

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО СОСТОЯНИЮ ЗООПЛАНКТОНА

К.А. Кузьмина<sup>1</sup>, И.А. Кузьмина<sup>2</sup>, Е.С. Кривина<sup>3</sup>

E-mail: kris\_tea\_na@mail.ru

<sup>1</sup> ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия

<sup>2</sup> АНО СОШ «Содружество», г. Долгопрудный, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна Российской академии  
наук» г. Тольятти, Россия

**АННОТАЦИЯ:** В течение вегетационного периода 2014–2015 гг. проведено исследование различных по гидрологическим особенностям и степени антропогенной нагрузки участков акватории Волжского плеса Куйбышевского водохранилища, где располагаются месторождения нерудных строительных материалов. Всего было отобрано и обработано 311 проб зоопланктона, зарегистрировано 30 видов зоопланктонных организмов: 7 видов Rotifera, 7 видов Copepoda и 16 видов Cladocera. Установлено, что количественные показатели зоопланктона в 2015 г. снизились по сравнению с 2014 г. Исходя из полученных значений индексов Шеннона и Пиелу, зоопланктон изученных участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища имеет довольно низкое видовое богатство с жестким типом доминирования, что характеризует его как мезотрофный.

Средневегетационные индексы сапробности за указанный период наблюдений позволяют отнести исследованные участки Волжского плеса Куйбышевского водохранилища к  $\beta$ -мезосапробной зоне, что соответствует III классу качества воды – «умеренно загрязненная вода». Соотношение групп организмов и доминирование отдельных видов свидетельствует об ухудшении качества воды за двухлетний период исследований.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** зоопланктон, качество воды, Волжский плес, Куйбышевское водохранилище, видовое разнообразие, антропогенная нагрузка, гидробиологические процессы.

С началом зарегулирования русла Волги возникла необходимость изучения комплекса происходящих в водохранилищах биологических процессов. С 1957 г. сотрудники Куйбышевской биологической станции на базе ИБВ АН СССР занимались изучением гидробиологических процессов,

© Кузьмина К.А., Кузьмина И.А., Кривина Е.С., 2019

формирования флоры и фауны южных водохранилищ Волжского каскада, самым крупным из которых стало Куйбышевское водохранилище [1].

В настоящее время исследование Куйбышевского водохранилища не утратило своей актуальности, т. к. данный водоем используется для выработки электроэнергии, судоходства, водоснабжения, ирригации, а также рыболовства. Это важный климатообразующий компонент ландшафта, который имеет большую эстетическую и рекреационную значимость [2].

Как известно, состояние водных экосистем зависит от степени воздействия на биотопы и биоценозы и возможности гидробионтов сохранять свои адаптивные и репродуктивные свойства [3]. В случае негативного воздействия на водные объекты необходима оценка количественного и качественного развития гидробионтов, обеспечивающих прирост и жизнедеятельность водных биоресурсов [4]. Зоопланктон является звеном в трофической цепи водных животных и по состоянию зоопланктонного сообщества можно оценить экосистему исследуемого водоема. Цель данного исследования – провести анализ качественных и количественных показателей зоопланктона на различных по гидрологическим условиям участках Волжского плеса Куйбышевского водохранилища для оценки качества среды.

#### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

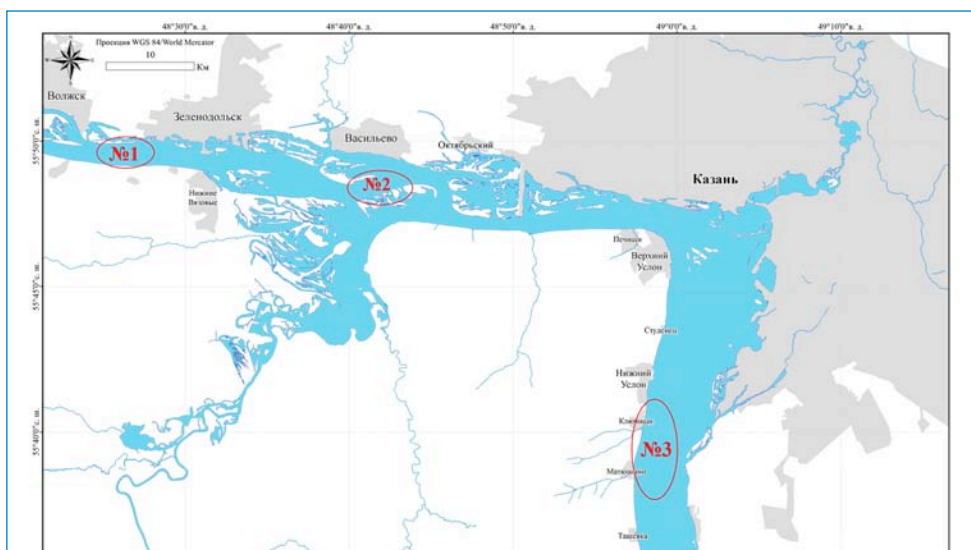
Объект исследования – три различных по гидрологическим особенностям и степени антропогенной нагрузки участка акватории Волжского плеса Куйбышевского водохранилища, где располагаются месторождения нерудных строительных материалов (рис. 1). Исследования проводили в течение вегетационного периода (май, июль, сентябрь) 2014 и 2015 гг.

Месторождение «Краснозаринское» (участок № 1) расположено около г. Волжска (1266,5 – 1268,0 км левого борта Волги), площадь участка 0,60 км<sup>2</sup>. Ширина реки в районе месторождения «Краснозаринское» 2 720 м, глубина 0,8–16,0 м. Грунт песчаный, местами илистый. Уровненный режим участка за период исследований колебался от 51,76 до 53,17 м. Скорость течения варьировала от 0,32 до 1,33 км/ч.

