

УДК 556.551

ВИДЫ-ВСЕЛЕНЦЫ В ПЛАНКТОННОМ СООБЩЕСТВЕ ВОЛГО-ДОНСКОГО СУДОХОДНОГО КАНАЛА

© 2025 г. Н. Г. Тарасова^a, О. В. Мухортова^{a, *}, С. В. Быкова^b, А. С. Семенова^{a, c},
Я. В. Стройнов^a, И. С. Микрякова^a

^aИнститут биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

^bСамарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, Самара, Россия

^cАтлантический филиал государственного научного центра Российской Федерации

Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Калининград, Россия

*e-mail: muhortova-o@mail.ru

Поступила в редакцию 18.04.2024 г.

После доработки 02.07.2024 г.

Принята к публикации 20.07.2024 г.

В августе 2023 г. проведено исследование планктонного сообщества в шлюзовых камерах Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина и водных объектах прилегающих территорий (р. Волга у г. Волгограда, между шлюзами, Цимлянское водохранилище у г. Калач-на-Дону). Во всех компонентах сообщества (фито-, прото- и метазоопланктон) были зарегистрированы чужеродные виды из различных биogeографических комплексов. В составе фитопланктона – *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge, 1928 из понто-каспийского комплекса. В составе инфузорий – морской вид *Leprotintinnus pellucides* (Cleve, 1899). В составе зоопланктона обнаружены девять видов из различных биogeографических комплексов: *Heterocope caspia* Sars G.O., 1897, *Eurytemora caspica* Sukhikh & Alekseev, 2013, *Cercopagis (Cercopagis) pengoi* (Ostroudov, 1891) из понто-каспийского; *Cornigerius maeoticus maeoticus* (Pengo, 1879) из понто-азовского; *Calanipeda aquaedulcis* Krichagin, 1873 из средиземноморского; *Thermocyclops taihokuensis* Harada, 1931 из восточно-азиатского; *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1893) из американского и *Moina cf. micrura* Kurz, 1875 с неопределенным статусом. Установлено, что, несмотря на интенсивное перемешивание воды в шлюзовых камерах, чужеродные виды активно размножались и входили в ранг доминирующих. Доля мертвых особей копепод в шлюзовых камерах была ниже, чем у клаудоцер. Однако численность и скорость воспроизведения последних настолько велика, что даже при высокой смертности они входили в состав доминирующего комплекса видов, при этом часть особей зоопланктеров – вселенцев находилась в активном репродуктивном состоянии. Значимыми абиотическими факторами развития вселенцев в ВДСК были электропроводность (для *Heterocope caspia*, *Moina cf. micrura* и *Acanthocyclops americanus*) и температура (для *Skeletonema subsalsum*). Для ракообразных, потребляющих детрит, бактерии, водоросли, инфузории и других зоопланктеров, отмечены достоверные корреляционные связи с перечисленными пищевыми ресурсами.

Ключевые слова: чужеродные виды, фитопланктон, инфузории, метазоопланктон, численность, биомасса, Волго-Донской судоходный канал, шлюзовая камера

DOI: 10.31857/S0320965225010075, **EDN:** CFLKDP

ВВЕДЕНИЕ

Антропогенные изменения окружающей среды, включающие активное использование наземных и морских ресурсов, загрязнение окружающей среды, а также потепление климата приводят к повышению риска биологических инвазий и, следовательно, к росту угроз для

Сокращения: ВДСК – Волго-Донской судоходный канал.

биоразнообразия.¹ Гидростроительство, водный транспорт, аквакультура, преднамеренная интродукция способствуют расселению водных организмов за пределы их исторических ареалов (Мордухай-Болтовской, Дзюбан, 1976; Николаев,

¹ Конференция сторон конвенции о биологическом разнообразии (КС 15). 07.12–19.12.2022. 21 пункт повестки дня (Монреаль, Канада) // <https://www.unep.org/ru/konferenciya-oon-po-bioraznoobraziyu-ks-15>.

1979; Биологические..., 2004; Корнева, 2015; Лазарева, 2022а, 2022б). Начало активного расселения гидробионтов относят ко второй половине XX в., его усиление связывают с гидростроительством и отчасти с потеплением климата, которое в России зарегистрировано с 1976 г. (Лазарева, 2022а). На распространение живых организмов оказывают влияние такие естественные процессы, как миграции животных, перемещение вселенцев с воздушными и водными потоками (Корнева, 2015). Выявлено наиболее активное расселение морских и солоновато-водных видов в пресные водоемы (Николаев, 1979; Mills et al., 1993; Корнева, 2015). Это может быть связано с их высокой экологической пластичностью, которая выработалась в ходе многовекового процесса формирования флор и фаун в водоемах, претерпевших чередование периодов опреснения и осолонения (Журавель, 1974).

Выделяют два основных направления расселения представителей водной фауны и флоры Голарктики – с севера на юг (Приймаченко, 1959; Дзюбан, 1962) и с юга на север (Mordukhai-Boltovskoi, 1979). Большая роль в распространении видов принадлежит речным системам, особенно крупным. Наибольшую активность расселения наблюдают в средних широтах между 30° и 60° с.ш. по рекам, текущим в меридиональном направлении (Николаев, 1979).

В волжских водохранилищах в последние десятилетия отмечено повышение температуры и минерализации воды (Цельмович, Отюкова, 2018). Это способствует успешной натурализации южных солоновато-водных организмов из различных систематических групп (Биологические..., 2004; Occhipinti-Ambrogi, 2007). Одним из наиболее вероятных путей проникновения и натурализации инвазийных видов гидробионтов

в новых местах обитания является система судоходных каналов, соединяющих крупные речные и морские экосистемы (Биологические..., 2004).

Цель работы – изучить состав и особенности развития вселенцев (фито-,proto- и метазоопланктон) в условиях частого наполнения и сработки шлюзовых камер Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина (ВДСК) и прилегающих к нему акваторий рек Волги и Дона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1952 г. ВДСК ввели в эксплуатацию, что позволило замкнуть в единую транспортную систему пять морей европейской части России (Вязовиков, 1956) (рис. 1). Его основное назначение – судоходство и частичное водоснабжение прилегающих территорий (Соболев, 1956; Оксюк, 1973). Длина канала составляет 101 км, при этом 56 км приходится на искусственное русло. Работы по строительству канала были начаты со стороны р. Волги у Сарептского затона вблизи г. Красноармейска. В зависимости от характера и рельефа местности ВДСК делят на Волжский склон (шлюзы 1–9), по которому суда поднимаются к водоразделу, и Донской склон (шлюзы 10–13), по которым суда спускаются к Цимлянскому водохранилищу. Канал проходит по пойме р. Сарпа и подпитывается грунтовыми водами. Варваровское водохранилище, расположенное на канале, проходит по сильно заболоченным долинам рек Червлена и Кужерта (Вязовиков, 1956; Соболев, 1956). Канал снабжается водой из верховьев Цимлянского водохранилища за счет работы трех насосных станций. Воду подают в зону водораздела, оттуда она самотеком поступает в Волжскую шлюзовую лестницу. Вода из р. Волги поступает только в восточную часть канала, в

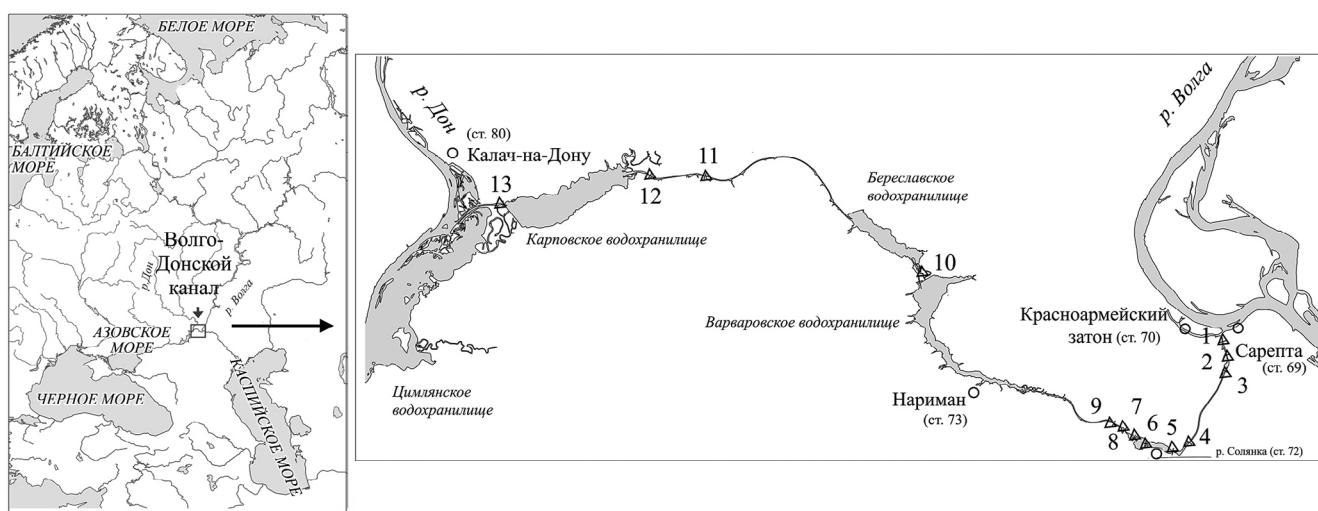


Рис. 1. Карта-схема района исследования и станций отбора проб. Δ – шлюз, о – станции.

первые три шлюза (Соболев, 1956; Оксюк, 1973; Цимлянское..., 2011).

В работе использованы данные, полученные в августе 2023 г. в комплексной экспедиции Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, проходившей по маршруту “р. Волга от пос. Борок до г. Красноармейска, ВДСК и р. Дон от г. Калач до г. Волгодонска”. Изучение планктона проводили на незарегулированном участке р. Волги ниже г. Волгограда (ст. 69 против пос. Сарепта и ст. 70 в Красноармейском затоне), в 13 шлюзовых камерах ВДСК (ст. 1–13), на водораздельном участке (ст. 72 р. Солянка и ст. 73 у пос. Нариман в Варваровском водохранилище) и в Верхнем плесе Цимлянского водохранилища (ст. 80 у г. Калач-на-Дону) (рис. 1).

