

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ В АКВАТОРИИ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**А.Р. Хафизов, С.А. Валитов, Л.А. Камалетдинова,
Р.А. Низамова, И.З. Гайсин**

E-mail: chafizov@mail.ru

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Башкирский филиал, г. Уфа, Россия

АННОТАЦИЯ: В настоящее время в бассейне и акватории Павловского водохранилища произошли изменения, влияющие на химический состав воды. В ситуации, когда в последние десятилетия гидрохимические исследования Павловского водохранилища не проводились, актуальным является анализ современных процессов трансформации химического состава его вод. С этой целью в 2018–2019 гг. БашНИИВХ проведены исследования состояния водохранилища: отобраны пробы воды в поверхностном и придонном слое и донные отложения.

В связи с большим объемом полученного материала, в данной работе рассмотрены лишь результаты исследований многолетней динамики и современные тенденции изменения химического состава воды (концентрации химических веществ) в акватории Павловского водохранилища по 10 химическим показателям в семи створах. Показано, что по длине водохранилища от выклинивания подпора до верхнего бьефа в воде уменьшаются концентрации Sr^{2+} , Mn^{2+} , нефтепродуктов; увеличиваются Zn^{2+} , Hg^{2+} , фенолов и органических веществ; равномерно распределяются $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$), $\text{P}_{\text{общ}}$ (по PO_4^{3-}), Cu^{2+} . В многолетней динамике тренд снижения концентраций в воде характерен для Fe, Mn^{2+} , нефтепродуктов, фенолов, ХПК; тренд повышения – для $\text{P}_{\text{общий}}$, Cu^{2+} , Zn^{2+} , фенолов. Установлена связь среднегодовых концентраций химических показателей в воде Павловского водохранилища со среднегодовым притоком.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Павловское водохранилище, химический состав воды, качество воды, гидрохимические показатели, акватория, водосборная площадь.

Павловское водохранилище расположено на р. Уфе, створ плотины находится у пос. Павловка Нуримановского района Республики Башкортостан, эксплуатируется с 1959 г. Расстояние от створа плотины до устья р. Уфы – 177 км. Водоем обеспечивает круглогодичное бесперебойное централизованное водоснабжение миллионного г. Уфы, а Павловская ГЭС снабжает электроэнергией объекты Республики Башкортостан, Свердловской и

© Хафизов А.Р., Валитов С.А., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А., Гайсин И.З., 2020

Челябинской обл. и Пермского края [1]. На берегах водохранилища расположены свыше двадцати рекреационных объектов: турбазы, базы отдыха, оздоровительные и спортивные лагеря [2].

Павловское водохранилище диктует гидрологические, гидрохимические и гидробиологические условия в нижнем течении р. Уфы, в частности, в районе водозаборов г. Уфы (Северный и Южный водозаборы) [3]. Основными параметрами реки, формируемыми Павловским водохранилищем, являются качество, расход и уровень воды [4]. Качество воды в водохранилище зависит от концентраций химических веществ, которые напрямую связаны с химическим составом воды основной реки, а также ее крупных притоков, впадающих и в водохранилище: реки Уфа, Юрюзань, Ай, Тую, Сарс и Байки [5, 6].

Первые комплексные исследования водохранилища были проведены Башкирским отделом УралНИИВХ совместно с Башкирским сельскохозяйственным институтом в 1986–1988 гг. по теме «Влияние хозяйственной деятельности на качество водных ресурсов Павловского водохранилища». В перечень работ входило наблюдение за химическим составом воды, оценка антропогенного загрязнения водохранилища, определение объемов переработки берегов [7]. Последние комплексные исследования Павловского водохранилища осуществлены ФГУП РосНИИВХ в 2000 г., были исследованы качество воды, а также фитопланктон. В настоящее время только ГУ «Башкирское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Башкирское УГМС») в рамках государственной статистической отчетности ведет учет содержания ряда химических элементов в двух створах водохранилища (села Караидель и Павловка).

Таким образом, крупномасштабные научные исследования химического состава воды Павловского водохранилища в последние десятилетия не проводились. Учитывая, что за это время хозяйственное использование водохранилища, его антропогенное загрязнение и гидрологические условия могли заметно измениться, актуальными являются исследования современных процессов трансформации химического состава вод водоема с целью разработки научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по улучшению качества воды [7].

Цель данной работы – исследование многолетней динамики и тенденций изменения химического состава воды в акватории Павловского водохранилища для дальнейшей разработки научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по улучшению его состояния. Для достижения поставленной цели проанализированы имеющиеся фондовые материалы по ранее проведенным исследованиям химического состава воды; проведены полевые исследования с отбором и химическим анализом проб воды в весенний и осенний периоды (до паводков), в летнюю межень 2018–2019 гг.; установлены объемы притока и

сброса воды из водохранилища за многолетний период, зависимости концентрации химических веществ в воде от объема ее притока и возможные пути поступления химических веществ в Павловское водохранилище; определены основные направления по разработке научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по улучшению качества воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования в 2018–2019 гг. проводили в весенний предполоводный, осенний и летний меженный периоды. Расположение створов по отбору проб на Павловском водохранилище (рис. 1) выбирали, исходя из морфометрических особенностей водохранилища (речная, озерная и приплотинная части); на замыкающих участках рек притоков, впадающих в водохранилище; в районе населенных пунктов с учетом возможных источников антропогенного воздействия [7–10].