Месторождение «Свияжские острова» (участок № 2) расположено в правой части русла Волги, в интервале судового хода 1283,9–1285,9 км, в Верхнеуслонском муниципальном районе Республики Татарстан. Простирается узкой полосой вдоль о. Большой, ширина от 160 до 258 м, длина 3552 м. Выше по течению от исследованного участка находится г. Зеленодольск, напротив месторождения, на левом берегу – пгт Васильево. Средняя ширина участка водоема в районе месторождения строительного песка 8–9 км, глубина 1,0–19,5 м. Грунт песчаный, местами заиленные пески. Уровненный режим участка колебался от 51,49 до 53,09 м, скорость течения – от 0,36 до 1,22 км/ч.

На мелководьях залитой поймы имеются места нереста и нагула промысловых видов рыб. Примерно в 5 км находится нерестилище фитофильных видов рыб – Свяжский залив, входящий в состав Государственного природного заказника регионального значения комплексного профиля [5].

Месторождение «Бахчи-Сарай» (участок № 3) расположено в Верхнеуслонском муниципальном районе Республики Татарстан, в интервалах 1322,0–1323,2 км и 1325,0–1328,0 км судового хода. Выше по течению – пос. Верхний Услон, г. Казань. Напротив месторождения, на правом берегу Волги находятся поселки Нижний Услон, Ключищи и Матюшино. Средняя ширина Волги в районе месторождения «Бахчи-Сарай» 5581 м, глубина 1,5–20,6 м. Грунт песчаный. Уровненный режим участка за период исследований колебался от 51,59 до 53,06 м, скорость течения – от 0,43 до 1,37 км/ч.



**Рис. 1.** Картограмма расположения исследуемых в вегетационный период 2014–2015 гг. участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища.

Fig. 1. A map of location of the Kuybyshev Reservoir Volga Reach stretches under investigation during the 2014–2015 vegetation period.

При проведении исследований станции отбора проб намечали согласно гидрологическим особенностям участков и методическим рекомендациям (рис. 2) [6]. Станции закладывали как в пределах участков, так и в 500 м выше и ниже по течению в качестве фоновых.

Экспедиционные работы включали физико-химические исследования (измерения температуры воды, рН, содержания растворенного в воде кислорода, мутности воды) и исследование состояния зоопланктона. Для по-



**Рис. 2.** Картограмма сети станций на исследуемых участках Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014–2015 гг.  
**Fig. 2.** A map of the stations' network at the Kuybyshev Reservoir Volga Reach stretches under investigation during the 2014–2015 vegetation period

лучения физико-химических характеристик использовали океанологический зонд «YSI 6600V2». Пробы зоопланктона отбирали по стандартным гидробиологическим методикам при помощи сети Джеди методом тотального лова. Сбор и обработка гидробиологического материала осуществлялась по общепринятым методикам [7–10]. Всего было отобрано и обработано 311 проб. Организмы зоопланктона определяли с помощью микроскопа МБС-10 по определителям [11–19].

Зоны и коэффициенты сапробности видов представлены по спискам, приведенным в [20], с последующими добавлениями Сладечека [21, 22]. Для оценки видового разнообразия зоопланктона использовали показатель общего разнообразия Шеннона (H) [23]. Рассчитаны также индекс выравненности Пиелу (e), индикаторный вес вида (J) и сапробность (S).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В мае 2014 г. температура воды на участках отмечена в пределах 13–14 °С, в июле она существенно возростала до 21 °С при незначительном повышении вниз по течению (от 1-го к 3-му участку) как весной, так и летом. В начале сентября температура воды снижалась до 19 °С. В течение всего периода исследований отмечались практически равные температуры у поверхности и у дна. Существенных отличий температурного режима на участках плеса в 2015 г. не наблюдалось.

В вегетационный период рН воды на участках плеса зафиксирован щелочной – в пределах 8–9 при практически равных величинах у поверхности и в придонном слое, заметном увеличении в летний период, что связано с массовым развитием фитопланктона. Осенью на первых двух участках рН снижался до весенних показателей, в то время как на третьем участке рН неожиданно возрос до 9,5 – есть основания полагать, что это результат

поступления загрязненных промышленных стоков, а также обильного развития синезеленых водорослей.

На участках плеса установлен вполне благоприятный кислородный режим: содержание растворенного в толще воды кислорода в вегетационный период – в пределах 8–10 мг/дм<sup>3</sup> при отсутствии явной динамики по участкам и сезонам. Как и в случае с рН, осенью выделялся третий участок, где содержание кислорода было минимальным, что подтверждает факт его загрязнения.

Мутность воды существенно возрастала летом, что, по-видимому, также связано с массовым развитием фитопланктона. Минимальная величина отмечена осенью на втором участке, максимальная – на третьем.

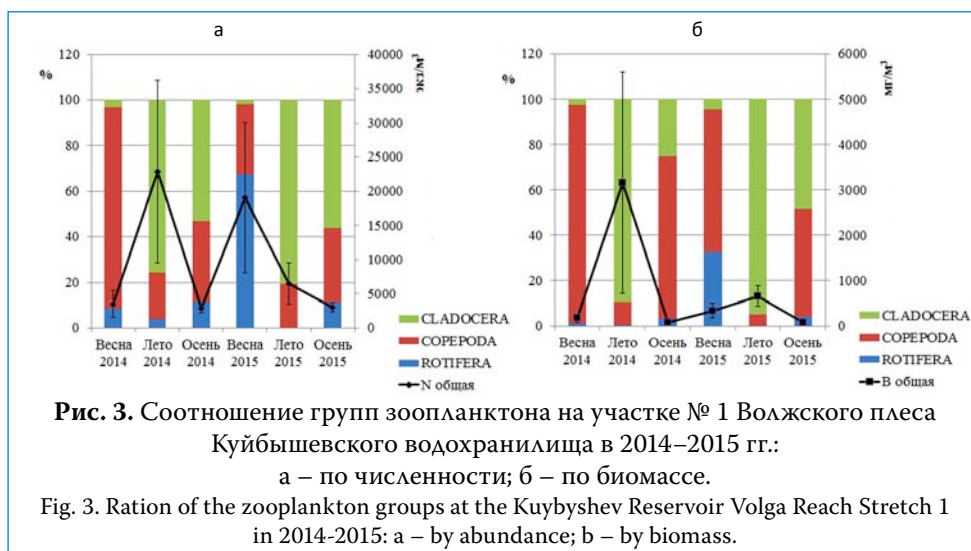
Сезонные изменения физико-химических показателей в воде Волжского плеса представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Физико-химические показатели воды в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014–2015 гг.  
Table 1. Physical/chemical indicators of water quality at the Kuibyshev Reservoir Volga Reach during the 2014–2015 vegetation period

