

РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОНТО-КАСПИЙСКИХ И ЧУЖЕРОДНЫХ КОПЕПОД (CRUSTACEA, COPEPODA) В ПЛАНКТОНЕ ВОДОЁМОВ БАССЕЙНА РЕКИ ДОН

© 2022 Лазарева В.И.

ФГУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук;
пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, 152742, Россия
e-mail: lazareva_v57@mail.ru

Поступила в редакцию 31.03.2021. После доработки 04.07.2022. Принята к публикации 06.08.2022

В 2018–2019 гг. изучен зоопланктон р. Дон от истока до дельты, включая Цимлянское водохранилище, судоходного канала Волга – Дон и верхней части Таганрогского залива Азовского моря. В бассейне р. Дон установлены местообитания двух понто-каспийских видов копепод (*Heterocope caspia* и *Eurytemora caspica*), а также трёх чужеродных видов: средиземноморской копеподы *Calanipeda aquaedulcis*, представителя неритической зоны океана *Acartia (Acanthacartia) tonsa* и восточно-азиатского эвригалинного *Thermocyclops taihokuensis*. Впервые выявлены находки *T. taihokuensis* в р. Дон выше и ниже Цимлянского водохранилища, а также в водоёмах Волго-Донского канала. Показано, что в бассейне р. Дон и Таганрогском заливе Азовского моря обитает понто-каспийская *Eurytemora caspica*. Европейская копепода *E. affinis*, которую ранее регистрировали в регионе, в обследованных участках бассейна не обнаружена. Наибольшей встречаемостью (>80% проб) характеризовались понто-каспийские виды и *Calanipeda aquaedulcis*. Максимальной численности (>100 тыс. экз./м³) достигал недавний вселенец *Thermocyclops taihokuensis*. На примере Цимлянского водохранилища выявлено, что способом расселения понто-каспийских и чужеродных видов в бассейне р. Дон могут быть масштабные работы по интродукции планктонных и донных беспозвоночных, проводившиеся в 1950–1970-х гг. в целях улучшения кормовой базы ценных видов рыб. Обсуждаются история расселения изученных видов копепод и их популяционные характеристики.

Ключевые слова: бассейн реки Дон, понто-каспийские виды, чужеродные виды, *Eurytemora caspica*, *Heterocope caspia*, *Calanipeda aquaedulcis*, *Thermocyclops taihokuensis*, *Acartia tonsa*, распределение, обилие, популяционные характеристики.

DOI: 10.35885/1996-1499-15-3-79-98

Введение

Река Дон представляет часть важнейшего для Европейской России черноморско-каспийско-волжского транзитного пути (инвазионного коридора) расселения водных организмов с юга на север, вектором которого является преимущественно судоходство [Slyn'ko et al., 2002; Слынько, Терещенко, 2014]. Устьевая система р. Дон (Таганрогский залив и дельта) из-за особенностей режима солёности и интенсивного судоходства служит «акклиматизационной камерой» для потенциально эвригалинных видов и «воротами», через которые они колонизируют воды рек или распространяются в широтном направлении вдоль побережья Азовского и Чёрного морей [Panov et al., 2009]. В настоящее время выделяют два процесса расселения

пonto-каспийских видов: Азово-Каспийский обмен через судоходный канал Волга – Дон и вторжение в Каспийско-Волго-Балтийский водный путь [Son et al., 2020].

Кроме того, в районе Нижнего Дона функционирует сложная система гидротехнических сооружений для ирригации и водоснабжения, связывающая бассейны р. Дон и нескольких других крупных рек (Днепр, Кальмиус, Кубань, Кума и Терек) [Матишов, 2016; Козлов и др., 2021; Фролова, Жук, 2021]. Каналы правобережья р. Дон напорные, вода подаётся на водоразделы рек насосами, частично их водоводы представлены наземными трубопроводами, часть которых выведена из эксплуатации в 2014 г. из-за событий на Украине. В левобережье реки, напротив, преобладают самотёчные ис-