Рис. 1. Створы отбора проб воды в акватории Павловского водохранилища в 2018 г.: 1 – с. Муллакаево; 2 – устье р. Тюй; 3 – с. Караидель; 4 – устье р. Байки; 5 – с. Магинск; 6 – залив р. Юрюзань; 7 – ФОК «Звездный»; 8 – СОЛ «Авиатор»; 9 – верхний бьеф гидроузла; 10 – нижний бьеф гидроузла.

Fig. 1. Ranges of water sampling in the Pavlovsk Reservoir in 2018: 1 – the village of Mullakayevo; 2 – the Tuy River mouth; 3 – the village of Karaidel; 4 – the Bayka River mouth; 5 – the village of Maginsk; 6 – the Yuryuzan River bay; 7 – FOK «Zvezdnyi»; 8 – SOL «Aviator»; 9 – Hydro power plant upstream; 10 – Hydro power plant downstream.

С целью оценки качества воды и выявления источников загрязнения водоема при отборе проб в 2018 г. учитывалось местоположение створов действующей сети наблюдений ФГБУ «Башкирское УГМС», а также расположение створов ранее проведенных научных исследований. Все створы соответствуют требованиям РД 52.24.309-2011 [11].

Для оценки гидрохимического состояния Павловского водохранилища в 2018 г. проведен анализ отобранных проб воды по максимальному количеству химических показателей, определяемых согласно аккредитации испытательной лаборатории аналитического контроля вод ФГБУ РосНИИВХ (64 пробы воды по 30 химическим показателям). При сопоставлении концентраций ингредиентов с их ПДК_{рх} [12] в 2019 г. количество створов наблюдения было сокращено до семи (исключены створы с. Магинск, СОА «Авиатор», нижний бьеф гидроузла), а количество анализируемых химических показателей с 30 до 10. В 2018 г. отбор проб воды проводился два раза в летний и осенний меженные периоды, в 2019 г. – три раза: весной в предполоводный период, в летний и осенний меженные периоды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевых исследований 2019 г. составлена сводная таблица с предельными и средними значениями концентрации химических показателей в створах Павловского водохранилища со стандартными отклонениями (табл. 1). Наибольшие разовые превышения ПДК_{рх} [12] в 2019 г. зафиксированы по Hg (верхний бьеф) и Cu (устье р. Байки). Превышения ПДК_{рх} [12] средних значений концентраций химических показателей составили: Fe_{общ} (Fe²⁺ + Fe³⁺) – 2,4; Zn²⁺ – 2,9; Cu²⁺ – 17; Mn²⁺ – 7,1; Sr²⁺ – 6,1; Hg²⁺ – 21; фенолов – 1,5; нефтепродуктов – 1,3 раза; P_{общ} (по PO₄³⁻) и ХПК – ниже ПДК_{рх} (далее, для упрощения обозначения, химические элементы даны без указания валентности).

Современные тенденции изменения химического состава воды в акватории Павловского водохранилища проанализированы по усредненным результатам исследований проб воды в летнюю межень (июль) в 2018–2019 гг. по 10 показателям (Fe_{общ}, Zn, Cu, Mn, Sr, Hg, P_{общ}, фенол, нефтепродукты и ХПК) и по семи створам (Муллакаево, Караидель, Байки, Магинск, Юрюзань, ФОК «Звездный» и у верхнего бьефа плотины). Построены графики изменения концентрации химических показателей в воде по створам от верховьев водохранилища к верхнему бьефу плотины (рис. 2). Анализ графиков выполнен в табличной форме (табл. 2).

По длине водохранилища линейные тренды изменения концентраций химических показателей следующие: уменьшаются – Sr, Mn, нефтепродукты; увеличиваются – Zn, Hg, фенолы и ХПК. Равномерное распределение концентраций с незначительными отклонениями наблюдается у



$Fe_{общ}$, $P_{общ}$, Cu . Уменьшение концентрации ряда ингредиентов по длине косвенно указывает на их поступление в верховьях водохранилища: по главной реке или по притокам, а увеличение – на их поступление с частного водосбора водохранилища, особенно на участках Караидель–Магинск, ФОК «Звездный»–верхний бьеф. При равномерном распределении химических показателей можно предположить установление равновесного состояния между их поступлением из различных источников и самоочищением. Анализ пиков концентраций химических показателей на графиках (рис. 2) указывает, что по рекам Уфа и Тьюй возможно поступление $Fe_{общ}$, Mn , Zn , Hg , органических веществ; р. Байки – Sr , Mn , Hg , Zn и органических веществ; р. Юрюзань – $Fe_{общ}$, $P_{общ}$, Mn и органических веществ. В акватории водохранилища источниками загрязнения Sr могут быть с. Караидель и ФОК «Звездный»; нефтепродуктами – села Караидель и Магинск; Zn и Hg – ФОК «Звездный» и район верхнего бьефа; фенолами – села Караидель и Магинск, ФОК «Звездный» и район верхнего бьефа (практически вся акватория); органическими веществами – все реки и ФОК «Звездный».