Абиотические параметры: электропроводность (S , мкСм/см), концентрацию растворенного в воде кислорода (O_2 , мг/л), pH, мутность (NTU , нефелометрическая единица мутности или NEM) и температуру (T , °C) измеряли ручным зондом Aqua TROLL 500, прозрачность (W_t , см) – диком Секки. Гидробиологические пробы отбирали мерным цилиндром объемом 10 л.

Для учета бактериопланктона пробы фиксировали 37%-ным формалином до конечной концентрации 2% и хранили до анализа в темноте при температуре 4°C. Подсчет клеток микробиорганизмов, их дифференциацию на размерно-морфологические группы проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома ДАФИ и окрашенных судановым черным ядерных фильтров с диаметром пор 0.17 мкм (Porter, Feig, 1980).

Для анализа фитопланктона 0.5 л воды последовательно фильтровали вакуумным насосом через мембранные фильтры с диаметром пор 5 и 0.8 мкм, затем добавляли 5 мл фильтрата и фиксировали раствором Люголя с добавлением формалина и ледяной уксусной кислоты. Подсчет клеток водорослей проводили в камере Учинская-2, объемом 0.01 мл, при увеличении в 600 раз (Методика..., 1975).

Для количественного учета инфузорий 0.25 л воды самотеком пропускали через мембранные фильтры, с диаметром пор 8 мкм, после чего фиксировали раствором сулемы (Bereczky, 1985). Камеральную обработку материала проводили с использованием микроскопа Leica DM 5500 B.

Пробы зоопланктона собраны мерным цилиндром с последующей фильтрацией через сеть Апштейна с диаметром входного отверстия 12 см и ситом с диагональю ячей 105 мкм. Пробы фиксировали 40%-ным формалином до конечной концентрации в пробе 4% и просматривали в лаборатории под стереомикроскопом MC-5 ZOOM LED и микроскопом Биомед-6 вар. 2 LED с бинокулярной визуальной насадкой (ToupCam). Соотношение живых и мертвых особей зоопланктеров

определяли после окрашивания красителем анилиновым голубым с последующей промывкой и фиксацией формалином с сахарозой (Семенова, 2010). Относительную смертность рассчитывали как долю численности (биомассы) мертвых особей в общей численности (биомассе) зоопланктона (Tang et al., 2014). К доминантным относили виды с обилием >10% численности (N) или биомассы (B) таксономической группы (водорослей, инфузорий или ракообразных).

Описательные статистики (среднее арифметическое и его ошибку) оценивали в программе Excel (Microsoft Office 2021). Корреляционный анализ связей между численностью видов-вселенцев, абиотическими и биотическими параметрами выполняли с использованием коэффициента корреляции Спирмена (при уровне значимости $p \leq 0.05$) в программе STATISTICA v. 12.5 для Windows (StatSoft Russia).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максимальные значения электропроводности регистрировали на Волжском склоне ВДСК, они были выше таковых в реках Волге и Доне в 1.6–1.7 раза (табл. 1). Насыщение кислородом водной толщи на всех участках ВДСК было высоким (от 71 до 115%), в среднем 93.6%. По показателю pH среди воды на протяжении всего канала была слабощелочной. Максимальные значения pH зарегистрированы в р. Доне. Мутность воды в разных шлюзах изменялась в широких пределах, максимум отмечали в р. Доне. Температура воды на всех участках ВДСК превышала 23°C. Наибольшую прозрачность воды наблюдали в р. Волге, минимальную – в р. Доне, где она была в два раза ниже. Максимальную глубину отмечали в р. Сарепта (11 м), минимальную – в Красноармейском затоне (3 м), глубины шлюзов были ~4 м в соответствии с проектной документацией (Вязовиков, 1956; Волго-Дон, 1957). В канале между шлюзами уровень воды и скорость течения зависят от работы шлюзовых камер: амплитуда колебания уровня достигает 1 м, скорость течения воды 4 км/ч.

В составе планктона шлюзов ВДСК и прилегающих участков рек Волги и Дона зарегистрировано 11 чужеродных видов (табл. 2). Их частота встречаемости изменялась от 6 до 100%. Единично встречены *Cercopagis (Cercopagis) pengoi* (Ostroumov, 1891) и *Cornigerius maeoticus* (Pengo, 1879). Диатомея *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge, 1928 присутствовала во всех пробах. Всего лишь три вида ракообразных имели частоту встречаемости >50%. Виды-вселенцы на отдельных участках входили в ранг доминирующих в различных компонентах планктонного сообщества (табл. 2).

В фитопланктоне ВДСК выявлен один инвазийный эвригалинний вид водорослей –

Таблица 1. Физико-химическая характеристика воды ВДСК и прилегающих участков рек Волги и Дона

Участок	<i>S</i>	O_2	pH	NTU	<i>T</i>	<i>Wt</i>	<i>h</i>
р. Волга	898 ± 502	7.93 ± 1.24	9.04 ± 0.07	7.41 ± 5.90	25.71 ± 1.31	160 ± 80	7.01 ± 5.61
ВС	1392 ± 25	8.16 ± 0.12	9.01 ± 0.06	14.80 ± 5.10	24.10 ± 0.29	142 ± 11	4.01^*
Водораздел	1372	7.30	9.03	5.40	23.61	155	4.01
ДС	986 ± 107	7.16 ± 0.48	8.85 ± 0.12	15.11 ± 8.10	23.52 ± 0.12	143 ± 39	4.01^*
р. Дон	811	7.31	9.19	26.71	23.50	80	7.02

Примечание. ВС – Волжский склон; ДС – Донской склон; *S* – электропроводность, мкСм/см; O_2 – концентрация растворенного в воде кислорода, мг/л; NTU – мутность, НЕМ; *T* – температура, °C; *Wt* – прозрачность воды, см; *h* – глубина, м; приведены средние значения \pm стандартная ошибка; * – в соответствии с проектной документацией (Вязовиков, 1956).

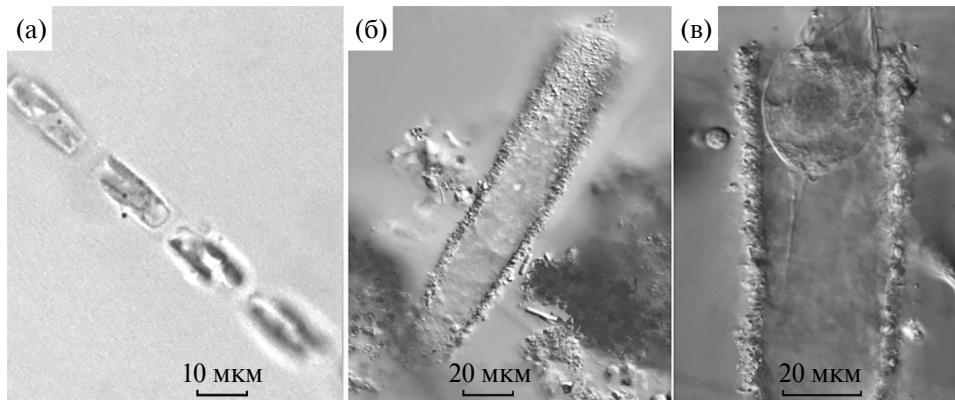


Рис. 2. Виды-вселенцы *Skeletonema subsalsum* (Bacillariophyta: Centrophyceae) (а) и *Leprotintinnus pellucides* (Ciliophora: Tintinnidiidae) (б, в) в ВДСК.

Skeletonema subsalsum (Bacillariophyta: Centrophyceae) (рис. 2а). Его массовое развитие наблюдалось в условиях повышенных минерализации и температуры воды, начиная с Красноармейского затона до третьего шлюза Волжского склона включительно, где вид был абсолютным доминантом по численности и биомассе. Он формировал до 66% общей численности водорослей во второй шлюзовой камере. Максимальная доля вида в формировании общей биомассы отмечена в Красноармейском затоне (табл. 2).

В составе микрозоопланктона ВДСК обнаружен *Leprotintinnus pellucides* (Cleve, 1899) (Ciliophora: Tintinnidiidae) (рис. 2б). Максимальные значения численности (рис. 3а) и биомассы (рис. 3г) данного вида, а также наибольший его вклад (табл. 2) в общие количественные показатели инфузорий зарегистрированы в первых двух шлюзах и Красноармейском затоне. Его доля в общей численности и биомассе инфузорий достигала, соответственно, 41 и 23% в шлюзе № 2 соответственно. Отмечено снижение численности и биомассы вселенцев водорослей и инфузорий по направлению от р. Волги к р. Дону (рис. 3).

Среди Crustacea в шлюзах найдено девять вселенцев (рис. 4, 5) из различных фаунистических комплексов: понто-каспийского (*Heteropece caspia* Sars G.O., 1897, *Eurytemora caspiaca* Sukhikh & Alekseev, 2013 (Copepoda: Calanoida),

Cercopagis (Cercopagis) pengoi (Crustacea: Cercopagidae)); понто-азовского (*Cornigerius maeoticus* и *Podonevadne trigona ovum* (Zernov, 1901) (Crustacea: Podonidae); средиземноморского (*Calanipeda aquaedulcis*, Kritschagin, 1873) (Copepoda: Calanoida); восточно-азиатского (*Thermocyclops taihokuensis* Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) и американского (*Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1892) (Copepoda: Cyclopoida)). Обнаружена кладоцера *Moina cf. micrura* Kurz, 1875 (Crustacea: Moinidae), с неопределенным статусом вселения (Kotov et al., 2022), вид широко распространен в реках Волге и Доне (Лазарева, 2019; Лазарева, Сабитова, 2021) (табл. 2, рис. 4б).

