

Сезонная изменчивость содержания растворенных органических веществ в воде Куйбышевского водохранилища

А. В. Селезнева, В. А. Селезнев[✉]

Институт экологии Волжского бассейна РАН –
филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, Российская Федерация
(445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

Аннотация. Цель – изучение особенностей сезонной изменчивости содержания растворенных органических веществ (РОВ) в воде Куйбышевского водохранилища и факторов её определяющих.

Материалы и методы. Для достижения цели использованы данные мониторинга качества воды на Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища в период 2018–2022 годы. Отбор проб воды осуществлялся ежемесячно с поверхности горизонта (0,5 м). Лабораторный химический анализ воды проводился в соответствии с действующими нормативными документами.

Результаты и обсуждение. Внутригодовые колебания средних месячных значений содержания РОВ составляют: для биохимического потребления кислорода (БПК₅) 1,5–2,2 мг О₂/дм³, для перманганатной окисляемости (ПО) – 7,0–8,6 мг О₂/дм³, для бихроматной окисляемости (БО) – 23–28 мг О₂/дм³. Содержание РОВ характеризуется хорошо выраженной сезонной изменчивостью и включает четыре периода (I, II, III и IV), которые отличаются продолжительностью и разнонаправленностью трендов. В период I содержание РОВ постепенно увеличивается с января по май. Период II характеризуется уменьшением содержания РОВ и продолжается с середины мая до середины июня во время весеннего половодья. В период III содержание РОВ существенно увеличивается под воздействием процесса массового развития цианобактерий (МРЦ). В период IV содержание РОВ плавно уменьшается во время осенней и зимней межени. В сезонном разрезе наибольшее содержание РОВ наблюдается в летнюю межень, когда активно протекает процесс МРЦ. В результате содержание РОВ в июле – августе увеличивается в рамках БПК₅ на 20–25 %, в рамках ПО – на 13–15 %, в рамках БО – на 4–6 %. Степень влияния процесса МРЦ на содержание РОВ зависит от погодных условий. Проблема роста содержания РОВ обостряется в жаркие и маловодные годы, когда на водохранилище активизируется процесс МРЦ, что существенно увеличивает содержание в воде легко окисляемых РОВ.

Выводы. Высокое содержание РОВ существенно затрудняет использование Куйбышевского водохранилища для хозяйствственно-питьевого водоснабжения и рыбного хозяйства. В перспективе проблема ухудшения качества воды будет только обостряться из-за роста биогенной нагрузки, потепления климата и активизации процесса МРЦ.

Ключевые слова: растворенные органические вещества, сезонная изменчивость, качество воды, Куйбышевское водохранилище, риски водопользования.

Источник финансирования: Работа выполнена в рамках государственного задания (регистрационный номер 1024032700087-2-1.6.19).

Для цитирования: Селезнева А. В., Селезнев В. А. Сезонная изменчивость содержания органических веществ в воде Куйбышевского водохранилища // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2025, № 1, с. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/1/91-98>

ВВЕДЕНИЕ

По мере роста антропогенной нагрузки [1, 8] и глобального потепления климата [13, 14] проблема качества поверхностных водных ресурсов становится всё более актуальной. На водохранилищах Средней и Нижней Волги особую озабоченность вызывает увеличение содержания растворенных органических веществ (РОВ). Качество воды в них не соответствует нормативным требованиям к водным объектам рыбохозяйственного и хозяйствственно-питьевого назначения по бихроматной окисляемости (БО), перманганатной окисляемости (ПО) и по биохимическому потреблению кислорода (БПК₅) [4].

Увеличение температуры воды и высокое содержание биогенных веществ активизируют процесс массового развития цианобактерий, для которого перечисленные абиотические факторы являются крайне благоприятными. При увеличении биомассы цианобактерий будет увеличиваться экспорт метаболитов, что повлечет за собой дальнейшее увеличение содержания РОВ в водной массе водохранилищ [2, 6, 12, 14, 16].

Растворенное органическое вещество (РОВ) играет важную роль в функционировании водных экосистем. От концентрации РОВ зависит качество воды, уровень трофии водоемов и их производственные возможности [7, 9, 15]. Состав и концентрация РОВ в поверхност-



ных водах определяются совокупностью многих, часто различных по своей природе и скорости процессов [3]. Поэтому количественная оценка содержания органических веществ в воде водохранилищ является целью настоящего исследования. В качестве объекта исследований выбрано Куйбышевское водохранилище.