Многолетняя динамика химического состава воды Павловского водохранилища изучена по результатам собственных исследований 2018–2019 гг., а также исследований УралНИИВХ и БСХИ (1986–1987 гг.),

Таблица 1. Максимальные, минимальные и средние концентрации химических показателей за 2019 г. проб воды в створах Павловского водохранилища, их ПДК_{рх} [12] и стандартные отклонения (весна, лето, осень)
Table 1. Maximal, minimal and medium concentrations of the chemical indicators in the Pavlovsk Reservoir water samples over 2019, their MPC and standard deviations (spring, summer, and fall)

Химический показатель	ПАК _{рх} [12], мг/дм ³	Максимальная, минимальная и средняя концентрация веществ в створах, мг/дм ³						Верхний бьеф	Стандартное отклонение по водохранилищу
		Муллакаево*	Караидель	Байки	Матинск**	Юрюзань	Звёздный		
Fe _{общ} (Fe ²⁺ + Fe ³⁺)	0,1	0,25 – 0,23 0,24	0,26 – 0,147 0,219	0,24 – 0,146 0,179	0,33 – 0,077 0,204	0,26 – 0,164 0,203	0,26 – 0,102 0,181	0,17 – 0,123 0,145	0,059
Mn ²⁺	0,01	0,082 – 0,045 0,064	0,072 – 0,023 0,048	0,094 – 0,015 0,061	0,083 – 0,021 0,052	0,089 – 0,005 0,051	0,143 – 0,009 0,071	0,067 – 0,005 0,052	0,027
Cu ²⁺	0,001	0,026 – 0,005 0,016	0,027 – 0,005 0,012	0,04 – 0,005 0,017	0,005	0,034 – 0,005 0,015	0,013 – 0,005 0,009	0,02 – 0,005 0,014	0,017
Нефте-продукты	0,05	0,082 – 0,006 0,044	0,027 – 0,005 0,013	0,01 – 0,006 0,009	0,12 – 0,012 0,066	0,087 – 0,006 0,037	0,093 – 0,008 0,044	0,068 – 0,007 0,023	0,05
Hg ²⁺	0,00001	0,00004	0,00004	0,00004	0,00022 – 0,00005 0,000135	0,00027 – 0,00004 0,00012	0,00021 – 0,00004 0,00007	0,00046 – 0,00004 0,00021	0,00016
Si ²⁺	0,4	0,69 – 0,55 0,62	1,23 – 0,85 1,033	5,4 – 0,86 2,43	0,99 – 0,94 0,965	0,72 – 0,31 0,493	0,75 – 0,24 0,52	0,85 – 0,36 0,54	1,149
Фенолы	0,001	0,0008 – 0,0005 0,0007	0,0007 – 0,0005 0,0006	0,0015 – 0,0005 0,0009	0,0021 – 0,0009 0,0015	0,0015 – 0,0005 0,0009	0,0016 – 0,0005 0,001	0,0022 – 0,0007 0,0011	0,0007
Фосфор общий (по PO ₄ ³⁻)	0,2	0,18 – 0,11 0,145	0,29 – 0,05 0,136	0,16 – 0,05 0,099	0,112 – 0,068 0,09	0,21 – 0,05 0,106	0,26 – 0,053 0,116	0,18 – 0,05 0,08	0,07
ХПК (мгО/дм ³)	15	15 – 9,5 12,25	12,3 – 6,6 8,567	16 – 5 9,967	12,7 – 5,9 9,3	16 – 5,4 11,467	18 – 10,9 13,94	16,0 – 8,2 11,58	3,91
Zn ²⁺	0,01	0,029 – 0,015 0,022	0,021 – 0,005 0,014	0,033 – 0,005 0,022	0,025 – 0,008 0,017	0,035 – 0,005 0,025	0,038 – 0,007 0,024	0,06 – 0,002 0,029	0,017

Примечание: в числителе максимальные – минимальные, в знаменателе – средние значения; * – отбор проводился летом и осенью, ** – отбор проводился летом и осенью 2018 г.

Таблица 2. Современные тенденции изменения концентрации химических показателей в пробах воды в акватории Павловского водохранилища
Table 2. Current trends of the chemical indicators' concentration changes in water samples of the Pavlovsk Reservoir water

Химический показатель	Изменение по длине водохранилища	Створы с пиковыми концентрациями	Возможные пути поступления
Железо общее, Fe _{общ}	Равномерное распределение с незначительным уменьшением	Муллакаево, устье р. Юрюзань	По рекам Уфа, Тую и Юрюзань, из акватории водохранилища
Стронций, Sr	Уменьшение	Байки	По р. Байки из с. Караидель и ФОК «Звездный»
Фосфор общий, P _{общ}	Равномерное распределение с незначительным увеличением	Устье р. Юрюзань	По р. Юрюзань из всей водосборной площади
Марганец, Mn	Уменьшение	Муллакаево, Байки, устье р. Юрюзань	По рекам Уфа, Тую, Байки и Юрюзань
Медь, Cu	Равномерное распределение с незначительным уменьшением	Байки, у верхнего бьефа плотины	По р. Байки, из района верхнего бьефа
Нефте-продукты	Уменьшение	Караидель, Магинск	Из сел Караидель и Магинск
Цинк, Zn	Незначительное увеличение	Муллакаево, Байки, ФОК «Звездный», ВБ	По рекам Уфа, Тую, Байки, из ФОК «Звездный» и района верхнего бьефа
Ртуть, Hg	Увеличение	Муллакаево, Байки, ФОК «Звездный» и ВБ	По рекам Уфа, Тую, Байки, из ФОК «Звездный» и района верхнего бьефа
Фенолы	Увеличение	Караидель, Магинск, ФОК «Звездный» и ВБ	С дна водохранилища в районах сел Караидель, Магинск, ФОК «Звездный» и верхнего бьефа
ХПК	Увеличение	Муллакаево, Байки, устье р. Юрюзань и ФОК «Звездный»	Из рек Уфа, Тую, Байки, Юрюзань и ФОК «Звездный»