Год	Сезон	pH <sub>пов.</sub>	pH <sub>дно</sub>	O <sub>2пов.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	O <sub>2дно</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	T, °C <sub>пов.</sub>	T, °C <sub>дно</sub>	Диапазон глубин, м	Мутность, NTU Пов.	Мутность, NTU Дно
2014	Весна	8,19± 0,09	8,21± 0,09	9,84± 0,11	9,89± 0,11	+13,9± 0,3	+13,6± 0,2	0,8-17,8	9,76±1,28	11,00±1,54
	Лето	8,66± 0,06	8,67± 0,05	8,93± 0,16	8,87± 0,14	+21,0± 0,2	+20,7± 0,1	1,5-20,1	11,95±2,16	13,16±1,02
	Осень	8,53± 0,21	8,75± 0,27	9,18± 0,44	9,29± 0,68	+19,4± 0,2	+19,5± 0,3	1,2-20,2	7,85±1,05	8,33±0,92
2015	Весна	7,73± 0,04	7,77± 0,05	8,91± 0,13	9,02± 0,06	+13,00± 0,02	+13,00± 0,02	1,0-18,9	14,14±1,10	14,45±1,16
	Лето	7,94± 0,05	7,91± 0,05	7,82± 0,13	7,95± 0,13	+20,9± 0,2	+20,8± 0,2	1,1-20,6	8,80±0,60	9,41±0,84
	Осень	8,28± 0,05	8,30± 0,04	8,71± 0,06	8,79± 0,08	+16,0± 0,1	+15,9± 0,1	1,5-19,8	10,23±0,64	10,57±0,77
Норматив		6,5–8,5		>6						

В 2014 и 2015 г. в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища специалисты ФГБУ «Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан» проводили исследования у г. Зеленодольска, г. Казани, пос. Верхний Услон, в р. Казанке (г. Казань) и р. Свяге (г. Буинск). Согласно государственным докладам [25, 26], на втором году исследований качество воды ухудшилось по таким загрязняющим веществам, как нефтепродукты, соединения тяжелых металлов, фенолы и пр.

В 2014–2015 гг. в районе исследуемых участков выявлено три группы планктонных организмов: коловратки (Rotifera), ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) рачки. На рис. 3 представлены показатели общей численности и биомассы зоопланктона на участке № 1.



В весенний и осенний периоды по биомассе преобладают веслоногие, в летний – ветвистоусые (рис. 3). Весной 2015 г. отмечен резкий скачок в численности и биомассе Rotifera по сравнению с другими сезонами. В составе рачкового зоопланктона весной и осенью доминировали веслоногие, летом происходило резкое увеличение биомассы ветвистоусых. Всего в районе участка № 1 отмечено 23 вида зоопланктонных организмов: 4 вида Rotifera, 6 Copepoda и 13 Cladocera. Наибольшее количество видов наблюдалось в летние периоды.

По сравнению с 2014 г., 2015 г. был беднее по составу организмов в пробах, что подтверждает индекс видового разнообразия (табл. 2). Летом наблюдается максимум в развитии зоопланктона: численность зоопланктона летом 2014 г. доходила до 95,3 тыс. экз/м<sup>3</sup>, биомасса летом 2015 г. – до 1,4 г/м<sup>3</sup>.

На рис. 4 представлены диаграммы общей численности и биомассы зоопланктона на участке № 2.

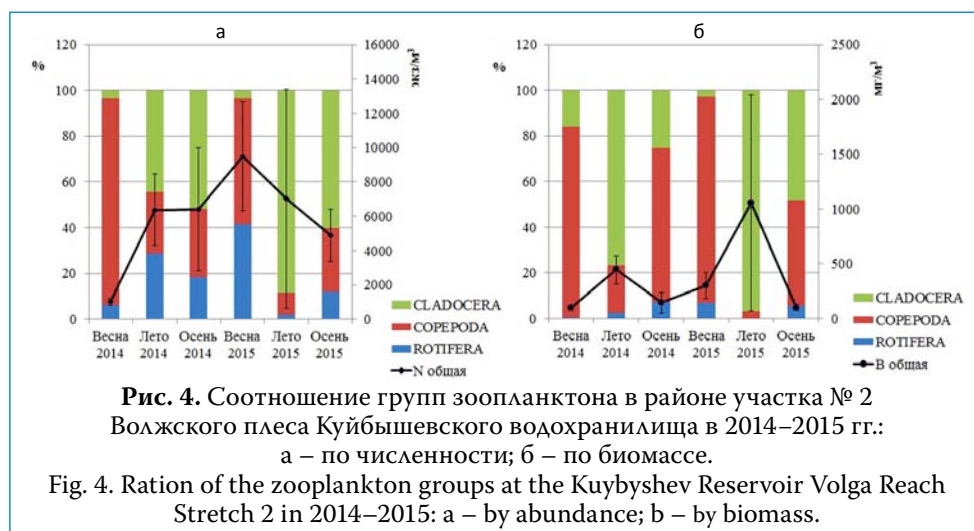
В весенний и осенний периоды 2014–2015 гг. по биомассе преобладают веслоногие, в летний – ветвистоусые (рис. 4). Летом 2014 и весной 2015 г. отмечен резкий скачок в численности Rotifera. В составе рачкового зоопланктона весной и осенью доминировали веслоногие, летом происходило резкое увеличение биомассы ветвистоусых. Всего в районе участка № 2 отмечено 25 видов зоопланктонных организмов: 6 Rotifera, 7 Copepoda и 12 Cladocera. Значения индексов видового разнообразия Шеннона и выравнимости Пиелу представлены в табл. 3. Летом отмечается максимум в развитии зоопланктона, биомасса которого в 2014 г. доходила до 1,0 г/м<sup>3</sup>, а численность в 2015 г. – до 33,9 тыс. экз/м<sup>3</sup>.