По происхождению органические вещества в воде водохранилища могут быть разделены на две составляющие: внешнюю и внутреннюю [5]. К внешней составляющей относятся органические вещества, поступающие в Куйбышевское водохранилище через створы Чебоксарского и Нижнекамского гидроузла, а также со сточными водами и речным стоком. Речной сток в основном содержит гумусовые вещества, вымываемые водой с территории речных бассейнов. К внутренней составляющей относятся органические вещества, образующиеся в самом водохранилище. Образование в водоеме органического вещества обусловлено сложнейшими процессами создания первичного органического вещества и его разложения [18, 19].

Оценкой общей концентрации растворенного органического вещества в воде Куйбышевского водохранилища занимаются с момента его создания и по настоящее время. При этом получены результаты, характеризующие в основном пространственную неоднородность интегральных показателей растворенного органического вещества по акватории водохранилища в разные фазы водного режима: весенне-половодье, летняя и осенняя межень. Однако, недостаточно внимания уделялось детальным исследованиям сезонной изменчивости содержания органических веществ в воде водохранилища по данным наблюдений в одной точке и по результатам химического анализа, выполненного в одной лаборатории по действующим нормативным документам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

До настоящего времени нет надежного прямого метода количественной оценки растворенного органического вещества. Поэтому для количественной характеристики пользуются косвенными показателями, позволяющими судить о суммарном содержании растворенного органического вещества. Наиболее часто для оценки растворенного органического вещества применяется окисляемость воды [10], величина которой измеряется количеством кислорода, расходуемого на окисление органических веществ в одном литре воды. В зависимости от применяемого окислителя различают

перманганатную и бихроматную окисляемость. Перманганатная окисляемость (ПО) характеризует примерно 30-50 % окисления органического вещества. Бихроматная окисляемость (БО) характеризует практически полное (~90 %) окисление органических веществ, кроме некоторых белковых соединений. О количестве органического вещества косвенно можно судить и по биохимическому потреблению кислорода (БПК), то есть потреблению растворенного в воде кислорода в пробах воды в течение определенного промежутка времени.

Для исследования сезонной изменчивости содержания органических веществ в воде Куйбышевского водохранилища проводились систематические наблюдения в период 2018-2022 годы. Пробы воды отбирались на удалении 100 м от правого берега водохранилища у села Ягодного с поверхности горизонта (0,5 м) батометром Молчанова ГР-18 в соответствии с действующими нормативными документами. Выбор пробоотборника обоснован значительным объемом отбираемой воды (4 дм³) и надежным контролем температуры воды практически в режиме «in situ». Химический анализ проб воды осуществлялся по следующим интегральным показателям: БПК₅, ПО и БО. Параллельно с отбором проб батометром измерялись показатели: растворенный кислород и pH с использованием портативного оксиметра (ЭКО СТАБ DO 234) и стационарного pH-метра (HANNA HI 2211-02).

Методики химического анализа, диапазоны измеряемых концентраций органических веществ и показатели точности измерений представлены в таблице 1. Полученные результаты химического анализа группировались по месяцам в выборки, которые подвергались статистической обработке с использованием программы Statistica v 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБУЖДЕНИЕ

Исследование сезонной изменчивости содержания растворенного органического вещества в воде Куйбышевского водохранилища проводилось по следующим интегральным показателям: БПК₅, ПО и БО. Величина БПК₅ служит количественной оценкой лабильных, то есть, наименее консервативных биохимически нестойких органических веществ. В первую очередь это касается автохтонных органических веществ планктонного происхождения. Величина ПО характеризует, в первую очередь, содержание биохимически стойких аллохтонных гумусовых веществ, в значительно мень-

Таблица 1

Методики определения, диапазон и точность измерения
[Table 1. Methods for determining, measurement range and accuracy]

Показатель / Index	Диапазон измерения / Range measurements	Методика определения / Methodology definitions	Точность измерения*/ Accuracy measurements*
БПК ₅ / BOD ₅	0,5-5,0 мгO/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97	±26 %
ПО / PO	2,0-100 мгO/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.154-99	±10 %
БО / BO	10-100 мгO/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005	±25 %

Примечание: * – границы относительной погрешности при P = 0,95

[Note: * – limits of relative error at P = 0,95]

шей степени подверженных внутриводоемной трансформации. По величине БО принято судить о суммарном содержании РОВ [14].

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅). Среднее годовое содержание РОВ по БПК₅ составило 1,6 мгО₂/дм³, а средние месячные значения БПК₅ изменялись в пределах 1,0-2,3 мгО₂/дм³ (табл. 2).

Максимальные значения БПК₅ варьировали в пределах 1,2-2,6 мгО₂/дм³, а минимальные – в пределах 0,8-2,0 мгО₂/дм³. Среднее квадратичное отклонение находилось в пределах 0,3-0,8 мгО₂/дм³. В сезонном разрезе наибольшие значения БПК₅ наблюдались летом (июль-август) и совпадали по времени с процессом МРЦ.