кусственные гидросистемы. Во всех случаях для обеспечения бесперебойной работы водоводов вдоль их трассы построены каскады гидроузлов с водохранилищами и поливными прудами [Матишов, 2016]. Эти водоёмы служат накопителями видов-вселенцев, пунктами их акклимации и отправными точками дальнейшего расселения. Так, в бассейне р. Северский Донец сформирована разветвлённая водохозяйственная система, включающая четыре крупных водохранилища (ёмкостью около 1070 млн м³) многолетнего регулирования стока (Белгородское, Печенежское, Старооскольское, Краснопавловское), а также огромное количество (более 3600) прудов и небольших водохранилищ ёмкостью менее 10 млн м³ [Вишневский, 2003; Сурков, Повалишников, 2021]. Многочисленные озёра и водохранилища расположены вдоль трассы Донского Магистрального, Большого Ставропольского, Невинномысского и Кумо-Манычского каналов, подпитывающих и опресняющих гидросистему р. Маныч [Вода России..., 2021; Козлов и др., 2021].

Басейн р. Дон крайне важен для понимания путей и способов обмена видами с соседними крупными реками Волгой и Днепром. Считают [Son et al., 2020], что мониторинг водных биоинвазий в этом регионе должен быть сконцентрирован на ключевых пунктах акклимации и расселения видов: эстуарных зонах с крупными портами, выпусках каналов и устьях притоков, связывающих каналы с другими речными бассейнами, а также в зоне подогретых вод вблизи Ростовской АЭС.

История расселения понто-каспийских и чужеродных видов копепоид в бассейне р. Дон насчитывает более 70 лет. Так, понто-каспийская *Heterocope caspia* Sars, 1897 и представители рода *Eurytemora* (в основном *E. velox* (Lilljeborg, 1853)) были обычны в нижнем течении р. Дон ещё до зарегулирования [Шейнин, 1960]. В Цимлянском водохранилище (вдхр.) *Heterocope caspia* появилась в 1952 г. [Лившиц, 1954]. В 1960–1961 гг. она стала многочисленной и с этого времени начала вытеснять обычных для р. Дон копепоид рода *Eudiptomus* [Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971a]. До 1970-х гг. в Весёловском и Пролетарском водохранилищах системы р. Запад-

ный Маныч *Heterocope caspia* не обнаруживали [Круглова, 1962, 1972]. В 1970-х гг. этот вид в сравнительно большом количестве регистрировали в наиболее опреснённых участках Пролетарского вдхр. [Вольвич, 1982]. Тогда как копепоид *Eurytemora affinis* s.l. в этих водохранилищах указывали как обычный и многочисленный вид ещё в 1950–1970-х гг. при минерализации воды до 20 г/л [Круглова, 1962, 1972; Вольвич, 1982].

Средиземноморская копепода *Calanipeda aquaedulcis* Kritschagin, 1873 широко распространена в пресных и солоноватых (до 15‰) водах: реках, озёрах и морях юга Европейской России [Боруцкий и др., 1991; Степаньянц и др., 2015]. В частности, это обычный вид в лиманах Чёрного моря, в Каспийском и Азовском морях. В Северном Каспии и дельте р. Волги *C. aquaedulcis* обитает с начала прошлого века [Чугунов, 1921]. В 1960-х гг. вид проник в Волгоградское вдхр. [Вьюшкова, Гурова, 1968]. С 2017 г. *C. aquaedulcis* стала массовым видом в Средней и Нижней Волге от Куйбышевского вдхр. до дельты [Lazareva, 2018, 2019]. В р. Дон ниже плотины Цимлянской ГЭС, включая дельту, *C. aquaedulcis* стали регулярно находить в 1950-х гг. [Шейнин, 1960]. В Цимлянском вдхр. этот вид обитает с 1959 г. [Гламазда, 1971a, 1974]. В начале 1970-х гг. *C. aquaedulcis* вселили в водохранилища системы р. Маныч для улучшения кормовой базы рыб [Круглова и др., 1976]. Здесь вид успешно натурализовался, а с 1975 г. вошёл в состав доминантов зоопланктона [Вольвич, 1982].