**Таблица 2.** Индексы видового разнообразия Шеннона и выравненности Пиелу на участке № 1 Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в 2014–2015 гг.

Table 2. Indices of Shannon (spices diversity) and Piely (uniformity) at the Kuybyshev Reservoir Volga Reach Stretch 1 in 2014–2015

Индекс		2014 г.			2015 г.		
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
$H_N$	Min	1,5	0,8	1,4	1,9	1,2	1,2
	Max	2,7	3,2	2,6	2,7	2,2	2,7
	Ср	2,3	2,4	2,0	2,2	1,5	2,1
$H_B$	Min	0,8	0,8	0,6	1,0	0,4	1,0
	Max	2,4	3,0	2,4	2,9	1,9	2,7
	Ср	1,8	1,9	1,5	2,1	0,9	1,9
$e_N$	Min	0,6	0,3	0,7	0,6	0,5	0,7
	Max	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0
	Ср	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	0,8
$e_B$	Min	0,3	0,3	0,6	0,4	0,2	0,5
	Max	0,7	0,8	1,0	0,9	0,7	0,9
	Ср	0,6	0,5	0,7	0,7	0,4	0,8
N	Min	733	4351	848	3016	590	1415
	Max	16189	95306	5422	92003	20884	5039
	Ср	3523±1940	22941±13352	2873±641	19072±10978	6492±3065	3030±637
B	Min	46,4	491,2	18,8	79,8	3,0	17,7
	Max	672,2	19156,2	173,2	1362,4	1428,7	186,5
	Ср	177,3±93,2	3152,6±2441,9	82,9±25,7	303,8±159,1	655,5±228,0	79,6±25,4

Примечание:  $H_N$  – индекс Шеннона по численности организмов;  $H_B$  – индекс Шеннона по биомассе организмов;  $e_N$  – выравненность сообщества по численности;  $e_B$  – выравненность сообщества по биомассе; N – численность, экз/м<sup>3</sup>; B – биомасса, мг/м<sup>3</sup>.

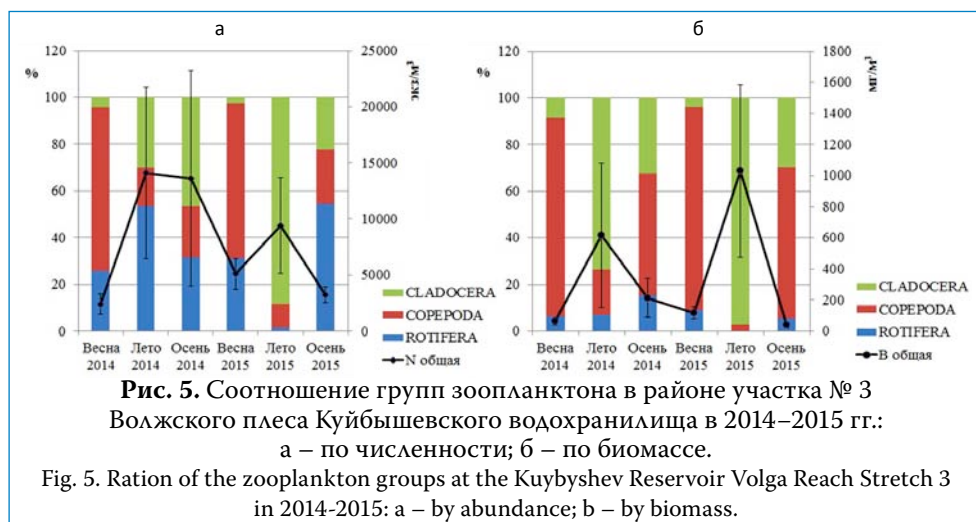


**Таблица 3.** Индексы видового разнообразия Шеннона и выравненности Пиелу на участке № 2 Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в 2014–2015 гг.

Table 3. Indices of Shannon (spices diversity) and Piely (uniformity) at the Kuybyshev Reservoir Volga Reach Stretch 2 in 2014–2015

Индекс		2014 г.			2015 г.		
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
$H_N$	Min	1,7	1,6	1,0	2,0	0,3	1,7
	Max	3,0	3,1	2,8	2,8	2,0	2,6
	Ср	2,4	2,5	2,0	2,3	1,4	2,1
$H_B$	Min	1,0	0,9	0,9	0,5	0,3	1,2
	Max	2,7	2,8	2,6	2,4	1,3	2,6
	Ср	1,8	1,9	1,9	1,7	0,8	2,0
$e_N$	Min	0,7	0,4	0,4	0,7	0,2	0,6
	Max	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
	Ср	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8
$e_B$	Min	0,3	0,3	0,6	0,3	0,2	0,5
	Max	0,7	0,9	0,9	0,8	0,5	0,8
	Ср	0,6	0,6	0,8	0,6	0,3	0,7
N	Min	502	1582	91	1190	717	1404
	Max	1868	16345	23720	23885	33911	11739
	Ср	1031±207	6374±2075	6404±3570	9488±3168	7023±6373	4878±1520
B	Min	34,0	126,5	0,6	49,4	143,8	35,0
	Max	237,1	999,0	767,5	1043,4	5136,9	226,3
	Ср	97,0±28,9	445,6±130,6	143,2±96,5	300,8±120,4	1057,6±986,0	100,7±30,2

Примечание:  $H_N$  – индекс Шеннона по численности организмов;  $H_B$  – индекс Шеннона по биомассе организмов;  $e_N$  – выравненность сообщества по численности;  $e_B$  – выравненность сообщества по биомассе; N – численность, экз/м<sup>3</sup>; B – биомасса, мг/м<sup>3</sup>.





Соотношение групп зоопланктона в районе участка № 3 Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в 2014–2015 гг. представлено на рис. 5. В весенний и осенний периоды 2014–2015 гг. по биомассе преобладают веслоногие, в летний – ветвистоусые (рис. 5). Летом 2014 г. отмечен резкий скачок в численности Rotifera, в составе рачкового зоопланктона весной и осенью доминировали веслоногие, а летом, как и на предыдущих двух участках, происходило резкое увеличение биомассы ветвистоусых. Всего в районе участка № 3 отмечено 27 видов зоопланктонных организмов: 7 Rotifera, 7 Copepoda и 13 Cladocera.