Таблица 2

Сезонная изменчивость содержания БПК₅, мг О₂/дм³
[Table 2. Seasonal variability of BOD₅ content, mg O₂/dm³]

БПК ₅ / BOD ₅	Месяц / Month												ПДК/ МРС
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее / Average	1,0	1,1	1,2	1,7	1,9	1,5	2,3	2,2	1,8	1,6	1,5	1,1	
Максимальное/ Maximum	1,6	1,7	1,7	1,9	2,0	1,7	2,6	2,5	2,1	1,7	1,6	1,2	2,0
Минимальное/ Minimum	0,8	0,9	1,0	1,5	1,6	1,3	2,0	2,0	1,7	1,5	1,4	1,0	

Динамика РОВ по БПК₅ характеризуется хорошо выраженной сезонной изменчивостью. Средние значения БПК₅ постепенно увеличиваются от зимы к лету с 1,0 до 2,3 мгО₂/дм³, а затем уменьшаются от лета к зиме с 2,3 до 1,1 мгО₂/дм³. Подобные изменения БПК₅ согласуются с классическим представлением о том, что сезонный ход БПК₅ в основном зависит от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода. Исключение составляет непродолжительный период во время пропуска весеннего половодья через створ Жигулевского гидроузла, когда содержание БПК₅ несколько снижается.

Особый интерес вызывает летний период (июль-август), когда содержание БПК₅ продолжает увеличиваться и достигает наибольших величин (рис. 1). Рост

содержания РОВ по БПК₅ совпадает с увеличением концентрации X_Л «а», т.е. с процессом МРЦ. Определение продолжительности и границ периода высоких значений X_Л «а» позволяет на графике сезонной изменчивости БПК₅ выделить зону, образованную процессом цианобактериального «цветения» воды. Это вклад процесса МРЦ в трансформацию сезонной изменчивости содержания РОВ по БПК₅ (рис. 1). В среднем вклад процесса МРЦ в увеличение концентрации БПК₅ составляет для летнего периода (июль-август) 20-25 %.

В июле-августе концентрация БПК₅, как правило, превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК), которая составляет 2,0 мгО₂/дм³ для водных объектов, используемых для питьевого и хозяйствственно-бытового водоснабжения [11].

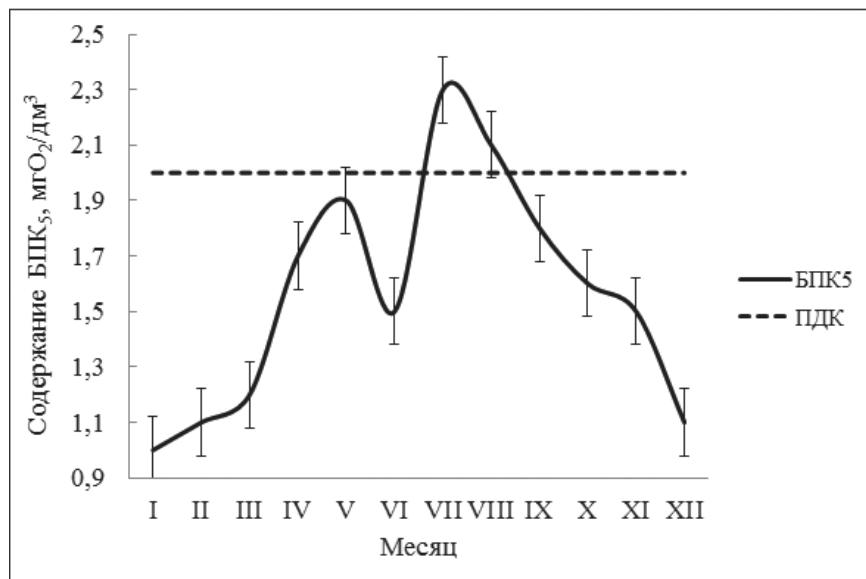


Рис. 1. Сезонная изменчивость содержания БПК₅ на фоне ПДК
(\pm – вертикальные планки погрешностей)
[Fig. 1. Seasonal variability of BOD₅ content against the background of MPC
(\pm – vertical error bars)]

Перманганатная окисляемость (ПО). Среднее годовое содержание РОВ по ПО составило $7,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, а средние месячные значения ПО изменялись в пределах $7,0-8,6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (табл. 3). Максимальные значения

ПО изменялись в пределах $7,5-12,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$, а минимальные – в пределах $6,1-7,9 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Среднее квадратичное отклонение (стандарт) изменялось в пределах $0,8-1,6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (табл. 3).

