

## ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.455+556

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108

EDN: PXUYEP



**ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА  
В ВОДЕ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН  
(НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. СУРЕ И ИРИКЛИНСКОГО НА Р. УРАЛ)**

Елена Александровна Шашуловская<sup>1</sup>, Светлана Александровна Мосияш<sup>2</sup><sup>1, 2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Саратов, Россия<sup>1</sup> shash.elena2010@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1072-7046, SPIN-код: 6307-1475, eLibrary Author ID: 568462<sup>2</sup> mosiyasha@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0875-6358, SPIN-код: 9489-7352, eLibrary Author ID: 568463

**Аннотация.** Органическое вещество природных гидросистем является важным компонентом, определяющим биологическую продуктивность и качество воды. Исследование особенностей его формирования в зависимости от природно-климатических условий и антропогенной нагрузки имеет важное значение. Подобные исследования проводятся преимущественно на озерных системах. Между тем влияние погодных и гидрологических факторов на относительно небольшие водохранилища комплексного назначения в условиях значительной антропогенной нагрузки позволяют фиксировать изменения на водосборе в течение короткого периода времени. Данная статья посвящена результатам 4-летних исследований органического вещества в двух искусственных водоемах комплексного назначения разных географических зон. Пензенское водохранилище (р. Сура) расположено в зоне смешанных и широколиственных лесов, Ириклинское (р. Урал) – в зоне лесостепей и степей. Разные климатические условия обуславливают содержание и доминирующий тип органического вещества в каждом водоеме. Цель работы – оценить сезонную динамику и факторы, влияющие на его содержание. Метод главных компонент позволил структурировать показатели аллохтонного и автохтонного органического вещества на основе их преимущественного генезиса. В мелководном, хорошо прогреваемом в летний период Пензенском водохранилище велика роль автохтонного гумуса, образующегося при продукционных процессах. На сезонную динамику аллохтонного органического вещества влияют объем стока в половодье, а также внутриводоемные процессы. Континентальность климата бассейна Ириклинского водохранилища определяет малое количество осадков, основная доля которых приходится на весенний период, в течение которого с водосбора, бедного веществами гумусовой природы, поступает основная доля аллохтонных веществ, которые вовлекаются в трофическую структуру водоема.

**Ключевые слова:** Пензенское водохранилище, Ириклинское водохранилище, органическое вещество, водный приток, природно-климатические условия

**Благодарности.** Авторы выражают большую признательность коллегам лаборатории рыбохозяйственной экологии Саратовского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» И. Г. Филимоновой, М. А. Сивушиной и Л. В. Гришиной за помощь в обработке гидрохимического материала, В. Б. Руденко-Травину за предоставление многолетнего гидрологического материала, а также всем сотрудникам филиала, проводившим отбор проб.

**Для цитирования:** Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Особенности динамики органического вещества в воде разнотипных водохранилищ различных географических зон (на примере Пензенского водохранилища на р. Сура и Ириклинского на р. Урал) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 99–108. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108 EDN: PXUYEP

## HYDROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108

EDN: PXUYEP

**ORGANIC MATTER DYNAMICS IN THE WATER OF RESERVOIRS OF  
DIFFERENT TYPES IN DIFFERENT GEOGRAPHICAL ZONES  
(PENZA RESERVOIR ON THE SURA RIVER VS. IRIKLINSKY RESERVOIR ON THE URAL RIVER)**

Elena A. Shashulovskaya<sup>1</sup>, Svetlana A. Mosiyash<sup>2</sup><sup>1, 2</sup> Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Saratov, Russia<sup>1</sup> shash.elena2010@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1072-7046, SPIN-code: 6307-1475, eLibrary Author ID: 568462<sup>2</sup> mosiyasha@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0875-6358, SPIN-code: 9489-7352, eLibrary Author ID: 568463

© Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., 2026



Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

**Abstract.** The organic matter of natural hydroecosystems is an important component determining biological productivity and water quality. The study of the processes of its formation depending on natural and climatic conditions and anthropogenic load is important. Such studies are conducted mainly on lake systems. Meanwhile, the influence of weather and hydrological factors on relatively small multipurpose reservoirs under conditions of significant anthropogenic load makes it possible to note changes in the catchment area within a short period of time. This article presents the results of a 4-year research on organic matter in two artificial multipurpose reservoirs located in different geographical zones. Penza Reservoir (Sura River) is located in the zone of mixed and broad-leaved forests, Iriklin'sky Reservoir (Ural River) – in the zone of forest-steppes and steppes. Different climatic conditions determine the content and dominant type of organic matter in each reservoir. The study aims to evaluate seasonal dynamics of organic matter and factors influencing its content. The principal component analysis was used to structure the indicators of allochthonous and autochthonous organic matter based on their predominant genesis. In the Penza Reservoir, which is shallow and well warmed up in the summer, the role of autochthonous humus formed during production processes is great. The seasonal dynamics of allochthonous organic matter are influenced by the volume of runoff during high water, as well as by intra-reservoir processes. The continental climate of the Iriklin'sky Reservoir basin determines a low amount of precipitation, the main part of which falls on the spring period, when the main proportion of allochthonous substances that are involved in the trophic structure of the reservoir comes from the catchment area, poor in humic substances.

**Keywords:** Penza reservoir, Iriklin'sky reservoir, organic matter, water inflow, natural and climatic conditions

**Acknowledgments.** The authors are very grateful to the colleagues from the Laboratory of Fisheries Ecology at the Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography – I. G. Filimonova, M. A. Sivushina, and L. V. Grishina – for their help in processing the hydrochemical material, and to V. B. Rudenko-Travin – for providing long-term hydrological material, as well as to all the Saratov Branch employees who carried out the sampling.

**For citation:** Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Organic matter dynamics in the water of reservoirs of different types in different geographical zones (Penza Reservoir on the Sura River vs. Iriklin'sky Reservoir on the Ural River). *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 99–108. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108 EDN: PXUYEP

## Введение

Органическое вещество (ОВ) является важным компонентом биологической продуктивности экосистем, активно участвует в миграции некоторых элементов и во многом определяет качество воды [5]. ОВ природных вод подразделяют на две основные группы: автохтонное, образующееся в самом водоеме за счет продукционно-деструкционных процессов, и аллохтонное, поступающее извне с атмосферными осадками, речным и подземным стоком, сточными водами.