Копепода *Acartia (Acanthacartia) tonsa* Dana, 1849 является представителем комплекса фауны неритической зоны западной Атлантики, Индийского и Тихого океанов [Gubanova, 2000]. В 1970-х гг. она заселила Чёрное море, а в 2000 г. обнаружена в Азовском море [Belmonte et al., 1994; Gubanova, 2000; Прусова и др., 2002]. С 2003 г. *A. tonsa* встречается в Азовском море фактически повсеместно, в том числе в Таганрогском заливе, за исключением его наиболее опреснённых участков (солёность <2.5‰) в дельте р. Дон [Поважный, 2009; Селифонова, 2013]. В период максимального развития (июнь – июль) численность популяции *A. tonsa* в заливе до-

стигает 36–38 тыс. экз./м³ (более 80% обилия копепод) [Селифонова, 2013; Матишов и др., 2015]. В начале 1980-х гг. данный вид вселился в Каспий [Прусова и др., 2002]. В 2010-х гг. в Северном Каспии в июле и сентябре *A. tonsa* достигала >25 тыс. экз./м³ (>70% численности зоопланктона), в Среднем Каспии – до 9 тыс. экз./м³ (>45% обилия зоопланктона) [Krupa et al., 2015].

Основной ареал *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) охватывает Центральную и Восточную Азию [Mirabdullayev, Kuzmetov, 1997; Guo, 1999; Monchenko, 2008; Dela Paz et al., 2016]. Вид также известен из Казахстана и Узбекистана [Mirabdullayev, Kuzmetov, 1997; Monchenko, 2008; Степаньянц и др., 2015; Калымбетова, 2017]. В 2000-х гг. *T. taihokuensis* обнаружен в Северо-Восточном и Среднем

Каспии [Monchenko, 2008; Шарапова, 2014; Степаньянц и др., 2015]. В бассейн р. Дон вид проник совсем недавно (10 лет назад), впервые он зарегистрирован в Цимлянском вдхр. в 2012 г. [Вехов и др., 2014].

Цель настоящей работы проанализировать распространение двух понто-каспийских и трёх чужеродных видов планктонных копепод в бассейне р. Дон в современный период.

Материал и методы

Район исследований. Река Дон – одна из крупнейших рек Европы (длина 1870 км, бассейн 422 тыс. км²), она берёт начало на севере Среднерусской возвышенности (Тульская обл.) и впадает в Таганрогский залив Азовского моря. Ширина русла реки в верхнем течении менее 150 м, в среднем течении