В состав доминантов метазоопланктона из девяти вселенцев на 6–8 различных станциях ВДСК входили шесть видов ракообразных. Доля *Thermocyclops taihokuensis* варьировала от 0.04% общей численности в шлюзе № 3, до 38% в шлюзе № 12, биомасса вида была максимальной в шлюзе № 12 и достигала 44% общей биомассы ракообразных (рис. 3в, е). Он входил в число доминантов на станциях 72 и 80, а также в шлюзах № 11–13 донского склона канала. Вклад *Acanthocyclops americanus* в численность метазоопланктона изменялся от 0.03% в шлюзовых камерах № 6 и № 13 до 14% в шлюзовой камере № 9. Однако в ранг доминирующих по биомассе видов он не входил: его биомасса была максимальной в

Таблица 2. Вклад (%) видов-вселенцев в формирование общей численности и биомассы компонентов планктонного сообщества ВДСК

Таксон	Станции отбора проб																	
	ст. 69	ст. 70	1	2	3	4	5	ст. 72	6	7	8	9	ст. 73	10	11	12	13	ст. 80
Bacillariophyta:																		
Centrophyceae																		
<i>Skeletonema subsalsum</i>	0.05 0.22	52.26 70.85	41.91 53.57	65.90 66.22	31.53 61.24	11.00 17.18	1.73 14.14	1.03 2.18	2.70 2.86	2.59 6.36	0.70 2.15	1.02 1.10	0.35 1.00	2.48 5.07	3.36 7.78	1.91 3.54	0.02 0.21	0.32 1.24
Ciliophora: Tintinnidae																		
<i>Leprotininnus pellucides</i>	-	32.31 14.50	28.47 7.97	41.38 23.23	-	0.18 0.11	-	10.34 8.21	9.38 10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	
Crustacea: Cladocera																		
<i>Cercopagis pengoi</i>	-	-	-	-	-	0.07 0.76	-	-	-	-	-	-	-	0.05 0.08	-	-	-	
<i>Cornigerius maeoticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Moina cf. micrura</i>	-	0.07 0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	7.60 8.50	-	8.22 3.14	17.34 11.90	11.79 11.02	7.19 2.66		
<i>Podonevadne trigona ovum</i>	-	-	-	-	-	4.73 1.67	1.65 0.81	1.70 0.17	9.10 1.89	-	11.97 3.41	6.52 2.71	-	0.24 0.37	-	-	-	
Crustacea: Copepoda																		
<i>Acanthocyclops americanus</i>	0.37 0.17	0.29 0.89	0.05 0.19	-	-	0.07 0.10	0.03 0.00	-	-	14.39 5.05	-	0.17 0.60	0.061 0.10	0.30 0.85	0.03 0.13	0.35 0.57		
<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	0.08 0.02	1.96 2.36	0.05 0.08	-	0.04 0.00	0.07 0.03	1.71 0.69	28.74 16.87	4.51 0.44	0.13 0.22	8.63 1.20	-	3.40 4.74	26.90 17.36	37.59 43.55	20.69 32.62	23.30 14.56	
<i>Calanipeda aquaedulcis</i>	0.16 0.68	0.07 1.96	0.24 2.33	6.73 52.01	2.89 6.96	-	-	4.11 53.43	3.16 6.83	-	4.84 20.32	0.29 0.90	0.07 0.25	3.51 50.14	0.07 1.85	-	0.07 1.00	
<i>Eurytemora capsica</i>	-	-	0.27 1.87	-	-	3.78 6.62	1.71 33.38	-	0.68 0.32	0.13 0.05	0.24 0.22	1.75 1.18	-	0.07 0.46	-	-	-	
<i>Heterope caspia</i>	-	-	-	-	5.89 5.32	2.1 0.98	4.26 0.40	0.11 0.17	1.69 0.43	0.04 0.19	0.15 0.05	-	0.05 0.05	-	-	-	-	

ТАРАСОВА и др.

Примечание. Над чертой – % общей численности групп (волюости, инфузории или ракообразные), под чертой – % общей биомассы группы, “–” – вид отсутствует.

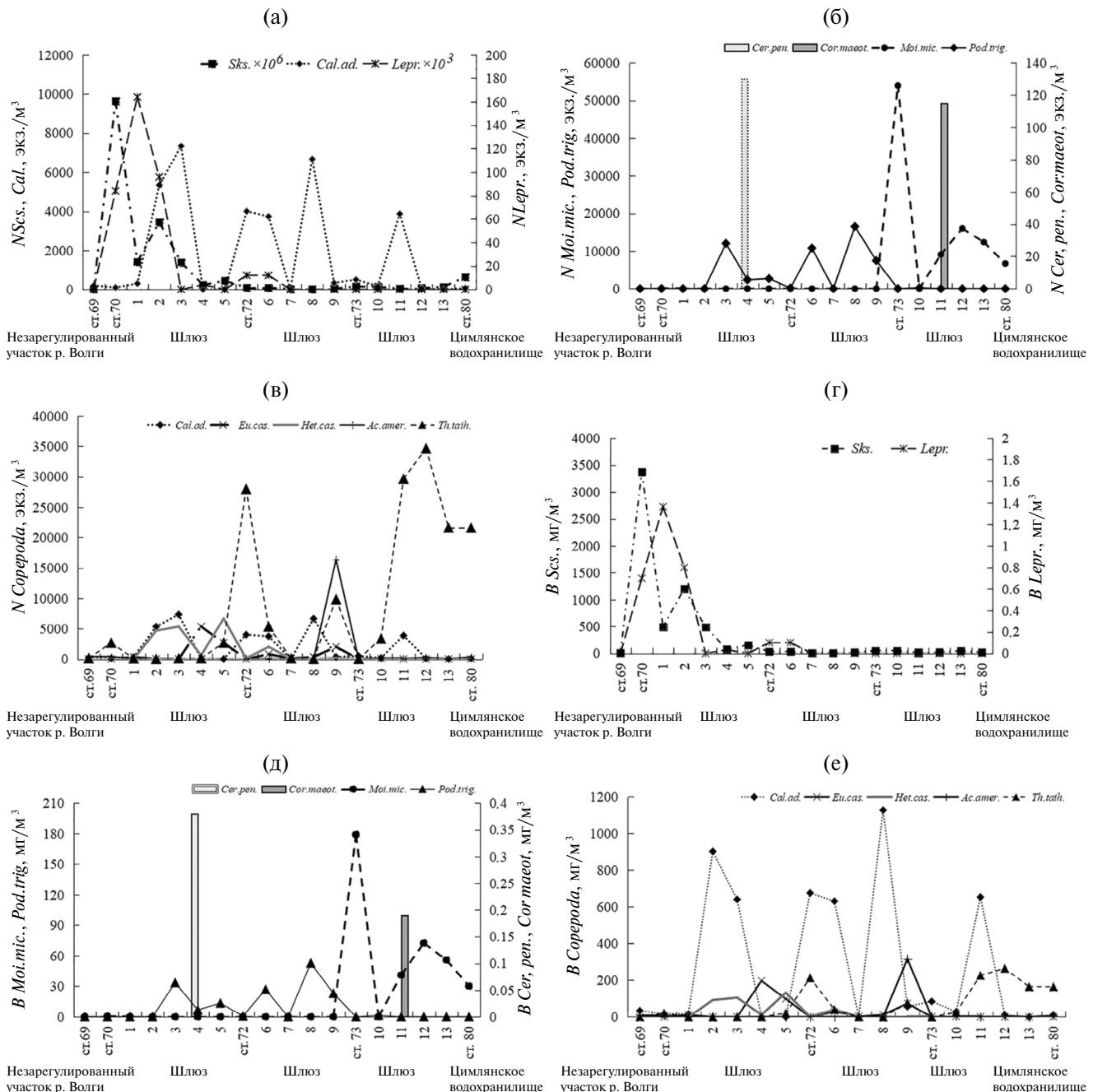


Рис. 3. Показатели численности (а, в, д) и биомассы (б, г, е) вселенцев планктонального сообщества на станциях по направлению от р. Волги к р. Дону. N – численность, B – биомасса; *Ac.amer.* – *Acanthocyclops americanus*, *Cal.ad.* – *Calanipeda aquaedulcis*, *Cer.pen.* – *Cercopagis pengoi*, *Eu.cas.* – *Eurytemora caspica*, *Het.cas.* – *Heteropeope caspia*, *Lepr.* – *Leprotintinnus pellucides*, *Moi.mic* – *Moina cf. micrura*, *Pod.tr.* – *Podonevadne trigona ovum*, *Sk.s.* – *Skeletonema subsalsum*, *Th.taih.* – *Thermocyclops taihokuensis*.

шлюзе № 9 и составляла 5% общей биомассы метазоопланктона (рис. 3в, е).

Доля теплолюбивого вида *Moina cf. micrura* в общей численности метазоопланктона изменялась от 0.07% в Красноармейском затоне до 17% в шлюзе № 12, а у г. Калач-на-Дону этот вид формировал 8% общей биомассы сообщества (рис. 3б, д). Вклад в численность метазоопланктона крупных вселенцев *Calanipeda aquaedulcis* и *Cercopagis pengoi*

очень мал (в среднем <1%), однако на них приходилось до 53% общей биомассы. Вид *C. pengoi* единично отмечен только в шлюзе № 4, где он формировал 1.6% биомассы ракообразных (рис. 3б, д). В целом в метазоопланктоне ВДСК наблюдали увеличение численности и биомассы чужеродных видов и их вклада в обилие сообщества в направлении от р. Волги к р. Дону (рис. 3). *Podonevadne trigona ovum* вошла в состав доминирующего по

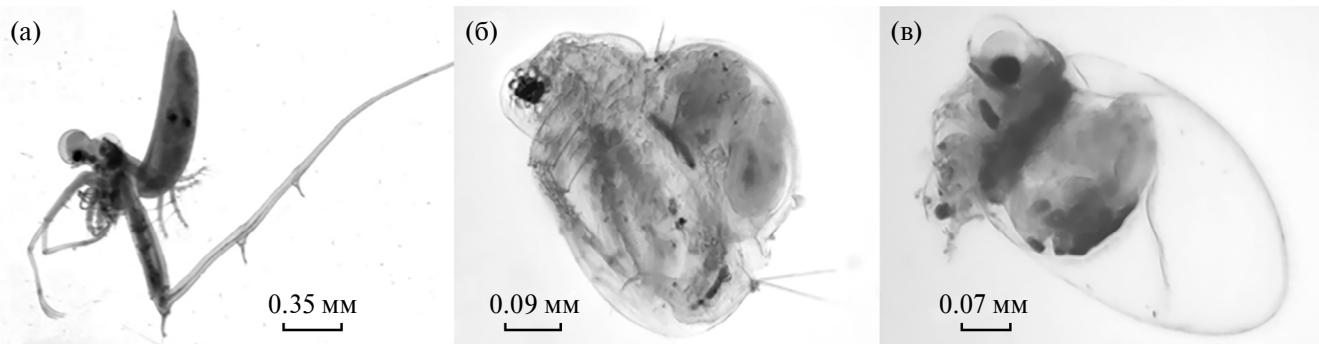


Рис. 4. Виды-вселенцы Cladocera: *Cercopagis (Cercopagis) pengoi* (а), *Moina cf. micrura* (б), *Podonevadne trigona ovum* (в).