Исследование особенностей изменения содержания ОВ озерных систем в зависимости от природно-климатических условий на водосборе, температурных условий региона, антропогенной нагрузки относится к актуальным проблемам современной экологии [3; 6–8; 23]. В последние годы на процессы содержания ОВ значительное влияние оказывает климатическая трансформация через интенсификацию биогеохимических циклов и изменения гидрологических условий в водоемах и на водосборах.

В настоящее время установлены общие закономерности увеличения ОВ любого генезиса в озерах по мере продвижения от северных к южным широтам [7], что указывает на синхронно повышающуюся биологическую продуктивность. В северных водоемах количество аллохтонного ОВ в несколько раз превышает количество автохтонного, в южных озерах лесной и лесостепной зон преобладает автохтонное ОВ благодаря интенсивно протекающим процессам их создания и разрушения [8].

Водохранилища как природно-техногенные образования, в отличие от озер, расположены в основном в густонаселенных районах с интенсивно развитой хозяйственно-экономической деятельностью на водосборе, которая оказывает существенное воздействие на продукционно-деструкционные процессы. Особенности многолетней динамики ОВ в крупных водохранилищах описаны в работах [2; 12; 22]. Однако недостаточно изученным остается вопрос об особенностях трансформации содержания ОВ в относительно небольших водохранилищах комплексного назначения разных географических зон, в которых изменения на водосборе быстро сказываются на качестве воды. Влияние погодных и гидрологических факторов, а также зарегулирование стока и антропогенная нагрузка на экосистемные характеристики таких искусственных водоемов проявляются быстрее, поэтому их можно использовать для изучения процессов трансформации ОВ в течение относительно короткого периода времени.

Ириклинское водохранилище, расположенное в зоне лесостепей и степей в условиях семиаридного климата, является самым крупным искусственным водоемом на р. Урал. Для его бассейна характерны маловодность и большие колебания объема стока по годам и сезонам [15]. Полная смена водных масс в водоеме происходит один раз в два года. Объем водохранилища – 3,26 км<sup>3</sup>, средняя глубина – 12,5 м, максимальная – 36 м. Высокая антропогенная освоенность водосбора приводит к значительному повышению содержания тяжелых металлов в абиотических компонентах Ириклинского водохранилища [21].

Пензенское водохранилище создано на р. Сура (бассейн Волги) в зоне смешанных и широколиственных лесов. Объем водохранилища – 0,56 км<sup>3</sup>, коэффициент водообмена – ~ 2,5. Средняя глубина водохранилища –

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

5 м, максимальная – 15 м. Антропогенная нагрузка на водоем определяется в первую очередь сельскохозяйственной деятельностью.

Цель нашей работы – оценить сезонную динамику и факторы, влияющие на содержание аллохтонного и автохтонного ОВ в Пензенском и Ириклинском водохранилищах, расположенных в различных природно-климатических зонах и различающихся по уровню антропогенной нагрузки, в 2021–2024 гг.

**Материалы и методы исследования**

**Краткая характеристика объектов исследования.** Глубоководное Ириклинское водохранилище расположено на территории Оренбургской области в ущелье Уральского горного сооружения и представляет собой цепь русловых озеровидных расширений со скалистыми берегами (рис. 1). Климат резко континентальный с малым количеством осадков, основная доля которых наблюдается в зимний период. Как результат, преобладает снеговое питание, и основной сток (60–90 %) приходится на период снеготаяния (весну). В последнее десятилетие увеличилась аридность климата в регионе при выраженном снижении водности [4].

На формирование режима уровня водохранилища существенное влияние оказывают работа Ириклинского гидроузла и водность уральского бассейна. Ежегодно водохранилище в марте срабатывается до минимальных отметок, а затем наполняется в течение половодья (апрель–май). В период весеннего наполнения на водохранилище отмечается повышение уровня воды в маловодный год (2022) на 0,3 м, в многоводный (2024) – до 2 м. После непродолжительной стабилизации уровень снова снижается и к октябрю достигает отметки предполоводной сработки. Годовая амплитуда колебаний уровня воды исследуемый период составила 1,4–3,4 м.