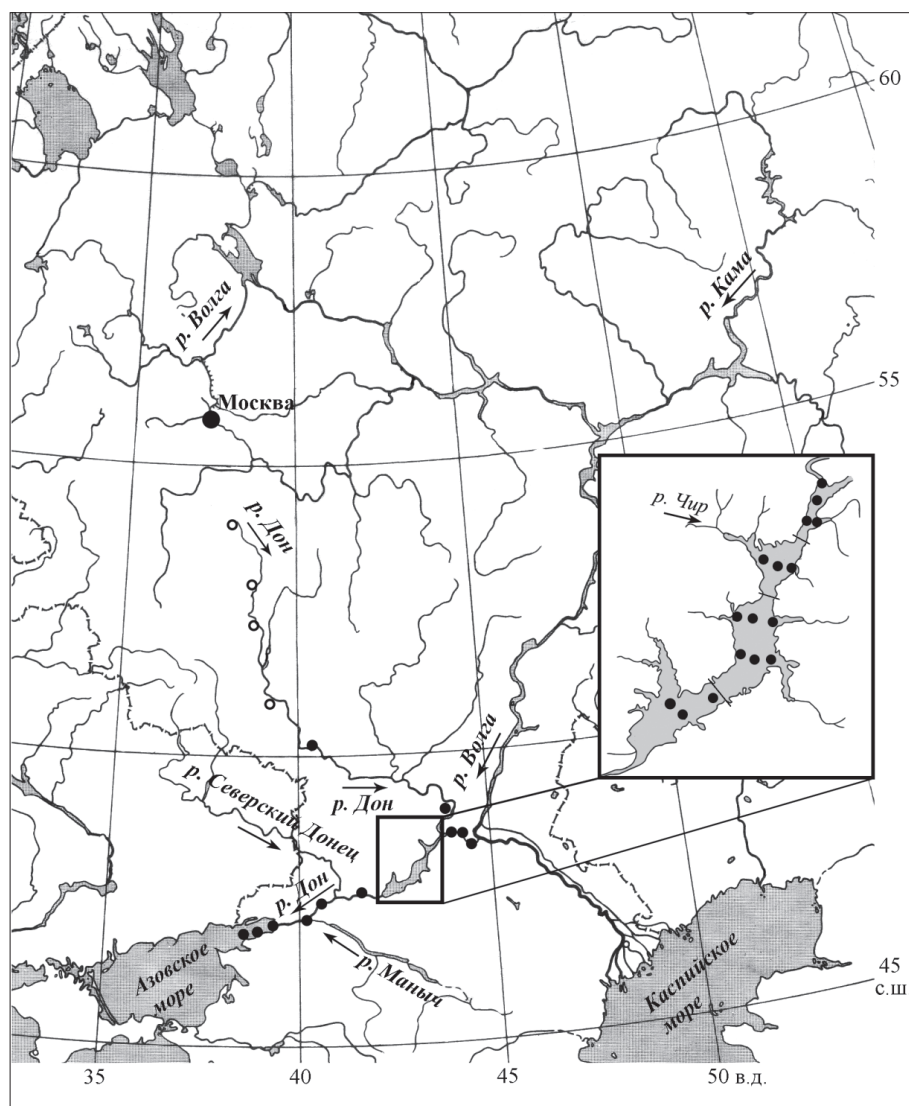


Рис. 1. Точки отбора проб и находок понто-каспийских и чужеродных планктонных копепод в бассейне р. Дон. Чёрные кружки – копеподы обнаружены, светлые кружки – не обнаружены.

ниже г. Воронежа она увеличивается до 350 м [Фролова, Жук, 2021]. Пойма р. Дон ниже Цимлянского вдхр. расширяется до 10–30 км, русло – до 550 м. Здесь расположены множество ответвлений русла (ериков), стариц и озёр. В этом районе р. Дон принимает главные притоки: справа в него впадает р. Северский Донец (длина 1050 км, площадь бассейна – 99 тыс. км²), слева – р. Западный Маныч (длина 420 км, бассейн 48 тыс. км²). От Пролетарского вдхр. до устья р. Маныч доступна для прохода грузовых судов с низкой осадкой [Козлов и др., 2021]. Ниже г. Ростова-на-Дону начинается дельта р. Дон с многочисленными рукавами (длина дельты 38 км, площадь 540 км²). Река судоходна на протяжении 1355 км от Таганрогского залива до г. Лиски.

В среднем течении р. Дон существует единственное на этой реке Цимлянское вдхр. (координаты центра 47°50' с. ш., 42°50' в. д.), заполненное в 1952–1953 гг. (рис. 1). При нормальном подпорном уровне (НПУ, 36 м БС (балтийская система высот)) его площадь 2700 км², средняя глубина 8.8 м, максимальная 30 м, скорость водообмена 1.05 год⁻¹ [Авакян и др., 1987]. Чаша водохранилища образована котловиной с тремя расширениями, приуроченными к устьевым областям рек Чир, Аксай Курмоярский и Цимла; выделяют четыре плёса: Верхний, Чирской, Потёмкинский и Приплотинный [Вехов и др., 2014].

В верхнем участке Цимлянского вдхр. ниже г. Калача расположен вход в судоходный канал Волга – Дон (рис. 1), он построен в 1952 г. Со стороны Волги канал начинается ниже г. Волгограда, по долине р. Сарпа (приток р. Волга) он проходит к водоразделу рек Волги и Дона, затем выходит в долину р. Червлёная (приток р. Дон), на которой системой плотин и шлюзов образованы два небольших водохранилища Варваровское (48°34' с. ш., 44°10' в. д., 26 км²) и Бреславское (48°37' с. ш., 44°06' в. д., 15 км²), далее канал выходит в долину р. Карповка (приток р. Дон) и Карповское вдхр. (48°38' с. ш., 43°40' в. д., 42 км²) [Моруков, 2006]. Канал питается донской водой, которая подаётся тремя насосными станциями на водораздел в Варваровское вдхр., откуда самотёком стекает в Волгу. Карповское и Бреславское водохранилища сравнительно

мелководны (средняя глубина менее 4 м), в Варваровском средняя глубина (7.8 м) близка к таковой в Цимлянском вдхр. [Авакян и др., 1987].