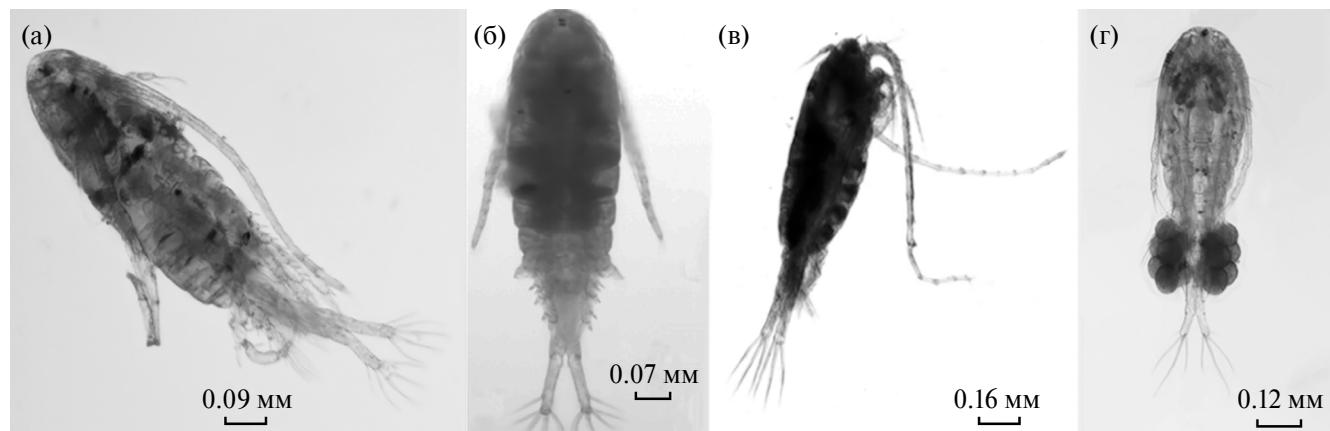


Рис. 5. Виды-вселенцы Copepoda: Calanoida *Calanipeda aquaedulcis* (а), *Eurytemora caspica* (б), *Heterocope caspia* (в) и Cyclopoida *Thermocyclops taihokuensis* (г).

численности комплекса видов только в шлюзе № 8, достигая 12% общей численности. На некоторых станциях она становилась субдоминантом по биомассе – до 23% в шлюзах волжского склона и 4% в шлюзе № 10 Донского склона (рис. 3б, д). *Heterocope caspia* не входила в ранг доминантов. Ее максимальная доля в формировании общей численности и биомассы отмечена в шлюзе № 2 и составляла 5.91 и 5.33% соответственно (рис. 3в, е).

В целом вклад всех выявленных вселенцев в суммарную биомассу планктона (бактериопланктон + фитопланктон + инфузории + зоопланктон) был максимальен (1.57–9.74%) в шлюзах Донского склона и определялся высокой долей ракообразных. В шлюзах Волжского склона диапазон колебаний вклада вселенцев варьировал от 0.02 до 8.01% суммарной биомассы. На водоразделе (ст. 73), а также волжском (ст. 69) и донском (ст. 80) участках канала вклад вселенцев был минимальным (0.02–1.53%).

В условиях интенсивной гидродинамики шлюзовых камер некоторые кладоцеры оказались менее жизнеспособными, чем копеподы (табл. 3). Так, доля мертвых особей среди *Moina cf. micrura* и *Cornigerius maeoticus* была очень высокой (13–100%). Однако при высокой численности

некоторые ветвистоусые ракообразные (*Moina cf. micrura* и *Podonevadne trigona ovum*) вошли в состав доминирующего комплекса видов и освоили пространство шлюзовых камер (табл. 2, 3).

Методом корреляционного анализа установлено, что обилие водоросли *Skeletonema subsalsum* положительно связано с температурой воды и pH ($r = 0.75–0.76$) (табл. 4). Также значимая связь обнаружена между численностью *S. subsalsum* и количеством бактерий, в том числе связанных с детритом ($r = 0.63–0.76$) (табл. 5). Значимую отрицательную корреляцию наблюдали между количеством *S. subsalsum* и долей цианобактерий в общей численности водорослей ($r = -0.62$). При высокой численности копеподы *Calanipeda aquaedulcis* отмечено снижение обилия *Skeletonema subsalsum* (рис. 3а, 3г). Возможно, это вызвано выеданием водоросли раком-фильтратором.

Статистически значимой связи обилия инфузории *Leprotintinnus pellucidus* с абиотическими факторами среды не выявлено (табл. 4). Однако считают (Dolan et al., 2013; Dolan, Pierse, 2013), что определяющими для построения домика тинтиннид являются температура, минерализация и наличие детрита и минеральных частиц. В наших исследованиях значимая положительная

Таблица 3. Количественные характеристики видов-вселенцев в ВДСК

Вид	Способ питания	<i>N</i>	<i>B</i>	Π	Доля мертвых особей, %	
					<i>N</i>	<i>B</i>
Bacillariophyta: Centrophyceae						
<i>Skeletonema subsalsum</i>	Фотоавтотроф	$1002 \times 10^6 \pm 546 \times 10^6$	350.70 ± 191.2	—	—	—
Ciliophora: Tintinnidiidae						
<i>Leprotintinnus pellucides</i>	Неселективный, всеядный	$21.9 \times 10^3 \pm 11.4 \times 10^3$	0.18 ± 0.09	—	—	—
Crustacea: Cladocera						
<i>Cercopagis pengoi</i>	Облигатный хищник-хвататель	6 ± 6	0.32 ± 0.32	10.5 ± 0.5	0	0
<i>Cornigerius maeoticus</i>	Всеядный-хвататель	11 ± 11	0.10 ± 0.09	—	100	100
<i>Moina cf. micrura</i>	Фильтратор	5454 ± 3087	24.67 ± 13.96	3.8 ± 0.5	13.98 ± 1.82	12.59 ± 1.72
<i>Podonevadne trigona ovum</i>	Всеядный-хвататель	2894 ± 1212	19.39 ± 17.93	—	2.08 ± 0.49	1.98 ± 0.50
Crustacea: Copepoda						
<i>Calanipeda aquaedulcis</i>	Фильтратор	1815 ± 607	271.85 ± 89.80	15^*	0.63 ± 0.39	0.40 ± 0.24
<i>Eurytemora caspica</i>	Хищники-хвататели, могут переходить на фильтрацию и смешанное питание (в целом всеядны)	646 ± 328	23.91 ± 12.13	6^*	0	0
<i>Heterope caspia</i>		1087 ± 504	21.51 ± 9.98	7^*	0	0
<i>Acanthocyclops americanus</i>	Хищники-каннибалы, молодь всеядна	1015 ± 906	19.57 ± 17.47	—	0	0
<i>Thermocyclops taihokuensis</i>		8881 ± 2876	67.81 ± 21.96	23.5 ± 0.8	2.83 ± 0.71	1.84 ± 0.47

Примечание. *N* – численность, экз./м³; *B* – биомасса, мг/м³; Π – плодовитость, яиц на самку, %; приведены средние значения \pm стандартная ошибка, “–” – нет данных; способ питания дан по: (Монаков, 1976; 1998; Hargraves, 1981; Verity, Villareal, 1986; Копылов, Туманцева, 1987; Мордухай-Болтовской, Ривьер, 1987; Лазарева, 2022); * – яйца обнаружены у единичных самок.

Таблица 4. Коэффициенты корреляции численности вселенцев с физико-химическими показателями воды ВДСК

Параметр	<i>Sk.s.</i>	<i>Lepr.</i>	<i>Cer.pen</i>	<i>Moi.mic</i>	<i>Pod.trig.</i>	<i>Cal.ad.</i>	<i>Eu.cas.</i>	<i>Het.cas.</i>	<i>Ac.amer.</i>	<i>Th.taih.</i>
<i>S</i>	0.39	0.40	0.21	-0.57	0.39	0.20	0.43	0.61	-0.49	-0.42
<i>O₂</i>	0.44	0.46	0.35	-0.29	0.30	-0.13	0.38	0.54	-0.20	-0.10
pH	0.76	0.19	0.40	-0.06	-0.06	-0.23	0.03	0.24	-0.12	-0.34
NTU	0.43	0.22	-0.30	0.09	-0.12	0.47	-0.37	0.03	0.01	0.14
<i>T</i>	0.75	0.35	0.21	-0.23	-0.10	-0.04	-0.15	0.16	0.10	-0.28
<i>Wt</i>	-0.45	-0.16	-0.02	-0.25	0.43	0.25	0.42	0.20	-0.29	-0.17

Примечание. Здесь и в табл. 5. виды: *Sk.s.* – *Skeletonema subsalsum*, *Lepr.* – *Leprotintinnus pellucides*, *Cer.pen.* – *Cercopagis pengoi*, *Moi.mic.* – *Moina cf. micrura*, *Pod.tr.* – *Podonevadne trigona ovum*, *Ac.amer.* – *Acanthocyclops americanus*, *Th.taih.* – *Thermocyclops taihokuensis*, *Cal.ad.* – *Calanipeda aquaedulcis*, *Eu.cas.* – *Eurytemora caspica*, *Het.cas.* – *Heterope caspia*; *S* – электропроводность, мкСм/см; *O₂* – концентрация растворенного в воде кислорода, мг/л; NTU – мутность, НЕМ; *T* – температура, °C; *Wt* – прозрачность воды, см; жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты (*p* ≤ 0.05).

корреляция отмечена между численностью *L. pellucidus* и обилием бактерий на детрите ($r = 0.49 - 0.51$, $p \leq 0.05$), долей диатомовых водорослей ($r = 0.74$, $p \leq 0.05$), в том числе *Skeletonema subsalsum* ($r = 0.56$, $p \leq 0.05$) (табл. 5).