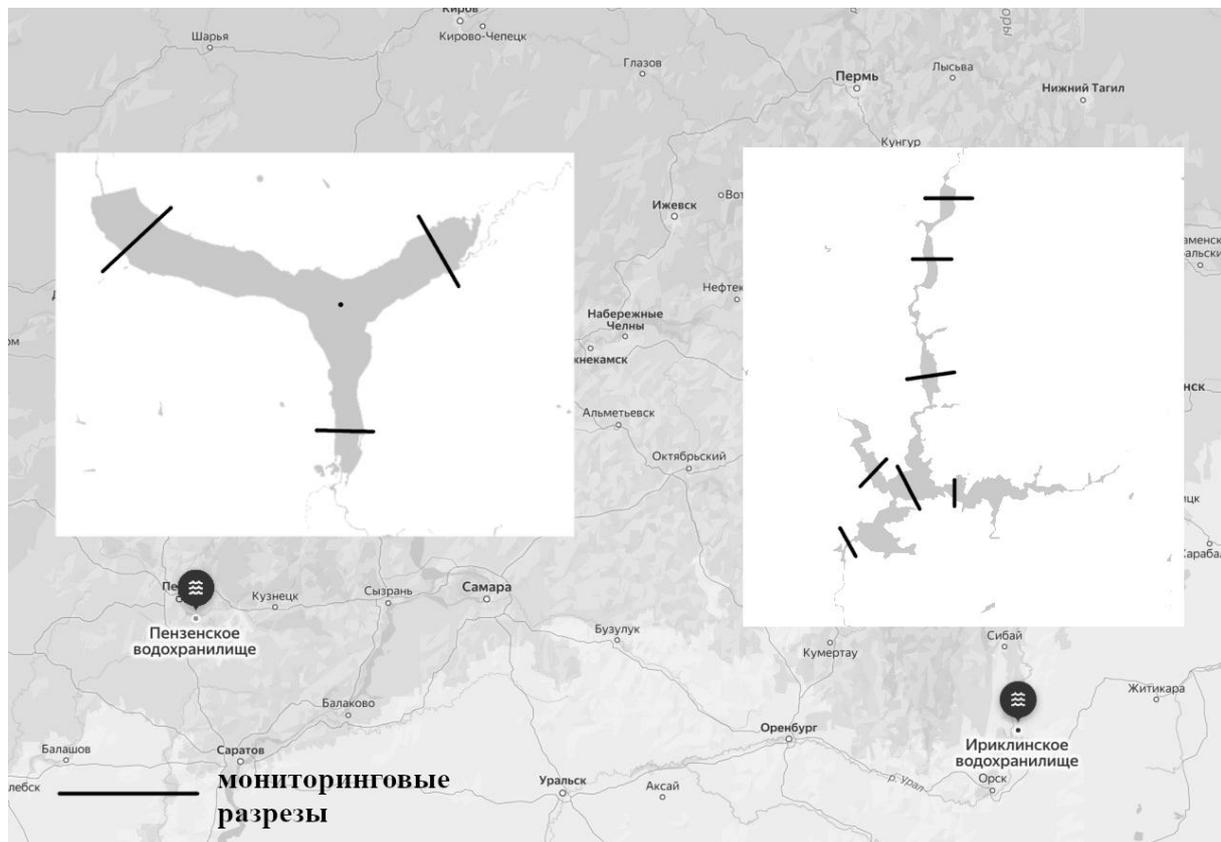


Рис. 1. Карта-схема расположения исследованных водохранилищ

Fig. 1. Layout map of the studied reservoirs

Пензенское водохранилище образовано на слиянии рек Суры и Узы и является самым большим искусственным водоемом в Пензенской области. Верховья водохранилища разделены на два залива. В правый впадает р. Сура, в левый – р. Уза. Чаша водохранилища образована за счет затопления нижней части долины р. Суры. Прилегающая местность с правого берега покрыта смешанным лесом, с левого – открытая, луговая с расположенными населенными пунктами и животноводческими фермами. Климат района расположения водохранилища умеренно континентальный, со снежной умеренно холодной зимой и теплым летом [10]. Для территории характерно умеренное увлажнение. Питание водохранилища смешанное, преимущественно снеговое.

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

Уровенный режим Пензенского водохранилища имеет особенности, повторяющиеся ежегодно и характеризующиеся четко выраженным весенним половодьем. В летний период уровень воды также поддерживается на максимальной отметке, близкой к НПУ (150 м). Сработка уровня начинается в октябре и весь зимний период до половодья (март) держится на уровне 146,9–147,6 м. В течение года колебание уровня составляет ~ 3 м.

Материалом данной работы являются собственные исследования Пензенского и Ириклинского водохранилищ, проведенные в 2021–2024 гг. Пробы воды отбирали весной (апрель–май), летом (июль) и осенью (октябрь) на русловых (поверхность, придонный горизонты) и прибрежных участках (поверхность) с помощью батометра Рутнера. Во всех точках измеряли температуру воды с помощью погружного термометра. Всего было отобрано и проанализировано 458 проб.

Материалы по климату получены из ресурсов Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации [1]. Данные по водному режиму заимствованы на сайтах открытого доступа Филиалов «Управление эксплуатации Ириклинского водохранилища» и «Сурской гидроузла» [13; 14].

Для оценки косвенных характеристик ОВ в воде водохранилищ анализировали показатели цветности, перманганатной (ПО) и бихроматной (ХПК) окисляемости, БПК<sub>5</sub> по стандартным гидрохимическим методикам.

Содержание органического углерода (ТОС) и общего азота определяли методом ИК-спектроскопии на анализаторе ТОС-LCPN (Shimadzu, Япония). Концентрацию органического азота (N<sub>орг</sub>) вычисляли как разницу между общим содержанием и суммой его минеральных форм (аммонийной, нитритной и нитратной), определение которых проводили фотометрически на спектрофотометре UV 1800 (Shimadzu, Япония).

Для статистической обработки результатов использовали специализированный пакет Statgraf Centurion XVI, для построения графиков и диаграмм – стандартные программы для персонального компьютера. Для оценки степени связи между показателями применяли коэффициент корреляции Пирсона. Для удовлетворения предположения о нормальности распределения данные были преобразованы путем логарифмирования. Все статистические характеристики, приведенные в тексте, значимы при  $p \leq 0,05$ .

Для структурирования многомерного массива исходных гидрохимических параметров использовали метод главных компонент. Критерием для выделения оптимального числа факторов служили собственные значения, являющиеся дисперсиями главных компонент (ГК). Для повышения интерпретируемости факторов использовали процедуру вращения осей координат факторного пространства методом «варимакс». Рассматривали только те ГК, дисперсии которых больше единицы. Достоверными признавались нагрузки  $\geq 0,7$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

#### *Краткая характеристика гидрологических и метеорологических условий исследуемых водохранилищ.*

Основные абиотические характеристики исследуемых водоемов отражают общие закономерности климатических областей при движении с запада на восток, связанные прежде всего с особенностями радиационного режима и степенью увлажненности территорий. Возрастание континентальности климата способствует увеличению годовых перепадов температуры воздуха (к более холодной продолжительной зиме и жаркому лету) и уменьшению годового количества осадков. Для бассейна Ириклинского водохранилища, климат которого резко континентальный, характерны более жаркое лето и низкая среднегодовая температура воздуха, меньшее количество осадков (табл. 1). Продолжительность безледного периода, в течение которого протекает большая часть продукционно-деструкционных процессов, различается в исследованных водохранилищах незначительно.

Природно-климатические условия водосборной территории и особенности геологического строения определяют минерализацию вод и реакцию среды pH, значения которых в Ириклинском водохранилище выше (табл. 1). Прозрачность воды в исследованных водохранилищах невелика (табл. 1).

Годовой приток к Пензенскому водохранилищу в период исследования колебался от 1,03 до 1,56 км<sup>3</sup>, наибольшие величины приходились на период половодья (табл. 2). Максимальный объем весеннего притока отмечен в 2023 г., минимальный – в 2021 г. Летняя температура воды колебалась от 21,8 до 27,0° С с максимумом в 2022 г. На Ириклинском водохранилище объем притока изменялся в широком диапазоне 0,55–4,81 км<sup>3</sup> (табл. 3), причем экстремально высокое половодье (2,93 км<sup>3</sup>) в 2024 г. превышало среднемноголетние значения в 3–9 раз. Аномально высокая высота снежного покрова, глубокое промерзание почвы и резкое потепление привели к быстрому таянию снега и значительному увеличению водности [13]. Минимальный объем весеннего притока (0,24 км<sup>3</sup>) отмечен в 2022 г. Наибольший летний прогрев воды фиксировали в 2023 г., а наименьший – в 2024 г., когда приток увеличился в 5–8 раз (табл. 3). Несмотря на более жаркое лето в уральском регионе (табл. 1), температура воды в этот период в глубоководном Ириклинском водохранилище ниже вследствие термической стратификации.