Значения индексов видового разнообразия Шеннона и выравненности Пиелу представлены в табл. 4. Летом зафиксирован максимум в развитии зоопланктона: до 4,5 г/м<sup>3</sup> в 2014 г. и 36,4 тыс. экз/м<sup>3</sup> в 2015 г.

**Таблица 4.** Индексы видового разнообразия Шеннона и выравненности Пиелу на участке № 3 Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в 2014–2015 гг.

Table 4. Indices of Shannon (spices diversity) and Piely (uniformity) at the Kuybyshev Reservoir Volga Reach Stretch 3 in 2014–2015

Индекс		2014 г.			2015 г.		
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
H <sub>N</sub>	Min	1,7	0,8	1,7	1,5	0,9	1,7
	Max	3,0	3,1	2,9	2,7	1,7	2,8
	Ср	2,5	2,2	2,4	2,2	1,4	2,3
H <sub>B</sub>	Min	1,4	0,4	1,1	0,2	0,2	1,2
	Max	2,8	2,8	2,5	2,6	2,0	2,7
	Ср	2,3	2,0	2,0	1,9	1,0	1,9
e <sub>N</sub>	Min	0,6	0,2	1,7	0,6	0,3	0,8
	Max	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0
	Ср	0,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,9
e <sub>B</sub>	Min	0,6	0,2	0,4	0,3	0,1	0,5
	Max	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0
	Ср	0,7	0,6	0,7	0,7	0,4	0,8
N	Min	1084	1198	1691	118	966	348
	Max	10203	58540	82714	11539	36388	6487
	Ср	2388±923	14073±7656	13595±9595	5092±1347	9397±4306	1753±697
B	Min	23,7	87,4	21,5	6,5	119,3	6,6
	Max	237,4	4699,7	1044,1	388,4	3975,9	144,0
	Ср	65,2±22,7	615,8±464,2	213,5±123,9	117,0±38,1	1031,4±554,8	38,9±17,0

*Примечание:* H<sub>N</sub> – индекс Шеннона по численности организмов; H<sub>B</sub> – индекс Шеннона по биомассе организмов; e<sub>N</sub> – выравненность сообщества по численности; e<sub>B</sub> – выравненность сообщества по биомассе; N – численность, экз/м<sup>3</sup>; B – биомасса, мг/м<sup>3</sup>.

Весной отмечались низкие величины численности и биомассы зоопланктона. Летом наблюдалось максимальное развитие всех трех групп зоо-

планктона, что определило относительно высокие величины численности и биомассы на участках плеса. Осенью выявлено существенное снижение численности зоопланктона на первом участке и незначительное на остальных двух. Соответственно изменялись и величины биомассы. Следует отметить, что соотношение численности и биомассы систематических групп зоопланктона существенно варьирует по участкам и в течение вегетационного периода, что связано с особенностями гидрологии участков и экологией представленных в планктоне видов.

Исходя из полученных значений рассчитанных индексов, зоопланктон Волжского плеса Куйбышевского водохранилища имеет довольно низкое видовое разнообразие с сильным доминированием конкретных видов организмов, что свидетельствует о неблагоприятных условиях для развития сообщества. Так, среднегодовой индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный относительно численности зоопланктона, варьировал от 1,7 до 2,4. Наиболее богатым по количественному разнообразию видов оказался участок № 3.

По данным [27–29], в начальный период формирования экосистемы Куйбышевского водохранилища отмечался рост значимости рачкового планктона. Установившееся соотношение сохранилось и сегодня. Число видов ракообразных всегда превышало число видов коловраток. Однако если раньше это соотношение было примерно 40:60 %, то в настоящее время составляет уже 20:80 %. В конце 1990-х годов, в период максимального развития зоопланктона, ракообразные обусловили 17,5 % численности и 86,5 % биомассы. В составе рачкового зоопланктона доминировали веслоногие рачки [30]. В настоящее время в летний период ракообразные составили примерно 80 % по численности и 98 % по биомассе с доминированием ветвистоусых по видовому составу. Сезонные изменения по биомассе зоопланктона в 2014–2015 гг. на изученных участках Волжского плеса Куйбышевского водохранилища выражаются в смене доминирующего комплекса видов – веслоногих рачков весной на виды ветвистоусых рачков летом и обратно к веслоногим рачкам осенью.

Комплекс доминирующих видов зоопланктона по численности включал *Brachionus calyciflorus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia cucullata*, *Cyclops vicinus*, *Cyclops strenuus*, *Synchaeta sp.* и *Bosmina longirostris*, которые регистрировали в составе зоопланктона уже в первые годы существования водохранилища. Также, по данным [31], доминирование этих видов было характерным в многоводные годы (1977, 1979 и 1980 гг.) для верхних участков Волжского отрога. Отчасти это может быть связано с высоким содержанием органических веществ и биогенов в воде.

На участках антропогенного воздействия в 1990-х годах отмечалось массовое развитие вида *Daphnia cucullata*, что согласуется с полученными

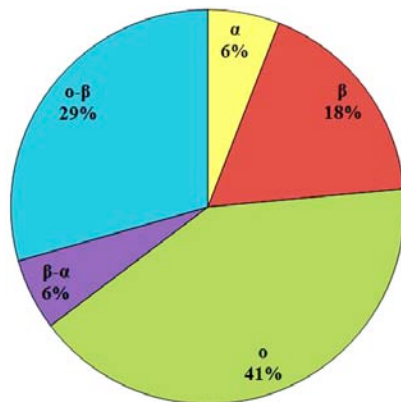
в рамках исследования данными [30]. В летний период 2014 г. максимум развития этого организма приходился на участок № 1, примыкающий к г. Зеленодольску, выше по течению которого располагается г. Волжск; летом 2015 г. – на участок № 3, находящийся ниже по течению г. Казани, поселков Верхний Услон, Нижний Услон, Ключищи.