Цимлянское вдхр. по уровню развития фитопланктона (до 50 мг/л) характеризуют как гипертрофное [Вехов и др., 2014; Минеева и др., 2020]. Водохранилища канала Волга – Дон также относятся к высокопродуктивным экосистемам, однако сведения об их современном трофическом статусе в литературе отсутствуют. Нижний Дон относят к нарушенным, сильно техногенно загрязнённым, а в последние годы ещё и осолонённым экосистемам [Матишов и др., 2016, 2018].

Отбор и лабораторный анализ проб. В конце августа – начале сентября 2018 г. обследована акватория Цимлянского вдхр. (16 станций), а также три небольших водохранилища канала Волга – Дон (4 станции) (рис. 1). В начале октября 2019 г. изучен зоопланктон р. Дон от истока до дельты (12 станций).

На водохранилищах ракообразных учитывали в тотальных пробах зоопланктона, которые отбирали сетью Джели с диаметром входного отверстия 12 см и ситом с ячейей 74 мкм, облавливали весь столб воды от дна до поверхности водоёма. В р. Дон пробы отбирали в прибрежье (глубина 1–2 м) мерным ведром с последующей концентрацией планктона через сито с ячейей 74 мкм, фильтровали 100 л воды. Все сборы фиксировали 4%-м формалином и просматривали в лаборатории под стереомикроскопом StereoDiscovery-12 (Carl Zeiss, Jena). Таксономическую идентификацию копепод проводили с использованием работ [Монченко, 1974; Боруцкий и др., 1991; Guo, 1999; Прусова и др., 2002; Monchenko, 2008; Sukhikh, Alekseev, 2013; Степаньянц и др., 2015; Dela Paz et al., 2016].

В пробах определяли общую численность вселенцев, размеры половозрелых рачков, соотношение полов и плодовитость самок. Численность приведена с учётом копеподитов и науплиусов, количество которых принимали пропорциональным обилию взрослых особей данных видов, обнаруженных в пробе. Длину тела рачков измеряли с помощью окулярного микрометра 50/10 мм Stemі при увеличении 25–50х. Фотографии выполнены камерой

AxioCam MRc5 (микроскоп StereoDiscovery V.12) при увеличении 60x, а также NikonDS-Fi1 (микроскоп Nikon Eclipse 80i) при увеличении 20–60x.

Результаты исследования

Распространение и распределение обилия. В бассейне р. Дон обнаружены два понто-каспийских вида (*Heterocope caspia* и *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev, 2013), один средиземноморский (*Calanipeda aquaedulcis*), один из неритической зоны западной Атлантики, Индийского и Тихого океанов (*Acartia tonsa*) и один восточноазиатский эвригалинный (*Thermocyclops taihokuensis*). Большин-

ство вселенцев относились к Calanoida, только один вид (*T. taihokuensis*) – к Cyclopoidea. Указанные виды обнаружены на глубинах от 1 до 18 м при температуре воды в августе 21–23 °С и в октябре при 14–16 °С (табл. 1).

Понто-каспийские копеподы и *Calanipeda aquaedulcis* обитали в водоёмах Волго-Донского канала и р. Дон от г. Калача до верхней части её эстуария (Таганрогский залив Азовского моря) (табл. 1), встречаемость всех трёх видов была очень высокой (80–86% проб). Для *Thermocyclops taihokuensis* она составляла 64% проб и была максимальной в Цимлянском вдхр. (76% проб). Этот вид дальше других проникал вверх по р. Дон, в небольшом

Таблица 1. Характеристики местообитаний понто-каспийских и чужеродных видов копепод в бассейне р. Дон в 2018–2019 гг.