Таблица 3

Сезонная изменчивость содержания ПО, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$
[Table 3. Seasonal variability of PO content, mgO_2/dm^3]

ПО / РО	Месяц / Month												ПДК / МРС
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее	7,0	7,1	7,2	7,4	7,8	7,5	8,5	8,6	7,4	7,1	7,0	7,0	
Максимальное	7,8	8,1	8,6	9,4	10,3	9,8	12,1	11,5	9,4	8,1	7,8	7,5	7,0
Минимальное	6,5	6,2	6,3	6,8	6,5	7,1	7,4	7,9	6,2	6,3	6,2	6,1	

Сезонный ход содержания РОВ по ПО характеризуется сначала постепенным ростом концентрации от зимы к лету с 7,0 до $8,6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, а затем постепенным уменьшением от лета к зиме с $8,6$ до $7,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Исключение составляет непродолжительный период во время пропуска весеннего половодья через створ Жигулевского гидроузла, когда содержание несколько снижается с 7,8 до $7,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. В сезонном разрезе наибольшие значения приходится на июль-август в период действия процесса массового развития цианобактерий (МРЦ). За счет процесса МРЦ содержание

РОВ по перманганатной окисляемости увеличилось на 13-15 % (рис. 2).

В течение всего года содержание РОВ по показателю ПО в водохранилище превышает допустимый норматив ($7 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) [11]. А ведь Куйбышевское водохранилище является источником хозяйствственно-питьевого водоснабжения. При действующих технологиях водоподготовки в крупных волжских городах крайне сложно очистить воду до гигиенического норматива при высоком содержании органических веществ в исходной воде на уровне $8-10 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

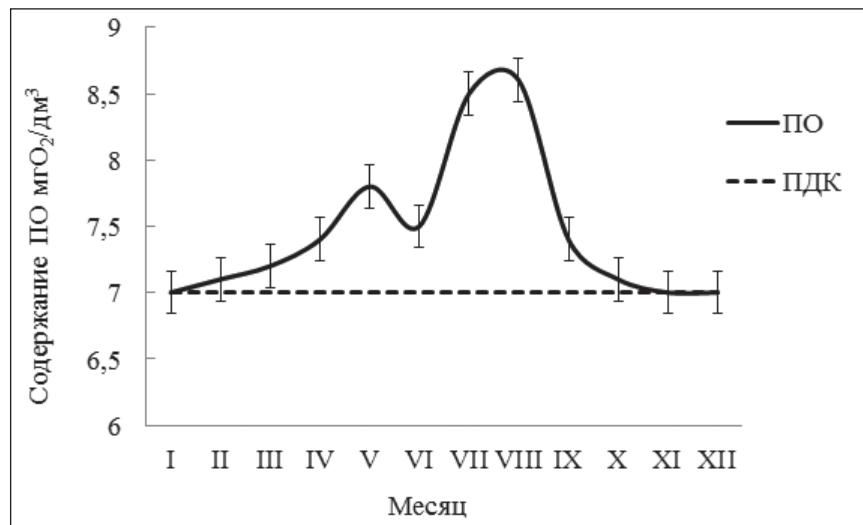


Рис. 2. Сезонная изменчивость содержания ПО на фоне ПДК
(\pm – вертикальные планки погрешностей)
[Fig. 2. Seasonal variability of PO content against the background of MPC
(\pm – vertical error bars)]

Таблица 4

Сезонная изменчивость содержания БО, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$
[Table 4. Seasonal variability of BO content, mgO_2/dm^3]

БО / ВО	Месяц / Month												ПДК/ МРС
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее	23	24	25	25	26	25	27	27	26	26	25	25	
Максимальное	27	28	30	31	27	31	36	33	30	31	28	27	15
Минимальное	20	21	21	19	18	21	20	22	21	20	19	16	

Бихроматная окисляемость (БО). Среднее годовое значение показателя БО составило $25 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, а средние месячные значения БО изменялись в

пределах $23-28 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Максимальные средние месячные значения показателя БО для каждого месяца изменялись в пределах $27-36 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$,

а минимальные значения БО изменялись в пределах 16-22 мгО₂/дм³ (табл. 4). В сезонном разрезе наибольшие значения БО наблюдались летом (июль-август), в период массового развития цианобактерий.

Сезонный ход содержания БО характеризуется сначала постепенным ростом концентрации от зимы

к лету, когда концентрация увеличивается с 23 до 27 мгО₂/дм³, а затем постепенным уменьшением концентрации от лета к зиме с 27 до 24 мгО₂/дм³. Наибольшие значения БО приходятся на июль-август. За счет процесса МРЦ содержание РОВ по БО увеличилось на 4-6 % (рис. 3).