Численность трех видов вселенцев метазоопланктона из девяти значимо коррелировала с электропроводностью воды (табл. 4). Положительная корреляция с этим фактором выявлена

для *Heterope caspia*, отрицательная – для *Moina cf. micrura* и *Acanthocyclops americanus*. Получена положительная корреляционная связь между численностью коловраток и раков *Podonevadne trigona ovum* и *Eurytemora caspica*, тогда как для *Moina cf. micrura* и *Thermocyclops taihokuensis* она была отрицательной (табл. 5). Зарегистрирована положительная связь численности *Moina cf. micrura* с общим количеством копепод,

Таблица 5. Коэффициенты корреляции численности (N) чужеродных видов с биотическими параметрами ВДСК

Параметр	<i>Sk.s.</i>	<i>Lepr.</i>	<i>Cer.pen.</i>	<i>Moi.mic.</i>	<i>Pod.trig.</i>	<i>Cal.ad.</i>	<i>Eu.cas.</i>	<i>Het.cas.</i>	<i>Ac.amer.</i>	<i>Th.taih.</i>
Bact N	0.63	0.28	0.20	0.01	0.05	0.13	-0.14	0.40	-0.34	-0.02
Bfil N	0.26	-0.09	-0.21	0.50	-0.34	-0.23	-0.44	-0.12	0.02	0.37
Bdet N	0.76	0.49	0.20	-0.03	0.01	0.46	-0.15	0.36	-0.20	-0.14
Bacil, $N\%$	0.93	0.55	-0.10	0.10	-0.11	0.07	-0.23	0.18	-0.02	-0.11
Cyan, $N\%$	-0.44	-0.62	-0.15	0.31	-0.10	-0.37	-0.17	-0.34	0.10	0.36
Chlor, $N\%$	-0.23	0.20	0.36	-0.39	0.36	0.08	0.54	0.20	-0.05	0.01
Cil N	0.06	-0.11	0.41	-0.26	0.23	-0.37	0.58	-0.09	-0.05	-0.37
Rot N	-0.01	0.14	0.31	-0.64	0.61	0.05	0.71	0.17	-0.27	-0.53
Cop N	0.32	0.01	-0.10	0.56	-0.19	-0.21	-0.31	0.07	0.19	0.63

Примечание. Bact N – N бактерий (Bacteria), Bfil N – N нитевидных бактерий (filamentous bacteria); Bdetr N – N бактерий (Bacteria) на детрите (detritus); Bacil, $N\%$ – доля диатомовых водорослей (Bacillariophyta) в формировании общей N фитопланктона; Cyan, $N\%$ – доля цианобактерии (Cyanobacteria) в формировании общей N фитопланктона; Chlor, $N\%$ – доля зеленых водорослей (Chlorophyta) в формировании общей N фитопланктона; Cil N – N инфузорий (Ciliophora); Rot N – N коловраток (Rotifera); Cop N – N копепод (Copepoda). Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты ($p \leq 0.05$).

а также с численностью нитевидных бактерий ($r = 0.50–0.56$, $p \leq 0.05$). Выявлены положительные количества *Calanipeda aquaedulcis* с численностью бактерий на детрите ($r = 0.46$, $p \leq 0.05$) и количества *Eurytemora caspica* с долей зеленых водорослей, численностью инфузорий и коловраток (табл. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все зарегистрированные в ВДСК вселенцы относятся к эвригалинным, солоновато-водным и теплолюбивым видам. В условиях канала и шлюзовых камер, где минерализация и температура воды были повышены, создаются благоприятные условия для их жизнедеятельности.

Водоросль *Skeletonema subsalsum* (рис. 2а) – солоновато-водный, теплолюбивый планктонный космополит, обитающий в мезотрофных водоемах с максимальной соленостью до 35‰ (Paasche et al., 1975; Balzano et al., 2011). По данным (Hasle, Evensen, 1975; Gibson et al., 1993; Mills et al., 1993; Clarke, 1995), вид предпочитает эвтрофные воды различного типа с соленостью до 15‰. В середине 1950-х годов отмечено массовое развитие этого вида в Северном Каспии – его наиболее мелководной и опресненной части с повышенным содержанием биогенных элементов, а также в устьевой области р. Волги. В конце 1950-х годов началась экспансия вида в волжские водохранилища, к концу 1960-х годов вид был зарегистрирован на всем протяжении реки (Волошко, 1969; Корнева 2015). Развитие *S. subsalsum* в Красноармейском затоне можно объяснить благоприятными для вида условиями: высокая электропроводность, небольшая глубина, максимальная температура и высокое содержание органического вещества – дно затона покрыто сплошным ковром высшей водной растительности, которая, разлагаясь, снабжает воду биогенными элементами.

Тинтиниды, к которым относится *Leprotintinnus pellucides* (рис. 2б, 2в), являются истинно планктонными инфузориями морского происхождения (Агамалиев, 1983). Согласно схеме биogeографического распределения обычных родов тинтинид (Pierce, Turner, 1993; Dolan et al., 2013), их разделяют на космополитические, прибрежные, умеренно тепловодные, арктические и южные. Род *Leprotintinnus* относят к прибрежным (неритическим), виды этого рода в значительной степени ограничены шельфовыми водами морей и океанов. Тинтиниды морфологически гетерогенны и включают роды, содержащие виды с агглютинированными домиками (роды *Leprotintinnus*, *Tintinnopsis*, *Tintinnidium*), а также роды с гиалиновыми лориками. В целом все неритические тинтиниды распространены в широтном направлении почти на всем протяжении от северного до южного полюса (Dolan et al., 2013). Это подтверждено биogeографическим обзором Ф.Г. Агамалиева (1983), в котором указаны находки *Leprotintinnus pellucidus* в Балтийском, Северном, Средиземном, Черном, Азовском, Красном, Белом, Баренцевом и Японском морях. Поскольку *Leprotintinnus* предпочитает прибрежные, часто опресненные участки, можно предположить, что для него лучше подходят условия Азовского и Каспийского морей, в которых меньше глубина и соленость по сравнению с Черным морем. Его находки в Волго-Камском и Донском бассейнах свидетельствуют об успешном распространении вида в пресноводных экосистемах. Вид обнаружен нами в устьевых участках притоков (реки Мышкова и Чир) Цимлянского водохранилища (р. Дон), во всех водохранилищах Камского каскада с максимальной численностью (332 экз./л) на ст. Балахчино, включая и зону слияния рек Волги и Камы (Куйбышевское водохранилище), а также на Нижней Волге вплоть до г. Астрахани (Быкова, 2021). Под большим вопросом его единичные

находки в р. Оке, которые требуют подтверждения (неопубликованные данные одного из авторов – С.В. Быковой).

В волжских водохранилищах и шлюзах ВДСК часто встречаются пустые домики *L. pellucides* без живых особей. В Красноармейском затоне доля домиков с зооидами достигала 29% численности вида, в шлюзах № 1 и № 2 с огромной турбулентностью воды – лишь 2.4–11.2%. Ограничение родов *Leprotintinnus*, *Tintinnopsis* и *Tintinnidium* прибрежными районами, вероятно, обусловлено их потребностью в мелких минеральных частицах, используемых для формирования домика (лорики), которые в достаточном количестве присутствуют в мелководных и “неспокойных” районах. Во время строительства домика тинтиннидами окружающие условия (температура, минерализация, наличие детрита и минеральных частиц), возможно, влияют на его конечный размер, форму и структуру. В итоге конечная морфология домика отражает историю его строительства (Dolan et al., 2013).

Среди зарегистрированных видов-вселенцев в составе метазоопланктона преобладали веслоногие раки (*Soperopoda* – 56%, т. е. *Calanoida* – 34%, *Cyclopoida* – 22%) над ветвистоусыми (*Cladocera* – 44). Эти виды ранее отмечались в водохранилищах рек Волги, Камы, ВДСК и Цимлянском водохранилище. Данные представлены в следующих работах (Шейнин, 1960; Круглова, 1962; Вышкова, Гурова, 1968; Вышкова, 1971; Мордухай-Болтовской, Дзюбан, 1976; Тимохина, 2000; Малинина, 2003; Бычек, 2008; Романова, 2010; Мухортова, 2011; Поров, 2011; Вехов и др., 2014; Романова и др., 2016; Лазарева, 2019, 2022; Лазарева, Сабитова, 2021; Zhikharev et al., 2023; Lazareva et al., 2024). Их присутствие в шлюзовых камерах, численность и биомасса, роль в формировании сообщества зоопланктеров, относительная смертность представлена нами выше (табл. 2, 3; рис. 3).

Cercopagis (*Cercopagis*) *pengoi* (рис. 4а) зарегистрирован в 1970-х годах в Куйбышевском водохранилище (Романова, 2010), к середине 2000-х – в Саратовском и Волгоградском водохранилищах. В 2015–2017 гг. он был обнаружен в Камском, Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах (Лазарева, 2019), а в 2018 г. в водохранилищах ВДСК (Бреславском и Карповском) и Цимлянском водохранилище (Лазарева, Сабитова, 2021). Вид встречен нами только в шлюзе № 4, при этом все особи были жизнеспособны. Ранее его регистрировали в Бреславском и Карповском водохранилищах ВДСК с более высокой численностью (300–600 экз./м³) (Лазарева, Сабитова, 2021). Возможно, это связано с более стабильными условиями в водохранилищах по сравнению со шлюзами.

Cornigerius maeoticus maeoticus обнаружен лишь в шлюзе № 11 ВДСК, все его особи были мертвы.

Ранее вид отмечали в Карповском водохранилище ВДСК, расположенным между шлюзами № 12 и № 13 (Лазарева, Сабитова, 2021). В р. Волгу (Волгоградское водохранилище) он вселился в 1970-х годах (Вышкова, 1971), в Цимлянское водохранилище – в 1961 г. (Лазарева, Сабитова, 2021). В 2010-х годах вселенец зарегистрирован в Саратовском водохранилище и южной части Куйбышевского (Бычек, 2008; Мухортова, 2011). В 2015–2017 гг. его встречали в Куйбышевском и обоих водохранилищах Нижней Волги (Лазарева, 2019).

Moina cf. *micrura* (рис. 4б) в целом предпочитает постоянные, непересыхающие высокотрофные водоемы (Petrusek, 2002). Вид обитает в тропических водоемах, в умеренном климате его находят в теплые периоды года и в подогретых водах (Semenova, Tchougoonov, 2018; Kotov et al., 2022). Ранее установлено (Лазарева, Сабитова, 2021), что вид многочислен в Цимлянском водохранилище и обычен в водохранилищах системы ВДСК. Вселенец достигал наибольшего количества (>20 тыс. экз./м³) в концевых шлюзовых камерах (№ 10 и № 13) и на верхнем участке Цимлянского водохранилища. Смертность *Moina* cf. *micrura* была самой высокой по сравнению с другими видами-вселенцами и достигала ~14%.