Особенности в рельефе, геологическом строении и климатических условиях водосборных территорий исследованных водохранилищ стали факторами, обусловившими различия в содержании ОВ.

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

Таблица 1  
Table 1

Сравнительная характеристика основных абиотических показателей исследуемых водоемов и их водосборных бассейнов  
Comparative characteristics of the main abiotic indicators of the studied reservoirs and their drainage basins

Показатель	Водохранилища	
	Пензенское	Ириклинское
Координаты	53.027005 с.ш., 45.290730 в.д.	51.891411 с.ш., 58.882662 в.д.
Протяженность, км	32	73
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	110	260
Полный объем, км <sup>3</sup>	0,56	3,25
Водообмен, раз в год	2,3	0,5
Средняя глубина, м	5	12,5
Максимальная глубина, м	15	36
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	13800	36950
Июльская температура воды, 2021–2024 гг., °С	21,8–27,0	21,2–24,5
Объем притока, км <sup>3</sup>	1,0–1,6	0,6–4,8
Среднегодовая температура воздуха в регионе в 2021–2024 гг., °С	7,0	5,3
Средняя температура воздуха в регионе летом в 2021–2024 гг., °С	20,7	21,1
Годовое количество атмосферных осадков, мм	407–676	248–514
Безледный период, сут	226–230	232–236
Прозрачность, м	0,4–1**	1,5–1,8*
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	245–333	370–554*
Реакция среды pH, ед. pH	6,8–9,0**	7,6–9,2

Примечание: \* по [19], \*\* по [20]

Note: \* according to [19], \*\* according to [20]

Таблица 2  
Table 2

Гидрологические и термические показатели Пензенского водохранилища в период 2021–2024 гг.  
Hydrological and thermal parameters of the Penza Reservoir in the period 2021–2024

Год исследования	Приток, км <sup>3</sup>			Годовой приток, км <sup>3</sup>	Т воды, °С		
	март-апрель	июнь-июль	сентябрь-октябрь		апрель	июль	октябрь
2021	0,29	0,17	0,12	1,03	7,1	26,8	4,6
2022	0,47	0,16	0,14	1,23	8,5	27,0	11,6
2023	0,78	0,15	0,12	1,56	14,3	21,8	13,5
2024	0,53	0,14	0,11	1,27	12,1	26,2	16,2

Таблица 3  
Table 3

Гидрологические и термические показатели Ириклинского водохранилища в период 2021–2024 гг.  
Hydrological and thermal parameters of the Iriklin Reservoir in the period 2021–2024

Год исследования	Приток, км <sup>3</sup>			Годовой приток, км <sup>3</sup>	Т воды, °С		
	март-май	июнь-июль	сентябрь-октябрь		май	июль	октябрь
2021	0,61	0,086	0,035	0,86	19,8	22,7	9,5
2022	0,24	0,12	0,05	0,55	10,8	21,5	7,1
2023	1,26	0,074	0,10	1,66	11,8	24,5	8,5
2024	2,93	0,61	0,33	4,81	13,5	21,2	7,4

Цветность воды, главным образом характеризующая содержание окрашенных гуминовых веществ аллохтонного происхождения, связана, как правило, с заболоченностью водосборной территории. Минимальные значения отмечены нами для Ириклинского водохранилища, на водосборе которого отсутствуют болота и торфяники – источники гуминовых кислот, а почвенный покров водосборного бассейна образуют преимущественно южные слабогумусные маломощные черноземы в комплексе со степными солонцами различной степени засоленности, а также каменистыми грядами и сопками [15]. В воде Пензенского водохранилища показатели цветности выше с максимумом весной 2022 г., когда показатель увеличился до 100 град. (табл. 4). Отмечена корреляционная связь между цветностью воды и притоком водохранилища ( $r=0,57$ ). Заболоченные мелководные участки в верхней части Пензенского водохранилища, заросшие высшей водной

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

растительностью, являются не только местом нереста рыб, но и, вероятно, «поставщиками» автохтонного гумуса, который в многоводные годы и определяет интенсивную окраску воды в искусственном водоеме. Для Ириклинского водохранилища связь между цветностью и притоком ( $r=0,96$ ) наблюдали только в период весеннего половодья.

Таблица 4

Table 4

Сезонная динамика содержания ОВ в воде исследованных водоемов в период 2021–2024 гг.

(1 – весна, 2 – лето, 3 – осень)

Seasonal dynamics of the OM content in the water of the studied reservoirs in the period 2021–2024

(1 – spring, 2 – summer, 3 – autumn)

Год	сезон	Цветность, град.	ПО, мг/дм <sup>3</sup>	ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$C_{орз}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$N_{орз}$ , мг/дм <sup>3</sup>
<i>Пензенское водохранилище</i>							
2021	1	46±4	4,5±0,2	13±1	2,2±0,3	5,2±0,3	0,02±0,02
	2	30±2	9,1±0,5	29±3	8,9±1,4	13,0±1,4	0,92±0,17
	3	26±1	4,1±0,2	13±1	3,2±0,2	7,2±0,2	0,24±0,04
2022	1	101±12	6,8±0,5	16±1	4,7±0,6	17,0±0,3	0,006±0,004
	2	31±1	5,6±0,1	27±1	4,2±0,7	9,1±0,5	0,40±0,04
	3	20±0	4,3±0,1	21±1	3,2±0,2	7,6±0,2	0,31±0,04
2023	1	43±1	7,6±0,3	23±2	5,9±0,6	8,8±0,1	0,19±0,04
	2	33±1	7,2±0,5	27±3	2,6±0,4	7,7±0,6	0,37±0,10
	3	29±2	5,7±0,6	19±1	0,9±0,1	6,4±0,2	0,15±0,02
2024	1	50±1	6,9±0,4	22±2	2,9±0,1	8,3±0,2	0,04±0,02
	2	31,0±2	6,6±0,2	31±6	5,3±0,7	9,0±0,2	0,42±0,10
	3	26±1	6,4±0,3	14±1	3,8±0,2	6,6±0,1	0,19±0,03
Среднее	1	60±5	6,4±0,2	19±1	3,9±0,3	9,9±0,8	0,08±0,02
	2	31±1	7,1±0,3	28±2	5,1±0,5	10,0±0,6	0,56±0,07
	3	25±1	5,0±0,2	17±1	3,1±0,2	7,0±0,1	0,24±0,02
<i>Ириклинское водохранилище</i>							
2021	1	15±1	5,8±0,2	43±2	3,1±0,5	6,6±2,0	0,39±0,14
	2	20±1	4,4±0,2	39±2	3,4±0,3	10,2±0,8	0,66±0,07
	3	21±1	4,2±0,1	29±1	2,4±0,4	6,0±0,2	0,28±0,04
2022	1	16±1	5,1±0,1	26±2	3,1±0,4	9,3±1,0	0,31±0,03
	2	17±1	4,3±0,1	24±1	3,0±0,3	7,3±0,7	0,52±0,06
	3	10±0	3,2±0,1	33±1	1,5±0,2	7,1±0,9	0,46±0,02
2023	1	18±1	5,4±0,2	39±1	1,9±0,3	8,0±0,2	0,50±0,04
	2	11±0	4,0±0,2	38±1	–	7,9±0,1	0,62±0,03
	3	10±0	2,8±0,1	31±1	0,2±0,1	7,7±0,4	0,24±0,03
2024	1	30±1	6,5±0,2	21±2	1,8±0,3	6,6±0,5	0,14±0,07
	2	37±3	8,1±0,6	26±2	2,3±0,2	9,9±1,0	0,30±0,04
	3	31±1	6,8±0,3	30±1	3,4±0,6	9,6±0,3	0,20±0,04
Среднее	1	19±3	5,7±0,3	32±5	2,5±0,4	7,6±0,6	0,34±0,08
	2	21±5	5,2±1,0	32±4	2,9±0,3	8,8±0,7	0,52±0,08
	3	18±5	4,3±0,9	31±1	1,9±0,7	7,6±0,8	0,30±0,06