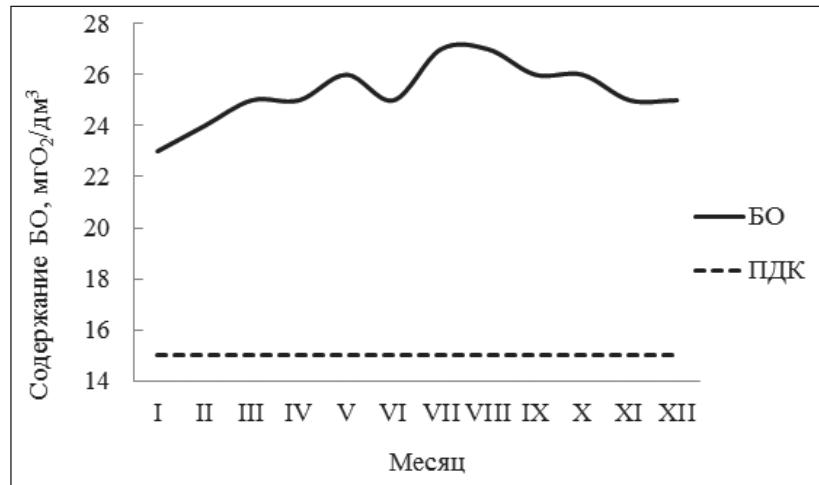


Рис. 3. Сезонная изменчивость содержания БО на фоне ПДК
(τ , \perp – вертикальные планки погрешностей)

[Fig. 3. Seasonal variability of BO content against the background of MPC
(τ , \perp – vertical error bars)]

В течение всего года содержание РОВ по БО превышало ПДК, которое составляет 15 мгО₂/дм³ [11], и не соответствовало требованиям, предъявляемым к водным объектам хозяйственно-питьевого водоснабжения и рыбного хозяйства.

БО является одним из наиболее удобных интегральных показателей, характеризующих загрязненность воды органическими веществами. БО показатель, дающий более правильное представление о содержании в воде органических веществ, так как при его определении окисляется ≈ 90 % органических веществ.

Результаты исследований показывают, что содержание РОВ в воде Куйбышевского водохранилища в период 2017-2022 годы характеризуется выраженной сезонной изменчивостью, которая включает четыре периода (I, II, III и IV). Они отличаются друг от друга как по продолжительности, так и разнонаправленными трендами увеличения или уменьшения концентрации РОВ.

Период I характеризуется постепенным увеличением содержания растворенных органических веществ с января по май. Это самый продолжительный период сезонной изменчивости, протяженность которого составляет 6 месяцев с декабря по май. Это период зимней межени до начала пропуска через створ Жигулевской ГЭС стока весеннего половодья. В этот период наблюдается увеличение содержания РОВ в рамках БПК₅ с 1,0 до 1,9 мгО₂/дм³, в рамках ПО с 7,0 до 7,8 мгО₂/дм³, в рамках БО – с 23 до 26 мгО₂/дм³.

Период II характеризуется уменьшением содержания РОВ. Это самый короткий период сезонной изменчивости, его продолжительность составляет около

одного месяца, с середины мая до середины июня, когда проходит весеннее половодье. В этот период наблюдается уменьшение содержания РОВ в рамках БПК₅ с 1,9 до 1,5 мгО₂/дм³, в рамках ПО с 7,8 до 7,5 мгО₂/дм³, в рамках БО – с 26 до 25 мгО₂/дм³.

Период III характеризуется увеличением содержания РОВ. Продолжительность этого периода сезонной изменчивости с июля по август и составляет 2 месяца. Это период действия процесса МРЦ и наибольшего содержания РОВ. В этот период наблюдается увеличение содержания РОВ в рамках БПК₅ с 1,5 до 2,3 мгО₂/дм³, в рамках ПО с 7,5 до 8,6 мгО₂/дм³, в рамках БО – с 25 до 27 мгО₂/дм³.

Период IV характеризуется постепенным уменьшением содержания РОВ и продолжается 3 месяца, с сентября по ноябрь. Это период осенней межени. В этот период наблюдается уменьшение содержания РОВ в рамках БПК₅ с 2,3 до 1,1 мгО₂/дм³, в рамках ПО с 8,6 до 7,0 мгО₂/дм³, в рамках БО – с 27 до 25 мгО₂/дм³.