Podonevadne trigona ovum (рис. 4в) появилась в Волгоградском водохранилище в начале 2000-х годов (Малинина, 2003). В других водохранилищах р. Камы и р. Волге, включая ее незарегулированную часть ниже г. Волгограда, этот вселенец не зарегистрирован (Лазарева, 2019). Вид понто-азовский, он вселился в Цимлянское водохранилище еще в 1960-х годах, впервые отмечен в системе ВДСК (Варваровское водохранилище) в 2018 г. (Лазарева, Сабитова, 2021). В 2023 г., как показали наши исследования, он доминировал в шлюзовых камерах Волжского склона и на водоразделе. Смертность особей вида была невысока (2%).

Calanipeda aquaedulcis (рис. 5а) широко распространена в водоемах юга России (Боруцкий и др., 1991; Степаньянц и др., 2015). Встречается в реках, озерах, морях, выдерживает соленость до 15‰ (Биологические..., 2004). В Волгоградском водохранилище вид появился в 1960-х годах (Вышкова, Гурова, 1968). В XXI в. его периодически регистрировали в водохранилищах Нижней Волги (Поров, 2011); Романова и др., 2016), в р. Доне регулярно встречали с 1950-х годов (Шейнин, 1960). По результатам исследований 2015–2017 гг. *C. aquaedulcis* отмечена в Куйбышевском, Саратовском, Волгоградском водохранилищах и незарегулированной р. Волге ниже г. Волгограда (Лазарева, 2019). В 2018 г. вид регистрировали во всех водохранилищах ВДСК, Цимлянском водохранилище и р. Доне ниже Цимлянской ГЭС (Лазарева, 2022). По нашим данным, в 2023 г. он присутствовал почти во всех шлюзах Волжского и Донского склонов, но его количественное развитие было в 2–3 раза

ниже, чем в 2018 г. (Лазарева, Сабитова, 2021), когда вид регистрировали в Варваровском водохранилище (вклад в численность ракообразных достигал 18%), на нижних участках Цимлянского водохранилища: Потемкинском (16%) и Приплотинном (28%). Наши исследования также выявили большие вариации распределения численности вида по шлюзам. Рассчитанная смертность *C. aquaedulcis* была ~1%.

Eurytemora caspica (рис. 5б) ранее идентифицировали в составе вида *E. affinis* (Poppe, 1880), под этим названием она была обнаружена в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах в середине 1980-х годов (Тимохина, 2000; Мухортова, 2011). В р. Доне вид определяли с 1950-х годов также как *E. affinis* (Круглова, 1962). В 2013 г. из комплекса криптических видов *E. affinis* s.l., по материалам из дельты р. Волги и Северного Каспия, выделен новый вид *E. caspica* (Sukhikh, Alekseev, 2013). На основании морфологических и молекулярных методов показано (Сухих и др., 2020), что в реках Волге и Каме массовым видом является *E. caspica*, а *E. affinis* не обнаружена. Морфологические характеристики раков из бассейна р. Дона полностью соответствуют описанию *E. caspica* (Лазарева, Сабитова, 2021; Лазарева, 2022). По результатам исследований 2015–2018 гг., вид отмечен в трех водохранилищах р. Камы, Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах, а также на незарегулированном участке р. Волги ниже Волжской ГЭС, в водоемах ВДСК, Цимлянском водохранилище и р. Доне ниже плотины Цимлянской ГЭС (Лазарева, 2019, 2022). По нашим данным, максимальная численность этого вида отмечена в шлюзовых камерах (№ 3 и № 4) на Волжском склоне, но она была на порядок ниже, чем в 2018 г. в водохранилищах ВДСК (численность и вклад по численности ракообразных в Варваровском – 3 тыс. экз./м³ и 12%, в Карповском – 18 тыс. экз./м³ и 14% соответственно) (Лазарева, Сабитова, 2021). Все встреченные нами особи вида были жизнеспособны.

Heterocope caspia (рис. 5в) проникала в реки Волгу и Дон еще до их зарегулирования (Шейнин, 1960; Мордухай-Болтовской, Дзюбан, 1976). К настоящему времени, по результатам исследований 2015–2018 гг., вид регистрируют на незарегулированном участке нижней Волги, Волгоградском, Саратовском, Куйбышевском и трех камских водохранилищах, а также водоемах ВДСК, Цимлянском водохранилище и р. Дон ниже плотины Цимлянской ГЭС (Лазарева, 2019, 2022). По нашим данным, наибольшая численность и вклад этого вида были в шлюзах Волжского склона, но эти значения в 2 раза ниже, чем отмечали ранее. Так, в 2018 г. в Бреславском водохранилище численность *H. caspia* в среднем была 29 тыс. экз./м³ или 20% численности ракообразных, на Потемкинском участке Цимлянского водохранилища – до 50 тыс. экз./м³

и 57% (Лазарева, Сабитова, 2021). В 2023 г. отмечена тенденция снижения численности этого вселенца от р. Волги к р. Дону. Все зарегистрированные нами особи были жизнеспособны.

Acanthocyclops americanus впервые был описан в Висконсине (США), вскоре обнаружен в Великобритании, а затем широко распространился в континентальной Европе (Монченко, 1974; Alekseev, 2021). В настоящее время его ареал включает Европу, Северную Африку, Западную и Центральную Сибирь (Alekseev, 2021). Вид широко распространен в водохранилищах рек Волги и Дона (Лазарева, Сабитова, 2021; Zhikharev et al., 2023; Lazareva et al., 2024). Согласно (Лазарева, Сабитова, 2021), в 2018 г. в канале ВДСК данный вид по численности не доминировал, а на Верхнем участке Цимлянского водохранилища уже входил в ранг доминантов (14% количества ракообразных). В шлюзах ВДСК он обнаружен также в небольшом количестве (табл. 2). Все особи вида, встреченные нами в шлюзовых камерах, оказались жизнеспособными.

Thermocyclops taihokuensis (рис. 5г) – азиатский вид, который появился в Каспийском море в 2000-х годах (Monchenko, 2008; Алексеев, 2015). В р. Доне (Цимлянском водохранилище) был зарегистрирован в 2012 г. как *T. asiaticus* (Kiefer, 1932) (Вехов и др., 2014). В 2018–2019 гг. вид был отмечен во всех водохранилищах ВДСК, а также в р. Доне (Лазарева, Сабитова, 2021; Лазарева, 2022). По данным (Лазарева, Сабитова, 2021), в 2018 г. вклад этого вида в численность ракообразных был высоким, он входил в ранг доминантов в Бреславском (17%), Карповском (23) и верхнем участке Цимлянского водохранилища (59). По нашим данным, *T. taihokuensis* достигал максимального обилия среди зоопланктеров-вселенцев (>25 тыс. экз./м³) в шлюзовых камерах (№ 10 и № 13) и на верхнем участке Цимлянского водохранилища. Таким образом, по-прежнему сохранилась тенденция увеличения численности вселенца от р. Волги к р. Дону. Смертность особей вида в шлюзовых камерах достигала 3%.

От р. Волги к р. Дону отмечено увеличение численности и биомассы большинства чужеродных видов в зоопланктоне (рис. 3). Наличие значимых положительных и отрицательных корреляционных связей между численностью чужеродных зоопланктеров и других таксономических групп зоопланктона, по-видимому, обусловлено сложными биотическими взаимоотношениями в экосистеме ВДСК, связанными с различными типами питания. Так, *Skeletonema subsalsum* – фотоавтотрофный организм; неселективный всеядный вид инфузорий *Leprotintinnus pellucides* – важный потребитель детрита, пикопланктона, бактериопланктона, а также автотрофного и гетеротрофного нанопланктона (Hargraves, 1981; Копылов, Туманцева, 1987). Кроме того, тинтиниды могут

потреблять диатомовые водоросли и динофлагеллят (Verity, Villareal, 1986), нанофлагеллят, цианобактерий и бактерий (табл. 3), а также служат важным пищевым ресурсом для калиноидных копепод, эуфаузиид, некоторых личинок ракообразных (Гаврилова, Довгаль, 2019). Среди раков два вида (*Moina cf. micrura* и *Calanipeda aquaedulcis*) – фильтраторы; *Heteropeope caspia* и *Eurytemora caspica* – хищники-хвататели, которые могут переходить на фильтрацию и смешанное питание (в целом всеядные, как и циклопы); *Cercopagis pengoi* – облигатный хищник-хвататель; *Podonevadne trigona ovum* и *Cornigerius maeoticus* – всеядные-хвататели (Монаков, 1976; 1998; Мордухай-Болтовской, Ривьер, 1987; Лазарева, 2022). Копеподы *Acanthocyclops americanus* и *Thermocyclops taihokuensis* на стадии науплиусов относятся к фильтраторам, их копеподиты и взрослые особи хищничают, вплоть до каннибализма (Лазарева, 2022б).

При изучении содержимого кишечника *Calanipeda aquaedulcis*, неспециализированного фильтратора, фито-детритофага (Аганесова, 2021), выявлены водоросли из различных систематических отделов: диатомовые родов *Skeletonema* и *Cyclotella*, динофитовые и особенно массово, хлорококковые родов *Chlorella* и *Ankistrodesmus*, также вид питается водорослевым детритом (Аганесова, 2021). Экспериментально показано, что *C. aquaedulcis* может расти и размножаться при питании только детритом (Аганесова, 2013, 2021), некоторые специалисты основным источником ее питания считают микродетрит (Гарбер, 1951). Помимо указанной выше связи данного ракка со *Skeletonema subsalsum*, выявлена корреляционная зависимость между общей численностью *C. aquaedulcis* и мутностью воды ($r = 0.47, p \leq 0.05$), а также численностью бактерий, развивающихся на детрите ($r = 0.46, p \leq 0.05$) (табл. 5). Это закономерно, поскольку мутность зависит от содержания детрита, бактерий и других взвешенных частиц. Молодь *Calanipeda aquaedulcis* начинает питаться микродетритом на III науплиальной стадии (Гарбер, 1951), поэтому зависимость численности науплиев от мутности воды еще выше ($r = 0.53, p \leq 0.05$).