УралНИИВХ (1989 г.), РосНИИВХ (2000 г.). Дополнительно использованы данные государственной статистической отчетности ФГБУ «Башкирское УГМС» (1996–2004 гг., 2008 г.). Построены графики изменения среднегодовой концентрации химических показателей в воде Павловского водохранилища по годам для верхнего створа (с. Караидель) и нижнего створа (верхний бьеф) (рис. 3). В графиках указаны ПДК_{рх} [12], а в случае отсутствия нормативов – по СанПиН 2.1.4.1116-02 [13].

Сопоставление многолетней динамики среднегодовых концентраций химических показателей в воде Павловского водохранилища со среднегодовым притоком (рис. 3) показало, что между ними, кроме нефтепродуктов, имеется прямая (при увеличении притока концентрация химического показателя увеличивается) или обратная (при увеличении притока концентрация химического показателя уменьшается) связь. Так, Fe_{общ} и Mn имеют прямую связь, а Р_{общ}, Cu, Zn, фенолы и ХПК – обратную связь. Отклонение пиковых значений графиков в обе стороны составляет 2–4 года (табл. 3).

Таблица 3. Годовая динамика среднегодового притока и химических показателей в воде Павловского водохранилища

Table 3. The annual dynamics of the annual average inflow and chemical indicators in the Pavlovsk Reservoir water

Химический показатель	Интервал изменений концентрации химических показателей, год			
	возрастание	пиковые значения		убывание
		max	min	
Среднегодовой приток воды в водохранилище	с 2001	2001–2003	–	с 2003
Fe _{общ}	до 1999	1999–2003	–	с 2003
Р _{общ}	с 2005	–	2001–2005	до 2001
Mn	до 2001	2001–2005	–	с 2005
Cu	с 2002	–	1998–2002	до 1998
Нефтепродукты	до 1988	1988	–	с 1988
Zn	с 2004	–	1997–2004	до 1997
Фенол	2003–2008	2008	1999–2003	до 1999 и с 2008
ХПК	2003–2007	2007–2009	2001–2003	до 2001 и с 2009

С целью получения регрессионной зависимости концентрации химических показателей от притока проведен выборочный анализ зависимости концентрации Fe_{общ} от притока по уравнениям нелинейной регрессии. Наибольшее приближение показала экспоненциальная регрессия