К концу вегетационного сезона интенсивность окраски воды снижается вследствие осаждения и фотохимического разложения. Кроме того, нельзя исключить и антропогенную составляющую – сработку водохранилищ, в результате изменения гидродинамической активности которой трансформируется содержание ОВ. На примере Можайского водохранилища (на р. Москве) показано, что водохранилища сглаживают внутригодовую изменчивость аллохтонного ОВ, которая снижается обратно пропорционально скорости водообмена под влиянием внутриводоемных процессов [2]. Вероятно, в результате низкого водообмена в Ириклинском водохранилище продолжительное время сохраняется водная масса, сформированная водами весеннего половодья, что сглаживает сезонную динамику.

Показатель ПО также характеризует содержание аллохтонного ОВ и поэтому связан с цветностью на Ириклинском водохранилище статистической связью ( $r=0,88$ ), которая усиливается в многоводные годы ( $r=0,97$ ). Подобная зависимость отмечена и на нижеволжских водохранилищах [17]. Особенностью гидрохимического режима Пензенского водохранилища, в отличие от Ириклинского, является отсутствие корреляции между этими показателями.

Содержание общего ОВ, оцениваемое по ХПК, изменялось от 13 до 31 мгО/дм<sup>3</sup> в Пензенском водохранилище и в интервале 21–43 мгО/дм<sup>3</sup> в Ириклинском (табл. 4). В основном диапазон колебаний

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

показателя был незначителен. Можно отметить некоторое увеличение средних значений общего ОВ в Пензенском водохранилище в летний период по сравнению с весенним и осенним сезонами.

Концентрации легкоокисляемого ОВ (по БПК<sub>5</sub>) в Пензенском водохранилище значительны во все сезоны, что зафиксировано было нами и ранее [20], наибольшие значения, в основном, наблюдали в летний период максимального прогрева воды (см. табл. 4). В последнее время отмечена достоверная корреляционная связь между показателями ПО и БПК<sub>5</sub> ( $r=0,69$ ), которая отсутствовала ранее. Возможно, увеличение автохтонной составляющей связано с трансформацией климата вследствие повышения температурных условий и увеличения биологической продуктивности и скорости биохимических процессов. Доля легкоокисляемой органики в общем ОВ, определяемая по соотношению БПК<sub>5</sub>/ХПК [11], на уровне 16–21 % характеризует водохранилище на протяжении нескольких десятилетий как стабильно эвтрофное [20].

Количество лабильного ОВ в воде Ириклинского водохранилища ниже в интервале  $<0,5-3,4$  мг/дм<sup>3</sup> (см. табл. 4), наиболее высокие концентрации характерны для летнего периода. Как в менее трофном искусственном водоеме, соотношение БПК<sub>5</sub>/ХПК составило лишь 6–8 %, что определяется особенностями морфометрии и геологического строения водосборной территории.

Содержание ТОС в воде Пензенского водохранилища изменялось в диапазоне 5,2–17,0 мг/дм<sup>3</sup>, Ириклинского – 6,0–10,2 мг/дм<sup>3</sup>. Сезонная динамика практически не выражена. В воде Пензенского водохранилища отмечена корреляционная связь ТОС с показателями цветности и БПК<sub>5</sub> ( $r=0,62-0,71$ ).

Наибольшее количество значимых корреляционных связей между исследованными показателями обнаружено в Пензенском водохранилище по сравнению с Ириклинским. Возможно, нестабильные условия среды, проявляющиеся прежде всего в значительных межгодовых колебаниях стока, способствуют ослаблению связей между компонентами ОВ в воде искусственного водоема, расположенного на р. Урал.

Как говорилось нами ранее [18], температурный фактор оказывает меньшее влияние на содержание ОВ в глубоководном Ириклинском водохранилище, в отличие от Пензенского, где температура воды связана статистически с динамикой общего и автохтонного ОВ.

Доминирующей формой азотистых соединений в Ириклинском водохранилище в 2021–2023 гг. являлся N<sub>орг</sub> (рис. 2В). И только в 2024 году, когда объем притока к искусственному водоему был аномально высоким не только в половодье, но и в летний период, в воде преобладали минеральные формы биогенных элементов, которые поступили в водохранилище в составе органоминеральных комплексов в результате взаимодействия поверхностного стока с почвенным и растительным покровом [16]. В Пензенском водохранилище преобладали минеральные формы азота (рис. 2А), а более высокие концентрации общего азота могли быть следствием сельскохозяйственной деятельности на водосборе. Максимальные концентрации N<sub>орг</sub> в исследованных водоемах наблюдали в летний период при интенсификации продукционных процессов.