Для *Skeletonema subsalsum* и *Leprotintinnus pellucidus* отмечено сходное распределение их обилия в шлюзах ВДСК. Диатомовая водоросль и раковинная инфузория, по-видимому, характеризуются близкими экологическими преференциями и требованиями к минерализации, содержанию взвеси (для построения раковин и створок), температуре и другим факторам. Вероятны также трофические взаимодействия, но это пока не доказано. Кроме того, можно предположить, что *Leprotintinnus pellucidus* вступает в опосредованные конкурентные пищевые отношения с *Calanipeda aquaedulcis*, которая использует диатомовые водоросли и детрит в качестве источника питания (Аганесова, 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Летом 2023 г. в составе планктонного сообщества ВДСК и прилегающих акваторий незарегулированной р. Волга и Цимлянского водохранилища зарегистрировано 11 видов—вселенцев. В состав всех компонентов планктонного сообщества входили виды ponto-каспийского биогеографического комплекса. Среди ракообразных отмечены также виды из ponto-азовского, средиземноморского, восточноазиатского и американского фаунистических комплексов. На отдельных участках ВДСК чужеродные виды входили в состав доминантов по численности и биомассе отдельных компонентов планктонного сообщества. В целом вклад всех выявленных вселенцев в суммарную биомассу планктона был максимальен в шлюзах донского склона и определялся долей ракообразных.

Значительная численность вселенцев в шлюзовых камерах ВДСК и низкая доля мертвых особей среди них позволяют предположить, что шлюзы не являются значимым препятствием для их распространения. Однако численность видов—вселенцев в составе зоопланктона, зарегистрированных нами в шлюзах, была ниже, чем в водохранилищах ВДСК (Лазарева, Сабитова, 2021), что, вероятно, связано с условиями повышенной турбулентности. По направлению от р. Волги к р. Дону выявлено уменьшение показателей развития видов—вселенцев в составе фито- и микрозоопланктона и, напротив, увеличение численности и биомассы ракообразных—вселенцев. В шлюзах ВДСК установлено сходное распределение обилия раковинной инфузории *Leprotintinnus pellucidus* и диатомовой водоросли *Skeletonema subsalsum*, вероятно, обусловленное одинаковыми экологическими предпочтениями и биотическими взаимоотношениями. Значимыми абиотическими факторами развития вселенцев в ВДСК были электропроводность (для *Heteropeope caspia*, *Moina cf. micrura* и *Acanthocyclops americanus*) и температура (для *Skeletonema subsalsum*). Для ракообразных, потребляющих детрит, бактерии, водоросли, инфузорий и других зоопланктеров, отмечены достоверные корреляционные связи с перечисленными пищевыми ресурсами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность команде судна “Академик Топчиев” и Я.В. Рыкову за помощь в отборе проб, а также анонимным рецензентам за терпимость, понимание и внимательное прочтение работы. Отдельно авторы выражают признательность за особо ценные замечания при написании статьи тематическому редактору доктору биологических наук В.И. Лазаревой (Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственных заданий № 124032100076-2 “Структура,

функционирование и разнообразие первичных продуцентов континентальных вод”, № 124032500016-4 “Разнообразие, биология и экология водных и околоводных беспозвоночных континентальных вод”, № 124032500012-6 “Разнообразие, структура, функционирование и роль вирусов, прокариотных и эукариотных микроорганизмов в формировании биологического режима континентальных вод” (Институт биологии внутренних вод РАН), № 122032500063-0 “Изменение, устойчивость и сохранение биологического разнообразия под воздействием глобальных изменений климата и интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы Волжского бассейна” (Институт экологии Волжского бассейна РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агамалиев Ф.Г.* 1983. Инфузории Каспийского моря: систематика, экология, зоогеография. Л.: Наука.
- Аганесова Л.О.* 2013. Длительность развития копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* при разном температурном режиме культивирования // Мор. экол. журн. Т. 12. № 1. С. 19.
- Аганесова Л.О.* 2021. Размножение и развитие солоновато-водных копепод при кормлении микроводорослями разных видов // Биология моря. Т. 47. № 2. С. 108.
- Алексеев В.Р.* 2015. Надотряд Веслоногие раки – Сорерода // Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 2. Стрекающие, гребневики, многощетинковые черви, веслоногие ракообразные и мизиды. СПб.: Т-во науч. изданий КМК. С. 39.
- Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. 2004. М.: Т-во науч. изданий КМК.
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С.* 1991. Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука. 502 с.
- Быкова С.В.* 2021. Структура и пространственное распределение инфузорий в планктоне водохранилищ Средней и Нижней Волги // Биология внутр. вод. № 4. С. 353.
<https://doi.org/10.31857/S0320965221030049>
- Бычек Е.А.* 2008. Новые виды Polyphemoidae для волжских водохранилищ // Рос. журн. биол. инвазий. № 1. С. 2.
- Вехов Д.А., Науменко А.Н., Горелов В.П. и др.* 2014. Современное состояние и использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища (2009–2013 гг.) // Рыбохозяйственные исследования на водных объектах Европейской части России. СПб.: ГосНИОРХ. С. 116.
- Волго-Дон. 1957. Технический отчет о строительстве Волго-Донского судоходного канала им. В.И. Ленина, Цимлянского гидроузла и оросительных сооружений 1949–1952. Т. 1: Общее описание сооружений.
- Волошко Л.Н.* 1969. Фитопланктон Нижней Волги и некоторых основных рукавов ее дельты // Гидробиол. журн. Т. 5. № 2. С. 32.
- Вьюшкова В.П.* 1971. Находка *Cornigerius taeoticus* в Волгоградском водохранилище // Зоол. журн. Т. 50. № 12. С. 1875.
- Вьюшкова В.П., Гурова Т.В.* 1968. Находка солоновато-водного рака *Calanipeda aquaedulcis* Kritcz. (Сорерода, Calanoida) в Волгоградском водохранилище // Зоол. журн. Т. 47. Вып. 11. С. 1726.
- Вязовиков М.И.* 1956. Волго-Донской судоходный канал им. Ленина. Сталинград: Книж. изд-во.
- Гавrilova Н.А., Довгаль И.В.* 2019. Раковинные планктонные инфузории (Ciliophora, Tintinnida) Черного и Азовского морей. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ.
<https://doi.org/10.21072/978-5-6042938-7-4>
- Гарбер Б.И.* 1951. Наблюдения за развитием и размножением *Calanipeda aquaedulcis* Kritsch (Сорерода: Calanoida) // Тр. Карадаг. биол. ст. 1951. Т. 2. С. 3.
- Дзюбан Н.А.* 1962. Водохранилища как зоогеографический фактор // Тр. зонального совещания по типологии и биологическому обоснованию рыбхоз. Использования внутренних (пресноводных) водоемов южной зоны СССР. Кишинев. С. 105.
- Журавель П.А.* 1974. Акклиматизация кормовой лимнокаспийской фауны в водохранилищах и озерах СССР. Днепропетровск: Министерство высш. и сред. спец. образования СССР. Днепропетр. гос. ун-т
- Копылов А.И., Туманцева Н.И.* 1987. Анализ содержимого вакуолей тинтинний и оценка их участия в потреблении продукции фитопланктона в прибрежном Перуанском районе // Океанология. Т. 27. № 3. С. 464.
- Корнева Л.Г.* 2015. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромск. печатный дом.
- Круглова В.М.* 1962. Веселовское водохранилище. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та. 115 с.
- Лазарева В.И.* 2019. Расселение чужеродных ponto-caspianских видов зоопланктона в водохранилищах Волги и Камы // Рос. журн. биол. инвазий. № 3. С. 29 (*Lazareva V.I.* 2019. Spreading of alien zooplankton species of ponto-caspian origin in the reservoirs of the Volga and Kama rivers // Rus. J. Biol. Invasions. V. 10. № 4. P. 328).
<https://doi.org/10.1134/S2075111719040040>.
- Лазарева В.И.* 2022а. Распространение некоторых ponto-caspianских и чужеродных копепод (Crustacea, Сорерода) в планктоне водоемов бассейна реки Дон // Российский журнал биологических инвазий. № 3. С. 79.
<https://doi.org/10.35885/1996-1499-15-3-79-98>
- Лазарева В.И.* 2022б. Трофические взаимодействия в зоопланктоне Цимлянского водохранилища (р. Дон, Россия) // Биология внутр. вод. № 3. С. 264.
<https://doi.org/10.31857/S0320965222030135>
- Лазарева В.И., Сабитова Р.З.* 2021. Зоопланктона Цимлянского водохранилища и канала Волга-Дон // Зоол. журн. Т. 100. № 6. С. 603.
<https://doi.org/10.31857/S0044513421040115>
- Лазарева В.И., Жданова С.М., Сабитова Р.З., Соколова Е.А.* 2024. Зоопланктон водохранилищ р. Волги: структура, обилие и динамика // Биология внутр. вод. Т. 17. № 1. С. 151.
<https://doi.org/10.31857/S0320965224010136>