Полученные результаты исследований показывают, что наиболее неблагоприятным для экологического состояния и водохозяйственного использования Куйбышевского водохранилища является период летней межени с июля по август, когда концентрация РОВ достигает наибольших величин и не соответствует нормативным требованиям по трем интегральным показателям БПК₅, ПО и БО. Особую озабоченность вызывает резкое увеличение БПК₅ за счет процессов, протекающих внутри водоема, главный из которых – это процесс массового развития цианобактерий, которые доминируют в составе летнего фитопланктона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований в период 2017-2022 годы показывают, что содержание РОВ в воде Куйбышевского водохранилища характеризуется хорошо выраженной сезонной изменчивостью по интегральным показателям (БПК₅, ПО и БО) и включает четыре периода (I, II, III и IV). Периоды отличаются друг от друга продолжительностью и разнонаправленными трендами изменения концентрации РОВ.

По данным наблюдений на Приплотинном плесе водохранилища процесс МРЦ оказывает влияние на содержание РОВ, которое увеличивается в рамках БПК₅ на 20-25 %, в рамках ПО – на 13-15 %, в рамках БО – на 4-6 %. Степень влияния процесса МРЦ на содержание РОВ зависит от погодных условий. Наибольшее влияние процесса МРЦ на содержание РОВ наблюдалось в «жарком» 2021 году, а минимальные – в «холодном» 2017 году.

В настоящее время качество воды водохранилища уже не соответствует нормативным требованиям систематически по БО и ПО и периодически – по БПК₅. В условиях глобального потепления климата и активизации процесса МРЦ проблема увеличения содержания РОВ в воде Куйбышевского водохранилища будет только обостряться, возникнут дополнительные риски для хозяйствственно-питьевого и рыбохозяйственного использования водохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / отв. ред.: Н. И. Короневич, И. С. Зайцева. Москва: Наука, 2003. 367 с.
2. Даценко Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-геохимические аспекты. Москва: ГЕОС, 2007. 252 с.
3. Ефремова Т. А., Зобкова М. В. Содержание, распределение и соотношение основных компонентов органического вещества в воде Онежского озера // Труды Карельского научного центра РАН, 2019, № 9, с. 60-75.
4. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2022. Ростов-на-Дону, 2023. 613 с.
5. Лозовик П. А. Морозов А. К., Зобков М. Б. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество в поверхностных водах Карелии // Водные ресурсы, 2007, т. 34, № 2, с. 225-237.
6. Моисеенко Т. И., Дину М. И. Биогеохимия природных органических веществ в водах суши: распределение и изменчивость при потеплении климата // Геохимия, 2023, т. 68, № 2, с. 187-196.
7. Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах / В. В. Вапицов, С. П. Китаев, Н. Е. Кулаков, П. А. Лозовик, А. В. Рыжаков // Материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием, 2012. 465 с.
8. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России, МГУ им. М. В. Ломоносова, 2023. 687 с.
9. Растворенные и взвешенные органические вещества в водных системах / О. В. Яровая, Я. П. Молчанова, Т. В. Гусева, Я. О. Межуев, А. А. Фирер; под ред. О. В. Яровой. Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. 92 с.
10. Рижинавиши А. Л. Показатели содержания органических веществ и компоненты карбонатной системы в природных водах в условиях интенсивного антропогенного воздействия // Вестник Санкт-Петербургского университета, 2008, сер. 4, вып. 4, с. 90-101.
11. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Москва, 2021. 987 с.
12. Селезнева К. В., Селезнева А. В., Селезнева В. А. Содержание растворенного кислорода в воде Куйбышевского водохранилища в условиях массового развития водорослей // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2022, № 3, с. 97-108.
13. Селезнева К. В., Селезнева А. В., Селезнев В. А. Трансформация термического режима Куйбышевского водохранилища на фоне глобального потепления климата // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2023, № 3, с. 57-67.
14. Сухаревич В. И., Поляк Ю. М. Глобальное распространение цианобактерий: причины и последствия (обзор) // Биология внутренних вод, 2020, № 6, с. 562-572.
15. Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус). Ленинград: Гидрометеоиздат, 1950. 290 с.
16. Уманская М. В., Горбунов М. Ю., Таракова Н. Г. Цианобактериальные цветения воды в пресноводных континентальных водоемах: обзор // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2023, т. 25, № 5, с. 182-194.
17. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.). Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3056.
18. Pokrovsky O. S. Allochthonous and autochthonous carbon in deep, organicrich and organicpoor lakes of the European Russian subarctic // Boreal Environment research, 2017, no. 22, pp. 213-230.
19. Rantala M. V., Nevalainen L., Rautio M., Galkin A., Luoto T. P. Sources and controls of organic carbon in lakes across the subarctic treeline // Biogeochem, 2016, no. 129, pp. 235-253

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 15.01.2024
Принята к публикации: 20.02.2025

Seasonal Variability of Dissolved Organic Substances Content in the Water of the Kuibyshev Reservoir

A. V. Selezneva, V. A. Seleznev✉

*Institute of Ecology of the Volga Basin RAS –
branch of the Samara Federal Research Center RAS, Russian Federation
(10, Komzin str., Tolyatti, 445003)*

Abstract. The purpose is to study the characteristics of seasonal variability in the content of dissolved organic matter (DOM) in the water of the Kuibyshev Reservoir and the factors determining it.