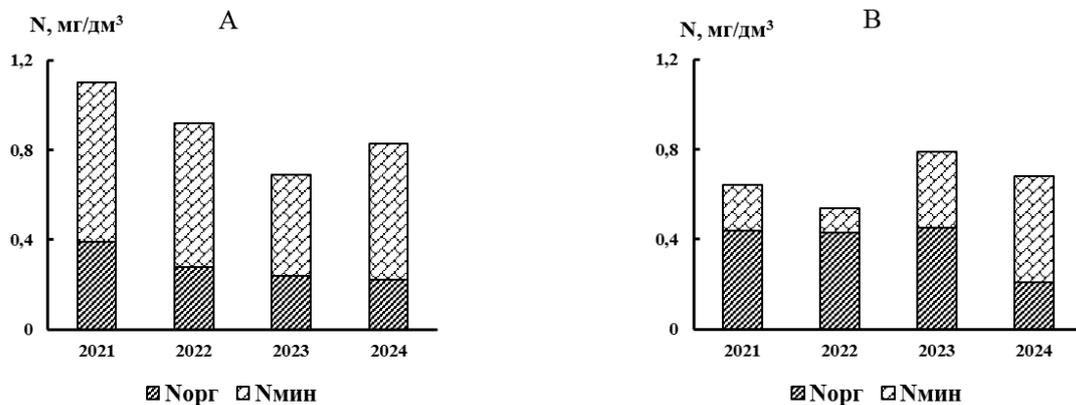


Рис. 2. Межгодовая динамика органического и минерального азота в воде Пензенского (А) и Ириклинского (В) водохранилищ в 2021–2024 гг.

Fig. 2. Interannual dynamics of organic and mineral nitrogen in the Penza (A) and Irklinsky (B) reservoirs in 2021–2024

Для структурирования массива полученной нами гидрохимической информации в исследуемых водохранилищах в различные сезоны 2021–2024 гг. был проведен компонентный анализ (табл. 5). В результате было выделено по две ГК, вбирающие в себя 79 и 63 % суммарной накопленной дисперсии.

В первый главный фактор, определяющий генеральное направление изменчивости гидрохимических параметров и имеющий вследствие этого максимальное собственное значение, в Пензенском водохранилище вошли легкоокисляемое и общее ОВ, N<sub>орг</sub> и температура воды, т.е. показатели, характеризующие «автохтонное ОВ». В Ириклинском водохранилище определена согласованная динамика цветности, содержания общего ОВ и N<sub>орг</sub>, а также величина приточности, так как ее факторная нагрузка приближается к значимому уровню. Такую комбинацию показателей можно условно назвать «аллохтонное ОВ». Второй главный фактор Пензенского водохранилища вобрал в себя показатель цветности, содержание ТОС и приточность воды, в Ириклинском

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

водохранилище согласованно изменяются лабильное ОВ, ТОС и температура. Следует отметить, что температура воды и связанное с ней лабильное ОВ является ключевым фактором, влияющим на состав ОВ в Пензенском водохранилище, расположенном в более высоких широтах. Подобная зависимость содержания компонентов ОВ от условий окружающей среды была отмечена и при исследовании озер северо-восточного Китая, находящихся в различном широтном градиенте [23].

Таблица 5

Table 5

Результаты компонентного анализа и матрица факторных нагрузок гидрохимических показателей Пензенского и Ириклинского водохранилищ  
Results of component analysis and the matrix of factor loads of hydrochemical parameters in Penza and Iriklinisky Reservoirs

Показатели	Пензенское водохранилище		Ириклинское водохранилище	
	Главные факторы		Главные факторы	
	1	2	1	2
Цветность, град.	-0,22	<b>0,91</b>	<b>-0,77</b>	0,55
БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,80</b>	0,40	0,09	<b>0,79</b>
Температура воды, °С	<b>0,89</b>	-0,23	0,16	<b>0,74</b>
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,86</b>	-0,09	<b>0,77</b>	0,07
N <sub>орг</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,93</b>	-0,13	<b>0,81</b>	0,39
ТОС, мг/дм <sup>3</sup>	0,44	<b>0,81</b>	0,01	<b>0,70</b>
Приток, км <sup>3</sup>	-0,19	<b>0,74</b>	<b>-0,65</b>	-0,09
Собственные значения факторов	3,3	2,3	2,4	2,0
Дисперсия, %	47	32	35	28

Таким образом, в изменениях показателей ОВ исследуемых водохранилищ обнаруживается достаточно выраженная структура, имеющая в основе, очевидно, преимущественный генезис ОВ в водоемах. В мелководном, хорошо прогреваемом в летний период Пензенском водохранилище, обладающем большой площадью мелководных участков и значительной сельскохозяйственной нагрузкой в виде притока биогенных элементов, происходит стимуляция продукционных процессов и образование ОВ автохтонной природы. В глубоководном Ириклинском водохранилище в условиях семиаридного климата региона ведущая роль принадлежит аллохтонному ОВ, которое может являться субстратом для развития микрофлоры и вовлекаться в трофическую структуру искусственного водоема [5; 9].

## Выводы

1. Исследованные водные объекты расположены в разных климатических областях, которые определяют природные условия территорий их водосборных бассейнов и обуславливают содержание и доминирующий тип ОВ.
2. Континентальность климата бассейна Ириклинского водохранилища определяет малое количество осадков и их поступление преимущественно в весенний период, в течение которого с водосбора, бедного ОВ гумусовой природы, привносится основная доля аллохтонных веществ. В мелководном, хорошо прогреваемом в летний период Пензенском водохранилище велика роль автохтонного гумуса, образующегося при продукционных процессах. На сезонную динамику аллохтонного ОВ влияют объем стока в половодье, а также внутриводоемные процессы.
3. В Пензенском водохранилище отмечены наиболее высокие концентрации автохтонного ОВ, вклад которого в общее ОВ составляет 16–21 %, характеризую водоем как эвтрофный. В менее трофном Ириклинском водохранилище на долю лабильной органики приходится около 6–8 %, что определяется особенностями морфометрии и геологического строения водосборной территории.
4. Объем водного притока, очевидно, является главным фактором, влияющим на формирование ОВ разного происхождения в Ириклинском водохранилище, в то время как в Пензенском водохранилище, расположенном в более высоких широтах, динамику ОВ главным образом определяет термический режим в вегетационный сезон.