- Малинина Ю.А.* 2003. Современное состояние зоопланктона Волгоградского водохранилища // Экологические проблемы бассейнов крупных рек. Междунар. конф. Тольятти: Ин-т экологии волжского бассейна РАН. № 3. С. 165.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука.
- Монаков А.В.* 1976. Питание и пищевые взаимоотношения пресноводных копепод. Л.: Наука.
- Монаков А.В.* 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Изд-во Россельхозакадемии.
- Монченко В.І.* 1974. Щелепнороті циклопоподібні. Циклопи (Cyclopidae). Київ: Наук. думка. (Фауна України. Т. 27. Вип. 3).
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., Дзюбан Н.А.* 1976. Изменения в составе и распределении фауны Волги в результате антропогенных воздействий // Биологические продукционные процессы в бассейне Волги. Л.: Наука. С. 67.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., Ривьер И.К.* 1987. Хищные ветвистоусые Podonidae, Polyphemidae, Cercopagidae и Leptodoridae фауны мира. Л.: Наука.
- Мухортова О.В.* 2011. Некоторые особенности распределения видов-вселенцев зоопланктона в прибрежных биотопах (заросли макрофитов, галечное прибрежье) Саратовского водохранилища // Изв. Самар. науч. центра РАН. Т. 13. № 1. С. 188.
- Николаев И.И.* 1979. Последствия непредвиденного антропогенного расселения водной фауны и флоры // Экологическое прогнозирование. М.: Наука. С. 76.
- Оксюк О.П.* 1973. Водоросли каналов мира. Киев: Наукова думка.
- Приймаченко А.Д.* 1959. Фитопланктон Волги от Ярославля до Сталинграда // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. М.: Изд-во АН СССР. Т. 2(5). С. 52.
- Романова Е.П.* 2010. Многолетняя динамика видового обилия зоопланктона Куйбышевского водохранилища // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы (V Любящевские чтения) // Тольятти: Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. С. 159.
- Романова Е.П., Горюнова С.В., Кузнецова С.П.* 2016. Многолетняя динамика инвазийных видов зоопланктона в Саратовском водохранилище // Тр. Ин-та биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. Вып. 74(77). С. 93.
- Семенова А.С.* 2010. Индикаторная роль зоопланктона в оценке экологического состояния Куршского залива: Дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Борок. 280 с.
- Соболев В.П.* 1956. Технический отчет о строительстве Волго-Донского судоходного канала имени В.И. Ленина, Цимлянского гидроузла и оросительных сооружений. Земляные работы. М.: Госэнергоиздат.
- Сухих Н. М., Лазарева В. И., Алексеев В. Р.* 2020. Копепода *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev, 2013 (Crustacea, Calanoida) в водохранилищах рек Волги и Камы // Биология внутр. вод. № 2. С. 129. <https://doi.org/10.31857/S0320965220020163>
- Степаньянц С.Д., Хлебович В.В., Алексеев В.Р., Данелия М.Е., Петровщев В.В.* 2015. Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 2. Стрекающие, гребневики, черви, веслоногие ракообразные и мизиды. СПб. М.: Тов-во научных изданий КМК.
- Тимохина А.Ф.* 2000. Зоопланктон как компонент экосистемы Куйбышевского водохранилища. Тольятти: Ин-т экологии волжского бассейна РАН.
- Цельмович О.Л., Отюкова Н.Г.* 2018. Содержание железа и главных компонентов солевого состава в воде волжских водохранилищ в период открытой воды 2015 г. // Тр. Ин-та биологии внутр. вод РАН. Вып. 81(84). С. 7.
- Цимлянское водохранилище: состояния водных и прибрежных экосистем, проблемы и пути их решения. 2011. Ростов-на-Дону: Изд-во Юж. науч. центра РАН.
- Шейнин М.С.* 1960. Зоопланктон Нижнего Дона, его водохранилища и восточной части Таганрогского залива в годы зарегулированного стока // Тр. Азовского науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва (АЗНИИРХ). Т. 1. Вып. 1. Ростов: Книж. изд-во. С. 231.
- Alekseev V.R.* 2021. Confusing Invader: *Acanthocyclops americanus* (Copepoda: Cyclopoida) and Its Biological, Anthropogenic and Climate-Dependent Mechanisms of Rapid Distribution in Eurasia // Water. V. 13. № 10. P. 1423. <https://doi.org/10.3390/w13101423>
- Balzano S., Sarno D., Kooistra W. C.F.* 2011. Effects of salinity on the growth rate and morphology of ten *Skeletonema* strains // J. Plankton Res. V. 33. № 6. P. 937. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbq150>
- Bereczky M.C.* 1985. Fixations-und Färbungsschnellverfahren bei quantitativen ökologischen Untersuchungen von Protozoen in Binnengewässern // Archiv für Protistenkunde. Т. 129. № 1–4. P. 187.
- Clarke K.B.* 1995. *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge: some accounts of its occurrence in East Anglia // Querkett J. Microscopy. V. 37. № 6. P. 476.
- Dolan J.R., Pierce R.W.* 2013. Diversity and distributions of tintinnid ciliates // The biology and ecology of tintinnid ciliates: Models for marine plankton. Oxford: Wiley-Blackwell. P. 214.
- Dolan J.R., Montagnes D.J., Agatha S. et al.* 2013. The biology and ecology of tintinnid ciliates: models for marine plankton. Chichester: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118358092.ch10>
- Gibson C.E., McCall R.D., Dymond A.* 1993. *Skeletonema subsalsum* in a freshwater Irish Lake // Diatom Res. V. 8(1). P. 65.
- Hargraves P.E.* 1981. Seasonal variations of tintinnids (Ciliophora: Oligotrichida) in Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A. // J. Plankton Res. V. 3. Iss. 1. P. 81. <https://doi.org/10.1093/plankt/3.1.81>
- Hasle G.R., Evensen D.L.* 1975. Brackish-water and fresh-water species of the diatom genus *Skeletonema* Grev. I. *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge // Phycologia. V. 14(4). P. 283. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-14-4-283.1>
- Kotov A.A., Karabanov D.P., Van Damme K.* 2022. Non-indigenous Cladocera (Crustacea: Branchiopoda): from a few notorious cases to a potential global faunal mixing in aquatic ecosystems // Water. V. 14. P. 2806. <https://doi.org/10.3390/w14182806>

- Mills E., Leach J., Carlton J.T., Secor C.L.* 1993. Exotic species in the Great Lakes: a history of biotic crises and anthropogenic introductions // *J. Great Lakes Res.* V. 19. № 1. P. 1.
[https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(93\)71197-1](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(93)71197-1)
- Monchenko V.I.* 2008. Redescription of the Oriental *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) from its westernmost population // *Zoology in the Middle East*. V. 43. № 1. P. 99.
<https://doi.org/10.1080/09397140.2008.10638274>
- Mordukhai-Boltovskoi P.D.* 1979. Composition and Distribution of Caspian Fauna in the Light of Modern Data // *Int. Rev. gesamt. Hydrobiol.* V. 68. № 1. P. 1.
- Occipinti-Ambrogi A.* 2007. Global change and marine communities: Alien species and climate change // *Mar. Pollut. Bull.* V. 55. P. 342.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.11.014>
- Paasche E., Johansson S., Evensen D.L.* 1975. An effect of osmotic pressure on the valve morphology of the diatom *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge // *Phycologia*. V. 14. P. 205.
- Petrusek A.* 2002. *Moina* (Crustacea: Anomopoda, Moinidae) in the Czech Republic: a review // *Acta Soc. Zool. Bohem.* V. 66. № 3. P. 213.
- Pierse R.W., Turner J.T.* 1993. Global biogeography of marine tintinnids // *Mar. Ecol. Progress Series*. V. 94(1). P. 11.
<https://doi.org/10.3354/meps094011>
- Popov A.I.* 2011. Alien species of zooplankton in Saratov Reservoir (Russia, Volga River) // *Rus. J. of Biol. Invasions*. V. 2. P. 126.
<https://doi.org/10.1134/S2075111711020093>
- Porter K.G., Feig Y.S.* 1980. The use DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol., Oceanogr.* V. 25. № 5. P. 943.
<https://doi.org/10.4319/lo.1980.25.5.0943>
- Semenova A.S., Tchougounov V.K.* 2018. The Distribution of *Moina micrura* Kurz, 1875 (Crustacea: Moinidae) in the Russian Part of the Vistula Lagoon (Baltic Sea) // *Rus. J. Biol. Invasions*. № 9. P. 175.
<https://doi.org/10.1134/S207511171802011X>
- Tang K.W., Gladyshev M.I., Dubovskaya O.P. et al.* 2014. Zooplankton carcasses and non-predatory mortality in freshwater and inland sea environments // *J. Plankton Res.* V. 36. № 3. P. 597.
<https://doi.org/10.1093/plankt/fbu014>
- Verity P.G., Villareal T.A.* 1986. The relative food value of diatoms, dinoflagellates, flagellates and cyanobacteria for tintinnid cultures // *Archiv für Protistenkunde*. V. 131. P. 71.
- Zhikharev V., Vodeneeva E., Kudrin I. et al.* 2023. The Species structure of plankton communities as a response to changes in the trophic gradient of the mouth areas of large tributaries to a Lowland Reservoir // *Water*. V. 15. P. 74.
<https://doi.org/10.3390/w15010074>

Alien Species in the Plankton Community of the Volga-Don Shipping Canal

N. G. Tarasova¹, O. V. Mukhortova^{1,*}, S. V. Bykova², A. S. Semenov^{1,3}, Ya.V. Stroynov¹, I. S. Mikryakova¹

¹*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia*

²*Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Samara, Russia*

³*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Atlantic Branch (“AtlantNIRO”), Kaliningrad, Russia*

*e-mail: muhorthova-o@mail.ru

In August 2023, a study of the plankton community of the sluice chambers of the Volga-Don shipping Canal named after V.I. Lenin and adjacent territories (the Volga River near Volgograd, between the locks and in the Tsimlyansk reservoir near Kalach-on-Don) was conducted. Alien species from various biogeographic complexes have been recorded in all its components (phyto-, proto- and metazooplankton). *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge, 1928 as part of the phytoplankton is from the Ponto-Caspian complex. The marine species *Leprotintinnus pellucides* (Cleve, 1899) is included as part of the ciliates. 9 species from various biogeographic complexes were found in zooplankton, namely: *Heterocoope caspia* Sars G.O., 1897, *Eurytemora caspica* Sukhikh & Alekseev, 2013, *Cercopagis (Cercopagis) pengoi* (Ostroumov, 1891) from Ponto-Caspian; *Cornigerius maeoticus* (Pengo, 1879) from Ponto-Azov; *Calanipeda aquaedulcis* Krichagin, 1873 from the Mediterranean; *Thermocyclops taihokuensis*, Harada, 1931 from the East Asian; American *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1893) and *Moina cf. micrura* Kurz, 1875 with uncertain status. It has been established that, despite the intensive mixing of water in the sluice chambers, alien species are actively developing and entering the rank of dominant ones. The proportion of dead Copepoda individuals in sluice chambers is lower than that of Cladocera. However, the abundance of Cladocera is so large that even with high mortality, they are part of the dominant complex of species, while some zooplankton individuals were in an active reproductive state. Significant abiotic factors for alien species in the the Volga-Don shipping Canal were electrical conductivity (for *Heterocoope caspia*, *Moina cf. micrura* and *Acanthocyclops americanus*) and temperature (for *Skeletonema subsalsum*). For crustaceans consuming detritus, bacteria, algae, ciliates and other zooplankters, reliable correlations with the listed food resources were noted.

Keywords: alien species, phytoplankton, ciliates, metazooplankton, abundance, biomass, V.I. Lenin Volga-Don Shipping Canal, sluice chamber