Materials and methods. To achieve the purpose, water quality monitoring data on the Priplotinny Reach of the Kuibyshev Reservoir in the period 2018–2022 were used. Water samples were taken monthly from the surface horizon (0,5 m). Laboratory chemical analysis of water was carried out in accordance with current regulatory documents.

Results and discussion. Intra-annual fluctuations in the average monthly values of DOM content are: for biochemical oxygen consumption (BOD_5) 1.5–2.2 mgO₂/dm³, for permanganate oxidation (PO) – 7.0–8.6 mgO₂/dm³, for bichromate oxidation (BO) – 23–28 mgO₂/dm³. The DOM content is characterised by well-defined seasonal variability and includes four periods (I, II, III and IV), which differ in duration and multidirectional trends. In period I, the DOM content gradually increases from January to May. Period II is characterised by a decrease in DOM content and lasts from mid-May to mid-June during the spring flood. In period III, the DOM content increases significantly under the influence of the process of mass development of cyanobacteria (MDC). In period III, the DOM content gradually decreases during the autumn and winter low water periods. In a seasonal context, the highest DOM content is observed in summer low water, when the MRC process is actively occurring. As a result, the content of DOM in July–August increases within the framework of BOD_5 by 20–25 %, within the framework of PO – by 13–15 %, within the framework of BO – by 4–6 %. The degree of influence of the MRC process on the DOM content depends on weather conditions. The problem of increasing DOM content is aggravated in hot and dry years, when the MRC process is activated in the reservoir, which significantly increases the content of easily oxidized DOM in the water.

Conclusions. The high content of DOM significantly complicates the use of the Kuibyshev reservoir for domestic drinking water supply and fisheries. In the future, the problem of deterioration in water quality will only worsen due to an increase in nutrient load, climate warming and the intensification of the MRC process.

Key words: dissolved organic matter, seasonal variability, water quality, Kuibyshev Reservoir, water use risks.

Funding: The work was carried out within the framework of a state assignment (registration number 1024032700087-2-1.6.19).

For citation: Selezneva A. V., Seleznev V. A. Seasonal Variability of Dissolved Organic Substances Content in the Water of the Kuibyshev Reservoir. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2025, no. 1, pp. 91–98. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/1/91-98>

REFERENCES

1. *Antropogennyye vozdeystviya na vodnyye resursy Rossii i sopredel'nykh gosudarstvakh v kontse XX stoletiya* [Anthropogenic impacts on water resources in Russia and neighboring countries at the end of the 20th century] / otv. red.: N. I. Koronkevich, I. S. Zaytseva. Moscow: Nauka, 2003. 367 p. (In Russ.)
2. Datsenko Yu. S. *Evtrofirovaniye vodokhranilishch. Gidrologo-geokhimicheskiye aspekty* [Eutrophication of reservoirs. Hydrological and geochemical aspects]. Moscow: GEOS, 2007. 252 p. (In Russ.)
3. Yefremova T. A., Zobkova M. V. Soderzhaniye, raspredeleniye i sootnosheniye osnovnykh komponentov organiceskogo veshchestva v vode Onezhskogo ozera [Content, distribution and ratio of the main components of organic matter in the water of Lake Onega]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2019, no. 9, pp. 60–75. (In Russ.)
4. *Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii. Yezhegodnik*. 2022. [Quality of surface waters of the Russian Federation. Yearbook. 2022]. Rostov-on-Don, 2023. 613 p. (In Russ.)
5. Lozovik P. A. Morozov A. K., Zobkov M. B. Allokhtonnoye i avtokhtonnoye organiceskoye veshchestvo v poverkhnostnykh vodakh Karelii [Allochthonous and autochthonous organic matter in surface waters of Karelia]. *Vodnyye resursy*, 2007, vol. 34, no. 2, pp. 225. (In Russ.)
6. Moiseyenko T. I., Dinu-M. I. Biogeokhimiya prirodnykh organiceskikh veschestv v vodakh sushi: raspredeleniye i izmenchivost' pri poteplenii klimata [Biogeochemistry of natural organic substances in land waters: distribution and variability during climate warming]. *Geokhimiya*, 2023, vol. 68, no. 2. pp. 187–196. (In Russ.)
7. Organicheskoye veschestvo i biogennyye elementy vnutrennikh vodoyemakh i morskikh vodakh [Organic matter and biogenic elements in inland and marine waters] / V. V. Vapiro, S. P. Kitayev, N. E. Kulakov, P. A. Lozovik, A. V. Ryzhakov. *Materialy V Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiyem*, 2012. 465 p. (In Russ.)
8. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2022 godu. Gosudarstvennyy doklad*. [On the