На изученных участках отмечено не только преобладание старших возрастных групп копепод над науплиями, но и увеличение показателей их количественного развития. Резкое возрастание численности коловраток свидетельствует о значительном загрязнении вод [30]. Весной 2015 г. на участках № 1 и 2, летом 2014 г. на участках № 2 и 3 выявлено резкое повышение количества коловраток по сравнению с предыдущими сезонами исследований. Это, в свою очередь, не отразилось на видовом разнообразии Rotifera, которое по-прежнему оставалось довольно низким. Наиболее богатым по видовому разнообразию зоопланктонных организмов оказался участок № 3, а доминирующим по численности и биомассе организмов – участок № 1.

В соответствии с классификацией водных объектов по трофическому типу [32] в летний период 2015 г. все участки Волжского плеса относились к  $\alpha$ -мезотрофному типу. Летом 2014 г. участок № 1 соответствовал  $\beta$ -мезотрофному типу, участок № 3 летом и участок № 1 осенью 2015 г. –  $\beta$ -олиготрофному типу. В остальные периоды, плес характеризовался как  $\alpha$ -олиготрофный. На процесс эвтрофирования экосистемы в данные периоды указывает и резкое увеличение доли ветвистоусых и коловраток в общей численности и биомассе сообщества.

Присутствие определенных видов организмов и их количественное развитие в водоеме позволяет судить о качестве водной среды. Наиболее разработанной оценкой степени загрязненности вод по индикаторным организмам является система сапробности. В данном исследовании проведена оценка качества воды по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека. Зоопланктон представлен преимущественно широко распространенными формами,  $\alpha$ -сапробами и  $\beta$ -мезасапробами, на которых в сумме приходится свыше 60 % от общего числа организмов (рис. 6).

Индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека на участке № 1 в 2014 г. составил в среднем 2,1, что соответствует  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной зоне, в 2015 г. – 1,7, что соответствует  $\alpha$ - $\beta$ -мезосапробной зоне. С продвижением вниз по течению к участку № 2 индекс S немного вырос до 2,2 в 2014 г. и 1,8 в 2015 г., что соответствует тем же сапробным зонам. На участке № 3 индекс сапробности в 2014 г. составил 2,1, а в 2015 г. – 1,8. Таким образом, средневегетационные индексы сапробности за указанный период наблюдений позволяют отнести данные участки Волжского плеса Куйбышевского водохранилища к  $\beta$ -мезосапробной зоне, что соответствует III классу качества воды – «умеренно загрязненная вода».



**Рис. 6.** Распределение зоопланктона Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014–2015 гг. по сапробности.  
Fig. 6. Zooplankton distribution by saprobity at the Kuybyshev Reservoir Volga Reach during the 2014-2015 vegetation period.

Загрязнение и эвтрофирование водоемов и водотоков приводит к упрощению структуры сообществ гидробионтов, что находит свое отражение в снижении их разнообразия [33]. В 2014–2015 гг. в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища этот индекс равен 2,1 бит/экз., что характеризует его как мезотрофный [34].

### ВЫВОДЫ

В составе зоопланктона исследованных участков Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в вегетационный период 2014–2015 гг. отмечено 30 видов зоопланктонных организмов: 7 Rotifera, 7 Copepoda и 16 видов Cladocera. Наиболее богатым по видовому богатству оказался участок № 3, а преобладающим по численности и биомассе организмов – участок № 1.

По степени антропогенной нагрузки самым загрязненным участком является участок № 3, т. к. он расположен вниз по течению от крупных населенных пунктов – Казань, Верхний Услон, Нижний Услон, – предприятия которых сбрасывают сточные воды непосредственно в водохранилище.

Количественные показатели зоопланктона снизились в 2015 г. по сравнению с 2014 г.: объясняется это более теплым 2015 г. Кислородный режим 2014 г. также был лучше, чем в 2015 г. Мутность воды в 2014 г. была ниже, чем в 2015 г., качество воды во второй год исследований ухудшилось по сравнению с первым по ряду показателей, таких как ХПК, соединения меди, цинка, марганца, нефтепродукты.

Полученные значения индексов Шеннона и Пиелу позволили охарактеризовать экосистемы исследованных участков водохранилища как сообще-

ства монодоминантного типа с низким уровнем видового разнообразия, что указывает на неблагоприятные условия существования в данной части водоема. По сравнению с предыдущими сезонами исследований, тенденция к увеличению количества коловраток на фоне низкого видового богатства позволяет предположить ухудшение качества вод.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. 249 с.
2. Ускова С.С., Медянкина М.В., Соколова С.А. Влияние разработки месторождения нерудных строительных материалов «Бахчи-Сарай» на гидробионты Куйбышевского водохранилища // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2.
3. Монаков А.В. Куйбышевское водохранилище. Л.: Наука, 1983. 214 с.
4. Шмакова З.И., Ускова С.С., Кузьмина К.А. Оценка состояния кормовой базы рыб Камского плеса Куйбышевского водохранилища // Рыбное хозяйство. № 2. 2013. С. 84–89.
5. Постановление от 14 января 2005 г. № 1 «Об утверждении Положения о государственном природном заказнике регионального значения комплексного профиля «Свияжский». Утв. с изменениями от 25 декабря 2018 г.
6. Блинова Е.И., Вилкова О.Ю. и др. Научно-технические и методические документы. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 3. М.: ВНИРО, 2005. 135 с.
7. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов Л.: Наука, 1969. С. 658.
8. Пирогов В.В., Андрианов В.А., Андреев В.Ю. Влияние дноуглубительных работ на состоянии фауны моллюсков волго-каспийского канала / Сб. материалов науч. конф. Дноуглубительные работы и проблемы охраны рыбных запасов и окружающей среды рыбохозяйственных водоемов. Астрахань, 1984. С. 39–41.
9. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
10. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
11. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
12. Фауна СССР. Ракообразные. Т. I. Вып. 2 / под ред. Н. Н. Смирнова. Л.: Наука, 1971. 268 с.
13. Фауна СССР. Ракообразные. Т. III. Вып. 3 / под ред. М. В. Рылова. М – Л.: АН СССР. 1948. 318 с.
14. Смирнов Н.Н. Macrotrichidae и Moinidae фауны мира. Сер. Фауна СССР. Ракообразные. Т. I. Вып. 3. Л.: Наука, 1976. 238 с.
15. Рылов В.М. Cyclopidae фауны мира. Сер. Фауна СССР. Ракообразные. Т. III. Вып. 3. Л.: Наука, 1948. 319 с.