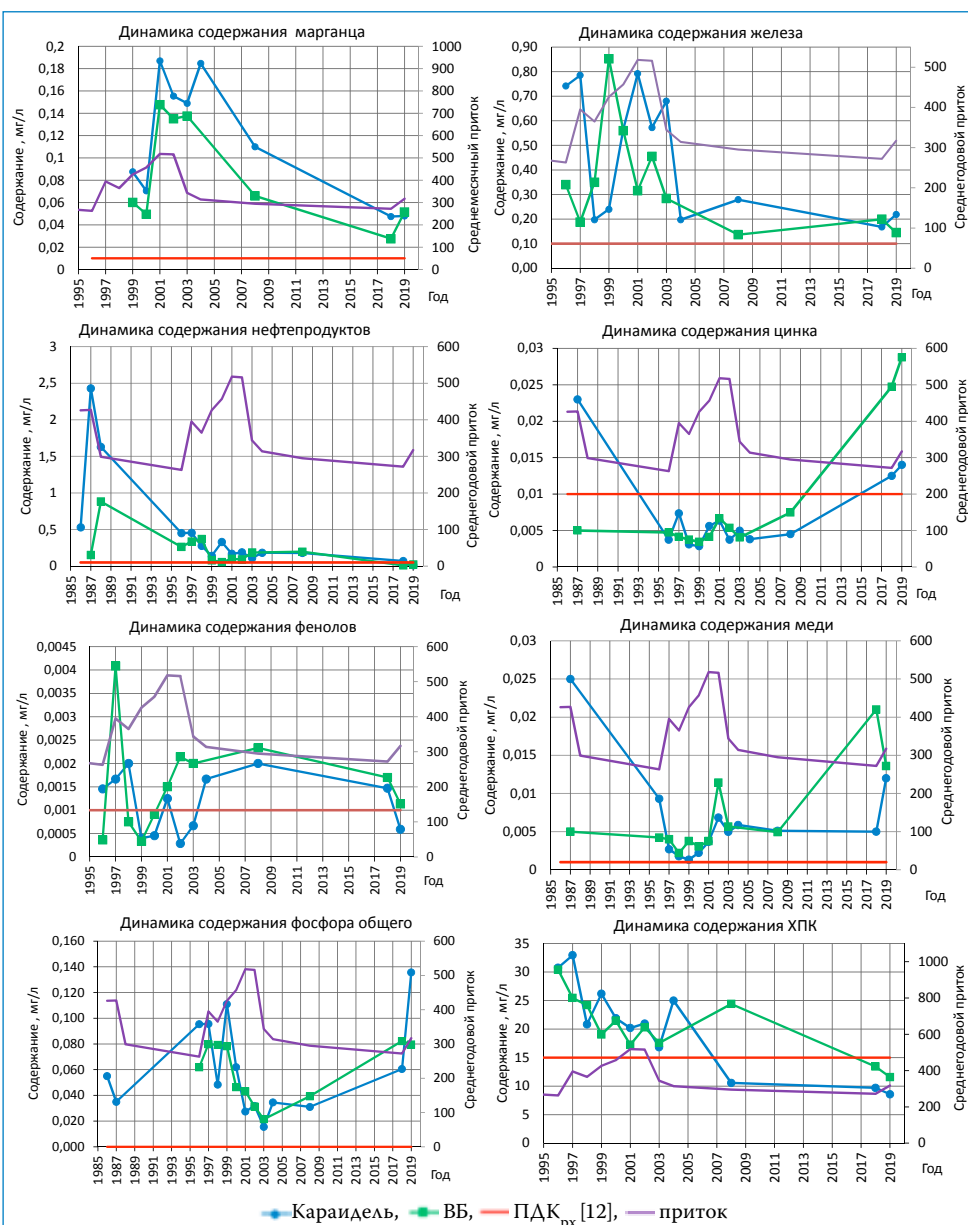


Рис. 3. Графики изменения концентрации химических показателей в воде по створам от верховьев Павловского водохранилища к верхнему бьефу плотины и притока воды в водохранилище.
Fig. 3. Diagrams of the chemical indicators' concentration changes in the Pavlovsk Reservoir Reservoir along reaches from the upstream to the dam upstream and the water inflow to the reservoir.

$y = 0,069533 \cdot e^{0,00419 \cdot x}$. Коэффициент корреляции 0,00419, по критерию Стьюдента статистическая значимость коэффициента подтверждается, по коэффициенту детерминации – оценка уравнения регрессии статистически надежна, по индексу корреляции $R = 0,593$ – фактор притока умеренно влияет на концентрацию $Fe_{\text{общ}}$, по шкале Чеддока связь между притоком и концентрацией $Fe_{\text{общ}}$ – заметная. Но ошибка аппроксимации значительная (38, 87 %), поэтому как вывод можно отметить, что уравнение регрессии отражает лишь общую тенденцию в поведении рассматриваемых переменных – притока и концентрации химических показателей. В связи с этим, регрессионные зависимости для других химических показателей в рамках данного исследования не определяли.

Многолетняя динамика химического состава воды Павловского водохранилища проанализирована по линейным трендам графиков химических показателей, приведенных на рис. 2, а ее связь со среднегодовым притоком – по графикам рис. 3 с учетом табл. 3. Анализ данных табл. 4 показал, что в многолетней динамике тренд снижения концентраций показывают $Fe_{\text{общ}}$, Mn, нефтепродукты, фенолы (во входном створе), ХПК. Максимальное среднегодовое снижение в выходном створе (верхний бьеф) у Mn (3,5 %), минимальное – у органических загрязнений (2,1 %). Тренд повышения концентраций наблюдается у $P_{\text{общ}}$, Cu, Zn, фенолов (в выходном створе). Максимальное среднегодовое повышение в выходном створе у Cu (3,1 %), минимальное – у фенолов (0,5 %). Среднегодовые величины тренда (%) определены исходя из предположения постоянства погрешностей измерений химических показателей в различные годы.

Сопоставляя эти результаты с выводами, сделанными по данным рис. 1 и табл. 1, можно сформулировать обобщенные выводы об основных путях поступления химических веществ в Павловское водохранилище. Mn и $Fe_{\text{общ}}$ поступают в верховья водохранилища по притокам, т. к. при увеличении притока увеличиваются, а по длине водохранилища уменьшаются. Фенолы и нефтепродукты поступают из ложа водохранилища и/или прилегающих водосборных территорий: их концентрации и при увеличении притока уменьшаются, а по длине водохранилища увеличиваются. Данный вывод подтверждают и результаты обследований прибрежных территорий. Вблизи населенных пунктов местными жителями осуществляются несанкционированные добычи топляка, способствующие поступлению фенолов в воду из донных отложений, заправка маломерных судов влечет за собой попадание в воду нефтепродуктов. Ежегодное расширение масштабов самовольной добычи топляка способствует повышению концентрации фенолов, а отсутствие регулярного судоходства в последние годы снижению концентрации нефтепродуктов в воде в многолетней динамике.

Таблица 4. Многолетняя динамика химического состава воды Павловского водохранилища и ее связь со среднегодовым притоком
Table 4. The many-year dynamics of the Pavlovsk Reservoir water chemical composition and its connection with the annual average inflow.