- state and protection of the environment of the Russian Federation in 2022. State report]. Moscow: Minprirody Rossii, MGU im. M.V. Lomonosova, 2023. 687 p. (In Russ.)
9. *Rastvorennyye i vzveshennyye organicheskiye veshchestva v vodnykh sistemakh* [Dissolved and suspended organic substances in water systems] / O. V. Yarovaya, Ya. P. Molchanova, T. V. Guseva, Ya.O. Mezhuyev, A.A. Firer; pod red. O. V. Yarovoy. Moscow: RKHTU im. D.I. Mendeleyeva, 2015. 92 p. (In Russ.)
10. Rizhinashvili A. L. Pokazateli soderzhaniya organicheskikh veshchestv i komponenty karbonatnoy sistemy v prirodnykh vodakh v usloviya intensivnogo antropogenного vozdeystviya [Indicators of the content of organic substances and components of the carbonate system in natural waters under conditions of intense anthropogenic impact]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*, 2008, ser. 4, vyp. 4, pp. 90-101. (In Russ.)
11. SanPiN 1.2.3685-21 «Gigiyenicheskiye normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya» [«Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors to humans»]. 2021. 987 p. (In Russ.)
12. Selezneva K.V., Selezneva A.V., Selezneva V.A. Soderzhanie rastvorenogo kisloraoda v vode Kuybyshevskogo vodokhranilishcha v usloviyah massovogo razvitiya vodorosley [The content of dissolved oxygen in the water of the Kuibyshev reservoir under conditions of massive algae development]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2022, no. 3, pp. 97-108. (In Russ.)
13. Selezneva K. V., Selezneva A. V., Seleznev V.A. Transformatsiya termicheskogo rezhima Kuybyshevskogo vodokhranilishcha na fone global'nogo potepleniya klimata [Transformation of the thermal regime of the Kuibyshev reservoir against the backdrop of global warming]. *Vestnik VGU. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2023, no. 3, pp. 57-67. (In Russ.)
14. Sukharevich V. I., Polyak Yu. M. Global'noye rasprostraneniye tsianobakteriy: prichiny i posledstviya (obzor) [Global distribution of cyanobacteria: causes and consequences (review)]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2020, no. 6, pp. 562-572. (In Russ.)
15. Skopintsev B.A. *Organicheskoye veshchesvo v prirodnykh vodakh (vodnyy gumen)* [Organic matter in natural waters (aqueous humus)]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1950. 290 p. (In Russ.)
16. Umanskaya M. V., Gorbunov M. Yu., Tarasova N. G. Tsianobakterial'nyye tsveteniya vody v presnovodnykh kontinental'nykh vodoyemakh: obzor [Cyanobacterial water blooms in freshwater continental reservoirs: a review]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2023, vol. 25, no. 5. pp. 182-194. (In Russ.)
17. IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.). Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3056.
18. Pokrovsky O. S. Allochthonous and autochthonous carbon in deep, organicrich and organicpoor lakes of the European Russian subarctic. *Boreal Environment research*, 2017, no. 22, pp. 213-230.
19. Rantala M. V., Nevalainen L., Rautio M., Galkin A., Luoto T. P. Sources and controls of organic carbon in lakes across the subarctic treeline. *Biogeochem*, 2016, no. 129, pp. 235-253

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 15.01.2024

Accepted: 20.02.2025

Селезнева Александра Васильевна

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории мониторинга водных объектов Самарского федерального исследовательского центра РАН Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук, г. Тольятти, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-9386-999X, e-mail: alek.selezneva@mail.ru

Селезнев Владимир Анатольевич

Профессор, доктор технических наук, кандидат географических наук, главный научный сотрудник лаборатории мониторинга водных объектов Самарского федерального исследовательского центра РАН Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук, г. Тольятти, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-0321-7614, e-mail: seleznev53@mail.ru

Alexandra V. Selezneva

Cand. Sci. (Tech.), Senior Researcher at the Laboratory for Monitoring Water Bodies, Samara Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9386-999X, e-mail: alek.selezneva@mail.ru

Vladimir A. Seleznev

Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cand. Sci. (Geogr.), Chief Researcher at the Laboratory for Monitoring Water Bodies, Samara Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-0321-7614, e-mail: seleznev53@mail.ru