## Библиографический список

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). URL: <http://www.meteo.ru> (дата обращения 13.05.2025)
2. Даценко Ю. С., Пужлаков В. В. Модельная оценка влияния Можайского водохранилища на трансформацию потока органического вещества // Метеорология и гидрология. 2020. № 8. С. 77–86.
3. Ефремова Т. А., Зобкова М. В. Содержание, распределение и соотношение основных компонентов органического вещества в воде Онежского озера // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2019. № 9 С. 60–75. DOI: 10.17076/lim1017 EDN: QTKHRT
4. Калугин А. С., Чуканов В. В., Мотовилов Ю. Г., Мاستрюкова А. В., Попова Н. О., Чернобровкин Н. Н. Регулирование стока реки Урал в современных прогнозируемых климатических условиях // Водные ресурсы. 2024. Т. 51, № 5. С. 583–595. DOI: 10.31857/S0321059624050044 EDN: VXUISU
5. Линник П. Н., Иваненко Я. С., Линник Р. П., Жежеря В. А. Гумусовые вещества в поверхностных водах Украины // Экологическая химия. 2013. Т. 22, № 2. С. 74–91. EDN: SWNVQT
6. Лозовик П. А., Зобкова М. В., Рыжиков А. В., Зобков М. Б., Ефремова Т. А., Сабылина А. В., Ефремова Т. В. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество природных вод: кинетические и термодинамические закономерности

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

трансформации, количественный и качественный составы // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477, № 6. С. 728–732. DOI: 10.7868/S086956521736021X EDN: ZWZCIR

7. 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. DOI: 10.31857/S0016752523020061

8. Отыукова Н. Г. Органическое вещество в водных объектах особо охраняемых природных территорий на примере притоков озера Плещеево (Ярославская обл.) и реки Таденки Приокско-террасного биосферного заповедника (Московская обл.) // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 3. С. 344–353. DOI: 10.31857/S0321059621030111 EDN: KVFDDG

9. Попов А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / ред. Е. И. Ермаков. СПб: СПбГУ, 2004. 248 с.

10. Природа Пензенской области. Пенза: Пенз. кн. изд-во, 1955. 462 с

11. Скопинцев Б. А., Харкевич Н. С. Оценка относительного содержания лабильного органического вещества в природных водах // Тезисы докладов IV Всесоюз. Симпозиума «Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах». Петрозаводск, 1983. С. 115–116.

12. Степанова И. Э. Характеристики органического вещества в Рыбинском водохранилище на современном этапе // Вода: химия и экология. 2015. № 10(88). С. 3–10. EDN: VBWESX

13. Филиал «Сурской гидроузла». URL: <http://gidrouzel-pnz.ru> (дата обращения 23.05.2025)

14. Филиал «Управление эксплуатации Ириклинского водохранилища» ФГБВУ «Центррегионводхоз». URL: <http://ueiv.ru> (дата обращения 16.05.2025).

15. Чибилев А. А., Павлейчик В. М., Дамрин А. Г. Ириклинское водохранилище: геоэкология и природно-ресурсный потенциал, Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 183 с. ISBN: 5-7691-1656-0 EDN: QKOSKL

16. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Влияние аномального половодья на основные гидрохимические компоненты Ириклинского водохранилища (на р. Урал) // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2025. Т. 2. С. 149–153. EDN: RNINEO

17. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Межгодовые изменения содержания органического вещества и биогенных элементов в водохранилищах Нижней Волги: влияние климатической трансформации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 3. С. 83–100. DOI: 10.35567/19994508-2024-3-83-100 EDN: DTUNCX

18. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Некоторые подходы к оценке экологического состояния разнотипных водохранилищ на основе взаимосвязи основных гидрохимических параметров // Поволжский экологический журнал. 2019. № 3. С. 371–383. DOI: 10.35885/1684-7318-2019-3-371-383 EDN: LKWAMW

19. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей Ириклинского водохранилища в современных условиях // Известия РАН. Серия географическая. 2022. № 5. С. 697–714. DOI: 10.31857/S2587556622050119 EDN: VKPXWA

20. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., Далечина И. Н., Филимонова И. Г., Гришина Л. В., Кузина Е. Г., Шашуловская О. В. Динамика трофических показателей малого равнинного водохранилища в разные периоды его существования (на примере Пензенского водохранилища на р. Сура) // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. 2020. № 13(4). С. 368–386. DOI: 10.17516/1997-1389-0334 EDN: OKGGQC

21. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., Филимонова И. Г., Кузина Е. Г. Соединения тяжелых металлов в биогеохимии Ириклинского водохранилища // Рыбохозяйственные водоемы России: материалы междунар. научной конференции, посвященной 100-летию ГосНИОРХ. СПб, 2014. С. 1132–1139.

22. Intiazzy Md N., Hunter K., Hudson J. J. In-reservoir transformation of dissolved organic matter as a function of hydrological flow // Journal of Environmental Management. 2024. 352 p. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120099 EDN: JVPKFS

23. Zhu L., Zhou Yu., Bai S., Zhou H., Chen X., Wei Z. New insights into the variation of dissolved organic matter components in different latitudinal lakes of northeast China. Limnol. Oceanol. 2019. No. 1–11. DOI: 10.1002/lno.11316

## References

1. All-Russian Research Institute for Hydrometeorological Information – World Data Center (VNIIGMI-MCD). website. (In Russ.) URL: <http://www.meteo.ru> (Accessed 13 May 2025).

2. Dacenko Yu. S., Puklakov V. V. Model'naya otsenka vliyaniya Mozhaiskogo vodokhranilishcha na transformatsiyu potoka organicheskogo veshchestva [Mogel assessment of the Mozhaisk reservoir impact on the transformation of organic matter flow]. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2020, vol. 45, no. 8, pp. 77–86. (In Russ.)

3. Efremova T. A., Zobkova M. V. Concentration, distribution and ratio of the main organic matter components in Lake Onego water. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 9, pp. 60–75 (In Russ.).

4. Kalugin A. S., Chukanov V. V., Motovilov Yu. G., Mastryukova A. V., Popova N. O., Chernobrovkin N. N. Regulation of the Ural River flow under current and projected climate conditions. *Water Resources*, 2024, Vol. 51, no.5, pp. 583-595. (In Russ.).

5. Linnik P. N., Ivanenko Ya. S., Linnik R. P., Zhezherya V. A. Gumusovye veshchestva v poverkhnostnykh vodakh Ukrainy [Humic substances in the surface waters of Ukraine]. *Ekologicheskaya khimiya*, 2013, vol. 22, no. 2, pp. 74–91 (In Russ.).

6. Lozovik P. A., Zobkova M. V., Ryzhakov A. V., Zobkov M. B., Efremova T. A., Sabylina A. V., Efremova T. V. Allochthonous and autochthonous organic matter in natural waters: kinetic and thermodynamic patterns of transformation and quantitative and qualitative compositions. *Doklady Earth Sciences*, 2017, vol. 477, no. 6, pp. 728–732. (In Russ.).