Химический показатель/погрешность*	Многолетняя динамика химического состава воды					Связь с притоком воды
	за период, год	в створе				
		Караидель		верхний бьеф		
		направление тренда**	среднегодовая величина тренда***, %	направление тренда**	среднегодовая величина тренда***, %	
Fe _{общ} / 0,07	1996–2004, 2008, 2018–2019	снижение	3,5	снижение	3,2	прямая
P _{общ} / 0,07	1986–1987, 1996–2004, 2008, 2018–2019	повышение	1,3	повышение	0,7	обратная
Mn / 0,015	1999–2004, 2008, 2018–2019	снижение	3,1	снижение	3,5	прямая
Cu / 0,007	1987, 1996–2004, 2008, 2018–2019	снижение	1,8	повышение	3,1	обратная
Нефте-продукты/ 0,04	1986–1988, 1996–2004, 2008, 2018–2019	снижение	2,4	снижение	2,6	нет связи
Zn / 0,012	1987,1996–2004, 2008, 2018–2019	повышение	0,1	повышение	2,4	обратная
Фенол / 0,0011	1996–2004, 2008, 2018–2019	снижение	0,3	повышение	0,5	обратная
ХПК	1996–2004, 2008, 2018–2019	снижение	3,2	снижение	2,1	обратная

Примечание: * – максимальная погрешность измерений, мг/л; ** – линейная линия тренда; *** – величина тренда, определенная в % по отношению к наибольшему значению тренда.

С водосборной площади водохранилища поступает P_{общ}, т. к. при увеличении притока его концентрация уменьшается, а по длине водохранилища увеличивается. При этом общее водопотребление по водосборной площади в настоящее время уменьшается [1, 2], но увеличивается удельное водопотребление [14], этим и объясняется повышение концентрации фосфора в воде в

многолетней динамике. Cu, Zn поступают как извне, так и из ложа водохранилища и прилегающих территорий. Отмечено преобладающее поступление Cu из ложа водохранилища и прилегающих территорий, поскольку при увеличении притока концентрации ионов меди уменьшаются, а по длине водохранилища увеличиваются. По Sr и Hg многолетние данные отсутствуют. Можно предположить преобладающее поступление Sr в верховья по притокам, а Hg – как извне, так и из ложа водохранилища и прилегающих территорий. Согласно [5, 6], Sr в воде формируется за счет природных факторов.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты исследований многолетней динамики и современных тенденций изменения концентрации химических веществ в акватории Павловского водохранилища позволили установить основные направления по разработке научно обоснованных рекомендаций и мероприятий по улучшению качества воды в водоеме.

В соответствии с полученной дифференциацией поступления химических веществ по рекам-притокам, необходимо организовать мониторинговые исследования и анализ сведений 2ТП-(водхоз) с целью установления источников (предприятий) и концентраций сбрасываемых химических веществ по рекам Уфа и Тюй (Mn, Zn, Hg, органические вещества); р. Байки (Sr, Mn, Hg, Zn, органические вещества); р. Юрюзань ($Fe_{общ}$, $P_{общ}$, Mn, органические вещества). Выделить предприятия, создающие наибольшие концентрации химических веществ в створе сброса, и уведомить соответствующие исполнительные и правоохранительные органы, на территории которых находятся эти предприятия. Следует провести исследования и расчеты по установлению зависимости концентрации химических веществ по соответствующим рекам в створах на месте сбросов и в устье (при впадении в водохранилище) с целью определения предельного объема сброса конкретного предприятия.

С учетом полученной дифференциации источников загрязнения в акватории Павловского водохранилища администрациям муниципальных образований необходимо организовать инвентаризацию объектов, являющихся источниками химических веществ, на участках: Караидель–Магинск по нефтепродуктам и фенолам; ФОК «Звездный»–район верхнего бьефа по Zn, Hg, фенолам и органическим веществам. По результатам инвентаризации для каждого объекта-загрязнителя необходимо разработать конкретные мероприятия по снижению сброса химических и органических веществ в акваторию Павловского водохранилища. Следует осуществить первоочередные меры по снижению концентрации химических веществ, имеющих в настоящее время наибольшее превышение ПДК_{рх} и тренд повышения в многолетней динамике – Cu и Hg, Zn и фенолы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хафизов А.Р., Полева А.О., Валитов С.А., Шарафеева А.Б., Камалетдинова Л.А., Гайсин И.З. Оценка биогенного загрязнения воды Павловского водохранилища на реке Уфа // Водное хозяйство России. 2019. № 4. С. 196–207. DOI: 10.35567/1999-4508-2019-4-9.
2. Хафизов А.Р., Кутляров А.Н., Шарафеева А.В. Динамика загрязнения Павловского водохранилища коммунально-бытовыми и животноводческими стоками // Наука молодых – инновационному развитию АПК. XI Национальная научно-практ.конф. молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет, 2018. С. 248–252.
3. Хафизов А.Р. Учет влияния водохранилищ на гидрологический режим рек в условиях маловодного периода. Екатеринбург: РосНИИВХ, 2019. 14 с.
4. Хафизов А.Р., Недосеко И.В., Валитов С.А., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А. Современный гидрологический режим и русловые процессы нижнего течения реки Уфа в районе водозаборов города Уфа // Водное хозяйство России. 2018. № 5. С. 4–20. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-5-1.
5. Абдрахманов Р.Ф., Полева А.О., Валитов С.А. Формирование химического состава воды и донных отложений Павловского водохранилища // Геологический вестник. 2018. № 3. С. 124–136.
6. Абдрахманов Р.Ф. Особенности формирования химического состава воды Павловского водохранилища // Гидрохимические материалы. 1994. Т. 111. С. 139–150.
7. Пособие по выбору приоритетных действий, направленных на реабилитацию водоемов (озера, водохранилища). Екатеринбург: РосНИИВХ, 2017. 73 с.
8. Никаноров А.М. Справочник по гидрохимии: справочник специалиста. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 390 с.
9. Алекин А.О. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
10. Madrid Y. Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy // Trends in Analytical Chemistry. 2007. Vol. 4. P. 171–175.
11. РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов-на-Дону: Гидрохимический институт, 2011.
12. Приказ Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18 января 2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2008.
13. СанПин 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. // Российская газета. № 93. 2002.
14. Айдаров И.П. Обустройство агроландшафтов России. М.: МГУП, 2007. 159 с.