16. Рылов В.М. Определители организмов пресных вод СССР. Л., 1930. 288 с.
17. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 511 с.
18. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.1. / под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолыхина. М – СПб., 2010. 250 с.
19. Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Л.: Гидрометеоиздат, 1977, 510 с.
20. Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов / под ред. А. С. Сосниной. М., 1977. 277 с.
21. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // *Erebn. der Limnol.* 1973. Bd. 7. P. 1–218.
22. Sládeček V. Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 1986. Vol. 14. No. 5. P. 555–566.
23. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
24. Приказ от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
25. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2014 г. Казань, 2015. 531 с.
26. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2015 г. Казань, 2016. 505 с.
27. Курбангалиева Х.М. Конспекты лекций по гидробиологии. Казань, 1974. 69 с.
28. Курбангалиева Х.М., Зиганишина Р.К. Зоопланктон / Закономерности формирования фауны Куйбышевского водохранилища. Казань, 1977. С. 13–23.
29. Дзюбан Н.А., Дзюбан М.Н. Биологические продукционные процессы в бассейне Волги. Л.: Наука, 1976. 82 с.
30. Калайда М.Л. Продукционная характеристика водоемов Среднего Поволжья как базы пастбищной аквакультуры (на примере Республики Татарстан): автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Казань, 1998. 477 с.
31. Мелентьева Р.Р. Влияние антропогенного загрязнения на развитие зоопланктона верхней части Куйбышевского водохранилища. Казань, 1985. С. 10–24.
32. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
33. Алимов А.Ф. Закономерности изменений структурных и функциональных характеристик сообществ гидробионтов // *Гидробиологический журнал.* 1995. Т. 31(5). С. 3–11.
34. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических уровней: автореф дисс. ... д-ра биол. наук. Л., 1989. 39 с.

**Сведения об авторах:**

**Кузьмина Кристина Артемовна**, аспирант, научный сотрудник ФГБНУ «Все-российский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Россия, 107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17; e-mail: kris\_tea\_na@mail.ru

**Кузьмина Ирина Альбиновна**, канд. биол. наук, заместитель директора АНО СОШ «Содружество», Россия, 141702, Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Гранитная, 6; e-mail: df\_kia@mail.ru

**Кривина Елена Сергеевна**, аспирант, младший научный сотрудник, ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук», Россия, 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10; e-mail: pepelisa@yandex.ru

*Для цитирования:* Кузьмина К.А., Кузьмина И.А., Кривина Е.С. Оценка качества воды Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по состоянию зоопланктона // *Водное хозяйство России*. 2019. № 2. С. 90-106.

---

**THE KUYBYSHEV RESERVOIR VOLGA REACH WATER QUALITY ASSESSMENT BY THE ZOOPLANKTON STATUS**

**Kristina A. Kuzmina<sup>1</sup>, Irina A. Kuzmina<sup>2</sup>, Yelena S. Krivina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *FSBSI «All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography»*

<sup>2</sup> *ANO SOSH «Sodruzhestvo»*

<sup>3</sup> *Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences*

**Abstract:** The object of the study were three different in their hydrological characteristics, as well as the degree of anthropogenic load on them (in the form of sewage from the adjacent territory), the area of the water area of the Volga reaches of the Kuibyshev Reservoir, where there are deposits of nonmetallic building materials. Studies were conducted during the vegetation period 2014-2015. They included physical/chemical studies and studies of the state of zooplankton. Total 311 samples of zooplankton were collected and processed. During the study, 30 species of zooplankton organisms were recorded: 7 species of Rotifera, 7 species of Copepoda and 16 species of Cladocera.

The richest in terms of the quantitative diversity of species was No. 3 site. Prevalent in terms of number and biomass of organisms – site number 1.

Quantitative indicators of zooplankton were observed in 2015 compared to 2014. This is explained by the fact that 2014 was warmer than 2015. The oxygen regime of 2014 was also better than that of 2015. The turbidity of water in 2014 was below the turbidity of water in 2015, the quality of water in the second year of research deteriorated compared to the first in a number of indicators, such as COD, compounds copper, zinc, manganese, oil products.

The mid-vegetation indexes of saprobity for the indicated observation period make it possible to attribute these sections of the Volga reach of the Kuibyshev reservoir to the  $\beta$ -mesosaprobic zone, which corresponds to the third class of water quality - moderately polluted water.

Proceeding from the obtained values of the Shannon and Pielu indices, the zooplankton of the studied sections of the Volga reaches of the Kuibyshev reservoir has a rather low species richness with a rigid type of dominance, which characterizes it as mesotrophic.

The ratio of groups of organisms and the dominance of individual species indicates a deterioration in water quality over a two-year period of research, which is confirmed by the research conducted by the Federal State Unitary Enterprise «UGMS RT».

**Keywords:** zooplankton; water quality; The Volga reaches; Kuibyshev reservoir; species diversity, quantitative diversity, biomass, abundance.

