]. St. Petersburg, Peter Publ., 2001, 752 p. (In Russian)
 28. Tyurin Y.N., Makarov A.A. *Analiz dannykh na kompyutere* [Data Analysis on Computer]. Moscow, Infra-M Publ., Finance and Statistics Publ., 1995, 384 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алина В. Ялалетдинова, автор-корреспондент, участвовала в сборе исходных данных, проведении исследования, анализе полученных результатов, внесла вклад в интерпретацию результатов и подготовку (написание и оформление) рукописи. Мария А. Малкова провела сбор исходных данных, участвовала в анализе и обобщении результатов исследования.

Маргарита Ю. Вождаева, Игорь А. Мельницкий провели экспериментальные исследования в лаборатории. Павел В. Серебряков организовал обсуждение, дал рекомендации по улучшению результатов исследования. Ольга Г. Кантор внесла вклад в анализ данных, дала рекомендации по его улучшению.

Евгений А. Кантор участвовал в интерпретации результатов исследования, подготовке и редактировании и корректировке рукописи.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alina V. Yalaletdinova, corresponding author, participated in the collection of initial data, conducted the study, analysed the results obtained, and contributed to the interpretation of the results and preparation (writing and design) of the manuscript. Maria A. Malkova conducted the collection of initial data and participated in the analysis and synthesis of the study results. Margarita Yu. Vozhdaeva, Igor A. Melnitsky carried out experimental studies in the laboratory. Pavel V. Serebryakov organised the discussion and gave recommendations for improving the results of the study. Olga G. Kantor contributed to the data analysis and gave recommendations for its improvement. Evgeny A. Kantor participated in the interpretation of the study results, preparation and editing and proofreading of the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Алина В. Ялалетдинова / Alina V. Yalaletdinova <https://orcid.org/0000-0003-0883-1856>

Мария А. Малкова / Maria A. Malkova <https://orcid.org/0000-0002-3570-4062>

Маргарита Ю. Вождаева / Margarita Yu. Vozhdaeva <https://orcid.org/0000-0002-0417-074X>

Ольга Г. Кантор / Olga G. Kantor <https://orcid.org/0000-0002-3186-3285>

Игорь А. Мельницкий / Igor A. Melnitsky <https://orcid.org/0000-0002-4825-1867>

Павел В. Серебряков / Pavel V. Serebryakov <https://orcid.org/0009-0002-4148-1093>

Евгений А. Кантор / Evgeny A. Kantor <https://orcid.org/0000-0002-9629-3324>