7. Moiseenko T. I., Dinu M. I. Biogeochemistry of natural organic substances in land waters: distribution and variability with climate warming. *Geochemistry*, 2023, vol. 68, no. 2, pp. 187–196 (In Russ.).

8. Otyukova N. G. Organic matter in water bodies of specially protected natural territories on the example of tributaries of Lake Pleshcheyevo (Yaroslavl region) and the Tadenka River of the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve (Moscow Region). *Water resources*, 2021, vol. 48, no. 3, pp. 449–458. (In Russ.).

9. Popov A.I. *Guminovye veshchestva: svoystva, stroenie, obrazovanie* [Humic substances: properties, structure, and formation] / Ed. by E. I. Ermakov. Sankt Petersburg: Sankt Petersburg State University, 2004. 248 p. (In Russ.)

10. *Priroda Penzenskoi oblasti* [Nature of the Penza region] Penza: Penz. kn. izd-vo, 1955, 462 p. (In Russ.)

11. Skopintsev B. A., Kharkevich N. S. Otsenka otnositel'nogo soderzhaniya labil'nogo organicheskogo veshchestva v prirodnykh vodakh [Assessment of the relative content of labile organic matter in natural waters]. In *Tezisy dokladov IV Vsesoyuz. Simpoziuma «Organicheskoe veshchestvo i biogennye elementy vo vnutrennikh vodoemakh»*. Petrozavodsk, 1983, pp. 115–116 (In Russ.)

## Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

12. Stepanova I. E. Kharakteristiki organicheskogo veshchestva v Rybinskom vodokhranilishche na sovremennom etape // [Characteristics of organic matter in the Rybinsk reservoir at the present stage]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2015, no. 10(88), pp. 3–10 (In Russ.).

13. Branch "Surskoy Hydroelectric Complex". website. (In Russ.) URL: <http://gidrouzel-pnz.ru> (Accessed 23 May 2025).

14. Branch "Management of the Iriklin'sky Reservoir" FGBVU "Tsentrregiuvodkhoz". website. (In Russ.) URL: <http://ueiv.ru> (Accessed 16 May 2025)

15. Chibilev A. A., Pavleichik V. M., Damrin A. G. *Iriklin'skoe vodokhranilishche: geokologiya i prirodno-resursnyi potentsial* [Iriklin'sky reservoir: geocology and natural resource potential]. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006, 183 p. (In Russ.)

16. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Vliyaniye anomal'nogo polovod'ya na osnovnye gidrokhimicheskie komponenty Iriklin'skogo vodokhranilishcha (na r. Ural) [The influence of abnormal flooding on the main hydrochemical components of the Iriklin'sky reservoir (on the Ural River)]. In *Sovremennye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov: trudy XVserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Vol. 2. Perm: Perm State National Research University, 2025, pp. 149–153 (In Russ.)

17. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Interannual changes in the content of organic matter and biogenic elements in reservoirs of the Lower Volga: the influence of climatic transformation. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 2024, no. 3, pp. 83–100. DOI: 10.35567/19994508-2024-3-83-100 (In Russ.)

18. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Some Approaches to the Assessment of the Ecological State of Different-Type Reservoirs Based on the Relationship among their Main Hydrochemical Parameters. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2019, no. 3, pp. 371–383 (In Russ.).

19. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Spatio-Temporal Variability of Hydrochemical Parameters of the Iriklin'skii Reservoir in Modern Conditions. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2022, no. 5, pp. 697–714. (In Russ.).

20. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A., Dalechina I. N., Filimonova I. G., Grishina L. V., Kuzina E. G., Shashulovskaya O. V. Assessment of the trophic state of a small plain reservoir during different periods of its existence (a case study of the Penza reservoir on the Sura River). *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2020, no. 13(4), pp. 368–386. DOI: 10.17516/1997-1389-0334 (In Russ.)

21. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A., Filimonova I. G., Kuzina E. G. Soedineniya tyazhelykh metallov v biogidrotsenoze Iriklin'skogo vodokhranilishcha [Heavy metal compounds in the biogidrocenosis of the Iriklin'sky reservoir]. In *Rybkhozyaistvennyye vodoemy Rossii: materialy mezhdunar. nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu GosNIORKH*. Sankt Petersburg, 2014, pp. 1132–1139. (In Russ.).

22. Imtiaz Md N., Hunter K., Hudson J. J. In-reservoir transformation of dissolved organic matter as a function of hydrological flow. *Journal of Environmental Management*. 2024. 352 p. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120099

23. Zhu L., Zhou Yu., S. Bai, H. Zhou, X. Chen, Z. Wei. New insights into the variation of dissolved organic matter components in different latitudinal lakes of northeast China. *Limnol. Oceanology*, 2019, no. 1–11. DOI: 10.1002/lno.11316

Статья поступила в редакцию: 22.07.25, одобрена после рецензирования: 07.11.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 22 July 2025; approved after review: 7 November 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

## Информация об авторах

**Елена Александровна Шашуловская**

Кандидат биологических наук,  
заведующий лабораторией рыбохозяйственной  
экологии, Всероссийский научно-исследовательский  
институт рыбного хозяйства и океанографии,  
Саратовский филиал;  
410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 152

e-mail: shash.elena2010@yandex.ru

**Светлана Александровна Мосияш**

Кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории  
рыбохозяйственной экологии, Всероссийский  
научно-исследовательский институт рыбного  
хозяйства и океанографии, Саратовский филиал;  
410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 152

e-mail: mosiyashsa@yandex.ru

## Information about the authors

**Elena A. Shashulovskaya**

Candidate of Biological Sciences,  
Head of the Laboratory of Fisheries Ecology,  
Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute  
of Fisheries and Oceanography;  
152, Chernyshevskogo st., Saratov, 410002, Russia

**Svetlana A. Mosiyash**

Candidate of Biological Sciences,  
Senior Researcher, Laboratory of Fisheries Ecology,  
Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute  
of Fisheries and Oceanography;  
152, Chernyshevskogo st., Saratov, 410002, Russia

**Вклад авторов**

Шашуловская Е. А. – идея, организация работ, проведение расчетов, анализ и обсуждение результатов, написание статьи.

Мосияш С. А. – анализ результатов, написание статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors**

Elena A. Shashulovskaya – the idea; organization of work; calculations; analysis and discussion of the results, writing of the article.

Svetlana A. Mosiyash – analysis of the results; writing of the article.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.