**About the authors:**

Kristina A. Kuzmina, graduate student, Research Fellow of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, 107140, Moscow, ul. Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17. E-mail: kris\_tea\_na@mail.ru

Irina A. Kuzmina, Candidate of Biological Sciences, teacher of biology, Deputy Director for educational work, ANO SOSH "Sodruzhestvo", 141702, Moscow Region, Dolgoprudnyi, ul. Granitnaya, 6. E-mail: df\_kia@mail.ru

Yelena S. Krivina, graduate student, Junior Researcher, Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, 445003, Russia, Samara Region, Togliatti, ul. Komzin, 10. E-mail: pepelisa@yandex.ru

**For citation:** Kuzmina K. A., Kuzmina I. A., Krivina Y. S. *The Kuybyshev reservoir Volga reach water quality assessment by the zooplankton status // Water Sector of Russia. 2019. № 2. P. 90-106.*

**REFERENCES**

1. Rozenberg G.S., Krasnoshchekov G.P. Volzhskity basseyn: ekologicheskaya situatsiya i puti ratsionalnogo prirodopolzovaniya. [The Volga basin: the ecological situation and ways of rational nature use]. Togliatti: EVB RAN 1996, 249 p.
2. Uskova S.S., Medyankina M.V., Sokolova S.A. Vliyaniye razrabotki mestorozhdeniya nerudnykh stroitelnykh materialov "Bakhchi-Saray" na gidrobionty Kuybyshevskogo vodokhranilishcha // [Influence of the development of the deposit of nonmetallic building materials "Bakhchy-Sarai" on the hydrobionts of the Kuibyshev Reservoir] *Sovremenniyе problemi nauki i obrazovaniya*. 2013. № 2.
3. Monakov A.V. Kuybyshevskoye vodokhranilishche. [Kuybyshev Reservoir] L.: Nauka, 1983., 214 p.
4. Shmakova Z.I., Uskova S.S., Kuzmina K.A. Otsenka sostoyaniya kormovoy bazy ryb Kamskogo plesa Kuybyshevskogo vodokhranilishcha [Assessment of the condition of the fish food base of the Kuybyshev Reservoir Kama Reach]. *Fisheries №2*. 2013. C. 84–89.
5. Resolution of the Cabinet of Ministers of RT of 14.01.05.
6. Blinova E.I., Vilkoval O.U. Scientific and technical and methodical documents. Study of ecosystems of fishery water reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, technology and technology of their extraction and processing. Issue 3. Moscow, Publishing House VNIRO, 2005. 135 p.
7. Kiselev I.A. Plankton of the seas and continental reservoirs / *Science – 1969*. 658 p.
8. Pirogov V.V., Andrianov V.A., Andreev V.U. Influence of dredging on the state of the fauna of mollusks of the Volga-Caspian channel // *Dredging and problems of protection of fish stocks and the environment of fishery reservoirs*. Sat. materials of the scientific conference, Astrakhan, 1984. P. 39-41.
9. Methods of studying biogeocenoses of inland water bodies. M., 1975. 240 p.
10. Abakumov V.A. Guidance on methods for the hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments. Moscow, 1982. 240 p.
11. Kutikova L.A. Rotifers of the USSR fauna./L.A. Kutikova. L.: Science, 1970. 744 p.
12. Fauna of the USSR. Crustaceans. Volume I vol. 2.// Under red.Smirnova NN / L.: Science. 1971. 268 p.
13. Fauna of the USSR. Crustaceans. Volume III vol. 3.// Pod red.Rylova MV / M., L.: Academy of Sciences of the USSR. 1948. 318 p.



14. *Smirnov N.N.* Macrotrichidae and Moinidae fauna of the world. In the series: Fauna of the USSR. Crustaceans. T. 1. Issue 3 / N.N. Smirnov. – L.: Science, 1976. – 238 p.
15. *Rylov V.M.* Cyclopidae fauna of the world. In the series: Fauna of the USSR. Crustaceans. T.III. Vol.3. Rylov. – L.: Science, 1948. – 319 p.
16. *Rylov V.M.* Determinants of organisms of fresh water in the USSR/V.M. Rylov. – L.: 1930. – 288 p.
17. The determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos) / under. Kutikova LA, StarobogatovaYa.I. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 511 p.
18. The determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh water in European Russia. T. 1. Zooplankton / sub.red.Alekseeva VR, TsalolikhinaS.Ya. Moscow - St. Petersburg, 2010. 250 p.
19. *Kutikova L.A., Starobogatov U.I.* Key to freshwater invertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos) L.: Gidrometeoizdat, 1977. 510 p.
20. Unified methods for the study of water quality. Atlas of saprobic organisms / ed. A. S. Sosnina. M., 1977. 277 p.
21. *Sládeček V.* System of water quality from the biological point of view // *Ereb. derLimnol.* 1973. Bd. 7. P. 1–218.
22. *Sládeček V.* Diatoms as indicators of organic pollution // *ActaHydrochim. Hydrobiol.* 1986. V. 14, No. 5. P. 555–566.
23. *Odum U.* Fundamentals of Ecology / Yu.Odum. - Moscow: "The World", 1975. 740 p.
24. Order of December 13, 2016 N 552 "On the approval of water quality standards for water bodies of fishery value, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance"
25. State report on the state of natural resources and on the protection of the environment of the Republic of Tatarstan in 2014. Kazan, 2015. 531 p.
26. State report on the state of natural resources and on the protection of the environment of the Republic of Tatarstan in 2015. Kazan, 2016. 505 p.
27. *Kurbangaliyeva Kh. M.* Abstracts of lectures on hydrobiology. Kazan, 1974. 69 p.
28. *Kurbangaliyeva Kh. M., Ziganshina R.K.* Zooplankton // Regularities in the formation of the fauna of the Kuibyshev Reservoir – Kazan, 1977. – P. 13–23.
29. *Dzyuban N.A, Dzyuban M.N.* Biological production processes in the Volga basin. L.: Science, 1976. 82 p.
30. *Kalaida M.L.* Productive characteristics of the reservoirs of the Middle Volga region as a base for pasture aquaculture (on the example of the Republic of Tatarstan). Thesis for the degree of Doctor of Biological Sciences. Kazan, 1998. 477 p.
31. *Melentieva R.R.* Influence of anthropogenic pollution on the development of zooplankton in the upper part of the Kuibyshev Reservoir. Kazan, 1985. P. 10–24.
32. *Kitaev S.P.* Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones. Moscow: Nauka, 1984. 207 p.
33. *Alimov A.F.* Regularities of changes in the structural and functional characteristics of communities of hydrobionts // *Hydrobiological Journal.* 1995. Vol. 31, 5. P. 3–11.
34. *Andronikova I.N.* Structurally functional organization of zooplankton of lake ecosystems of different trophic levels. Autorefdiss ... db.n. L., 1989. 39 p.