Для цитирования: Хафизов А.Р., Валитов С.А., Камалетдинова Л.А., Низамова Р.А., Гайсин И.З., Многолетняя динамика и современные тенденции изменения химического состава воды в акватории Павловского водохранилища // Водное хозяйство России. 2020. № 4. С. 19–34.

Сведения об авторах:

Хафизов Айрат Райсович, д-р техн. наук, профессор, заместитель директора, главный научный сотрудник, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), Башкирский филиал, Россия, 450001, г. Уфа, ул. Комсомольская, 1/1; e-mail: chafizov@mail.ru

Валитов Салават Альмирович, ведущий инженер-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), Башкирский филиал, Россия, 450001, г. Уфа, ул. Комсомольская, 1/1; e-mail: valitov.salavat.2017@mail.ru

Камалетдинова Лилия Айратовна, ведущий инженер-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), Башкирский филиал, Россия, 450001, г. Уфа, ул. Комсомольская, 1/1; e-mail: lili-xa@yandex.ru

Низамова Разиля Анисовна, ведущий инженер-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), Башкирский филиал, Россия, 450001, г. Уфа, ул. Комсомольская, 1/1; e-mail: bashniihv.nizamova@mail.ru

Гайсин Илгиз Закирзянович, инженер-исследователь, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГБУ РосНИИВХ), Башкирский филиал, Россия, 450001, г. Уфа, ул. Комсомольская, 1/1; e-mail: ilgiz2202@mail.ru

**MANY-YEAR DYNAMICS AND CURRENT TRENDS OF THE PAVLOVSK
RESERVOIR AREA WATER CHEMICAL COMPOSITION CHANGES**

**Airat R. Hafizov, Salavat A. Valitov, Liliya A. Kamaletdinova,
Razilya A. Nizamova, Ilgiz Z. Gaisin**

E-mail: chafizov@mail.ru

*Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Bashkir Branch,
Ufa, Russia*

Abstract: At present, changes have occurred in the basin and water area of the Pavlovsky reservoir, affecting the chemical composition of the reservoir water. The combination of many factors (series of low-water years, termination of milk alloy, increase of recreational load, change of the share of diffuse contamination, etc.) do not allow to predict the modern trend of transformation of chemical composition of water. Considering that no hydro/chemical studies of Pavlovsky reservoir have been carried out in recent decades, studies of modern processes of transformation of chemical composition of this reservoir are relevant. For this purpose BashNIIVKh in 2018-2019 carried out hydro/chemical studies of the reservoir, in two years water samples were taken from the surface and from the bottom, as well as bottom deposits. In 2018 samples were taken according to 30 chemical indicators on 10 struts, and in 2019 – according to 10 chemical indicators on 7 struts. Also, the results of previous studies have been analyzed. Due to the large volume of the obtained material, this work only considered the results of studies of multi-year dynamics and modern trend

of change of chemical composition of water (concentration of chemicals) in the water area of the Pavlovsky reservoir for 10 chemical indicators of water on 7 branches. Concentrations of Sr, Mn, petroleum products are shown to decrease along the length of the reservoir in the water; Increasing - Zn, Hg, phenols of organic substances; evenly distributed – Fe_{total} , P_{total} , Cu. In the many-year dynamics, Fe_{total} , Mn, petroleum products, phenols (in the inlet), COD show a trend of decrease of chemical indicators in water; Upward trend – P_{total} , Cu, Zn, phenols (in the exit). It has been established that the average annual concentrations of chemical indicators in the water of the Pavlovsky reservoir are related to the average annual inflow. The chemical values of Fe and Mn have a direct link (when the inflow increases, the concentration of the chemical index increases), and P_{total} , Cu, Zn, phenols and COD have a feedback (when the inflow increases, the concentration of the chemical index decreases).

Key words: reservoir, chemical composition of water, concentration of chemicals, water quality, leaves, hydro/chemical indices, MPC, water area, long-term dynamics, trend, catchment area.

About the authors:

Airat R. Hafizov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director of the Institute, Principal Researcher, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVKh) Bashkir Branch, ul. Komsomolskaya, 1/1, Ufa, 450001 Russia; e-mail: chafizov@mail.ru

Salavat A. Valitov, Leading Researcher/engineer, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVKh) Bashkir Branch, ul. Komsomolskaya, 1/1, Ufa, 450001 Russia; e-mail: valitov.salavat.2017@mail.ru

Liliya A. Kamaletdinova, Leading Researcher/engineer, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVKh) Bashkir Branch, ul. Komsomolskaya, 1/1, Ufa, 450001 Russia; e-mail: lili-xa@yandex.ru

Razilya A. Nizamova, Leading Researcher/engineer, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVKh) Bashkir Branch, ul. Komsomolskaya, 1/1, Ufa, 450001 Russia; e-mail: bashniivh.nizamova@mail.ru

Ilgiz Z. Gaisin, Researcher/engineer, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection (RosNIIVKh) Bashkir Branch, ul. Komsomolskaya, 1/1, Ufa, 450001 Russia; e-mail: ilgiz2202@mail.ru

For citation: Hafizov A.R., Valitov S.A., Kamaletdinova L.A., Nizamova R.A., Gaisin I.Z. *The Many-year Dynamics and Current Trends of the Pavlovsk Reservoir Area Water Chemical Composition Changes* // *Water Resources of Russia*. 2020. No. 4. P. 19–34.

REFERENCES

1. Hafizov A.R., Poleva A.O., Valitov S.A., Shrafeeva A.B., Kamaletdinova L.A., Gaisin I.Z. Ocenka biogennogo zagryazneniya vody Pavlovskogo vodohranilishcha na reke Ufa [Assessment of biogenic water pollution of the Pavlovsky reservoir on the Ufa river] // *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2019. Vol. 4. P. 196–207. DOI: 10.35567/1999-4508-2019-4-9.
2. Hafizov A.R., Kutliyarov A.N., Shrafeeva A.B. Dinamika zagryazneniya Pavlovskogo vodohranilishcha kommunal'no-bytovymi i zhivotnovodcheskimi stokami [The pollution dynamics of the Pavlovsk reservoir by municipal and livestock runoff] // *Nauka molodykh – innovatsionnomu razvitiyu APK. XI Natsional'naya nauchno-prakt. konf. molodykh uchenykh*. Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2018. P. 248–252.
3. Hafizov A.R. Uchet vliyaniya vodohranilishch na gidrologicheskiy rezhim rek v usloviyakh malovodnogo perioda [Accounting for the influence of reservoirs on the hydrological regime of rivers in low-water conditions]. Ekaterinburg: RosNIIVH, 2019. P. 14.

4. *Hafizov A.R., Nedoseko I.V., Valitov S.A., Kamaletdinova L.A., Nizamova R.A.* Sovremenniy gidrologicheskiy rezhim i rusloviye prtsessy nizhnego techeniya reki Ufa v rayone vodozaborov goroda Ufa [Current hydrological regime and channel processes of the lower course of the Ufa river in the area of water intakes in Ufa] // *Vodnoe hozyaystvo Rossiya*. 2018. Vol.5. P.4-20. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-5-1.
5. *Abdrakhmanov R.F., Poleva A.O., Valitov S.A.* Formirovanie khimicheskogo sostava vody i donnykh otlozheniy Pavlovskogo vodokhranilishcha [Formation of the chemical composition of water and bottom sediments of the Pavlovsky reservoir] // *Geologicheskiy vestnik*. 2018. № 3. P. 124–136.
6. *Abdrakhmanov R.F.* Osobennosti formirovaniya khimicheskogo sostava vody Pavlovskogo vodokhranilishcha [Features of the formation of the chemical composition of water in the Pavlovsk reservoir] // *Gidrokhimicheskiye materialy*. 1994. P. 111. P. 139–150
7. *Posobiye po vyboru prioritnykh deystviy, napravlennykh na reabilitatsiyu vodoyemov (ozera, vodokhranilishcha)* [A guide to the selection of priority actions aimed at the rehabilitation of water bodies (lakes, reservoirs)]. Yekaterinburg: FGBU RosNIIVKH, 2017. P. 73 .
8. *Nikanorov A.M.* Spravochnik po gidrokhimii: spravochnik spetsialista. [Handbook of hydrochemistry: a specialist handbook] L.: Gidrometeoizdat, 1989. P. 390 .
9. *Alekin A.O.* Osnovy gidrokhimii [Fundamentals of hydrochemistry]. L.: Gidrometeoizdat, 1970. P. 444 .
10. *Madrid Y.* Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy // *Trends in Analytical Chemistry*. 2007. Vol. 4. P. 171–175.
11. Rukovodyashchiy dokument RD 52.24.309-2011. Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudeniy za sostoyaniem i zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushi [Organization and conduct of routine observations of the state and pollution of surface water on land.]. Rostov-na-Donu: FGBU «Gidrokhimicheskiy institut», 2011.
12. *Prikaz Federalnogo agentstva po rybolovstvu № 20 ot 18 yanvarya 2010 g.* «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh obektov rybohozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predelno dopustimyykh kontsentratsiyi vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh obyektov rybohozyaystvennogo znacheniya» [On approval of water quality standards of water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries significance] // *Sobranie zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsiyi*, 2008.
13. SanPiN 2.1.4.1116-02. Pityevaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody, rasfasovannoy v emkosti. Kontrol' kachestva [Drinking water. Hygienic requirements for the quality of water packaged in containers. Quality control] // *Rossiyskaya gazeta*. № 93, 2002.
14. *Aydarov I.P.* Obustroystvo agrolandshaftov Rossiya [Arrangement of agricultural landscapes in Russia]. M.: MGUP, 2007. P. 159.