Станция	Координаты, с. ш., в. д.	Глубина, м	T _{воды} , °С	Вид	Авандельта, км
р. Дон выше водохранилища					
р. Дон у с. Казанская	49°47.340', 41°08.262'	1	14	<i>T. taihokuensis</i>	770
Канал Волга – Дон					
Варваровское вдхр.	48°29.460', 44°13.565'	8–12	23	<i>C. aquaedulcis</i> , <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	500
Бреславское вдхр.	48°36.565', 44°05.919'	6–8	22	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	490
Карповское вдхр.	48°38.177', 43°40.205'	5	23	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	460
Цимлянское вдхр.					
Верхний участок	48°37.196', 43°31.801'	1–7	14–23	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	445
Чирской участок	48°22.766', 43°10.294'	1–9	21–22	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	410
Потёмкинский участок	47°52.480', 42°54.038'	3–12	21–22	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	350
Приплотинный участок	47°43.071', 42°22.419'	11–18	22	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	290
р. Дон ниже водохранилища					
р. Дон у пос. Константиновск	47°33.924', 41°07.854'	2	16	<i>C. aquaedulcis</i> , <i>H. caspia</i> <i>E. caspica</i>	190
р. Дон у пос. Семикаракорск	47°32.346', 40°48.870'	2	16	<i>C. aquaedulcis</i> , <i>H. caspia</i> <i>E. caspica</i>	155
Устьевая область р. Маныч	47°14.904', 40°15.342'	1	14	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	90
Дельта р. Дон ниже порта г. Азов (левый берег)	47°07.632', 39°22.584'	2	16	<i>C. aquaedulcis</i> , <i>H. caspia</i> <i>E. caspica</i>	16
Авандельта р. Дон у с. Займо-Обрыв (левый берег)	47°01.974', 39°18.192'	1	15	<i>T. taihokuensis</i> , <i>C. aquaedulcis</i> <i>H. caspia</i> , <i>E. caspica</i>	0
Таганрогский залив у с. Чумбур-Коса (левый берег)	46°57.336', 38°55.236'	1	15	<i>C. aquaedulcis</i> , <i>E. caspica</i> <i>A. tonsa</i>	–30

Примечание. T_{воды} – температура воды. Авандельта – расстояние до станции от авандельты р. Дон, км.

количестве (менее 30 экз./м³) он зарегистрирован у станицы Казанская (49°47' с. ш.) – это на 240 км выше зоны выклинивания подпора Цимлянского вдхр. Однако он отсутствовал в Варваровском вдхр. – самом восточном и ближнем к р. Волга в системе канала Волга – Дон (табл. 1). В дельте р. Дон *T. taihokuensis* тоже обнаружен (350 экз./м³), но не найден в верхней (восточной) части Таганрогского залива. Копепода *Acartia tonsa* зарегистрирована в сравнительно большом количестве (более 10 тыс. экз./м³) у левого (южного) берега Таганрогского залива вблизи с. Чумбур-Коса (табл. 1).

Наибольшую численность всех видов, за исключением *Acartia tonsa*, регистрировали в разных участках водохранилищ на расстоянии 290–490 км от авандельты р. Дон (рис. 2). Так, *Thermocyclops taihokuensis* был многочислен (140–170 тыс. экз./м³) в Верхнем и Чирском участках Цимлянского вдхр., *Heterocope caspia* достигала 20–50 тыс. экз./м³ в Потёмкинском и Приплотинном участках этого водохранилища, а также в Бреславском вдхр. Почти 50 тыс. экз./м³ формировала *Calanipeda aquaedulcis* в Приплотинном участке Цимлянского вдхр. Обилие *Eurytemora caspica* было максимально

(18 тыс. экз./м³) в Карповском вдхр. В р. Дон ниже плотины Цимлянской ГЭС заметную численность образовывали только *Calanipeda aquaedulcis* (до 6 тыс. экз./м³) и *Eurytemora caspica* (до 4 тыс. экз./м³).

На большинстве участков обитали совместно 3–4 вида вселенцев (рис. 3). В водохранилищах наибольший вклад (более 40%) в их общую численность вносили *Thermocyclops taihokuensis*, *Heterocope caspia* и *Calanipeda aquaedulcis*. В реке от плотины Цимлянской ГЭС до дельты преобладала (более 50% численности вселенцев) *C. aquaedulcis*, в авандельте – *Eurytemora caspica* (более 50%), а в Таганрогском заливе – *Acartia tonsa* (более 70%).

Характеристики видов копепод.
Eurytemora caspica – самая мелкая среди понто-каспийских копепод, обитающих в бассейне р. Дон. Длина тела половозрелых самок в реке ниже Цимлянского вдхр. достигала 1.3 мм (среднее 1.0±0.04 мм), самцов – 1.1 мм (среднее 0.9±0.02 мм). Сравнительно крупные особи (самки до 1.2 мм, самцы до 1.1 мм) отмечены также в Волго-Донском канале (табл. 2). В Цимлянском вдхр. количество самок было почти вдвое больше, чем самцов, в водоёмах канала Волга – Дон соотношение

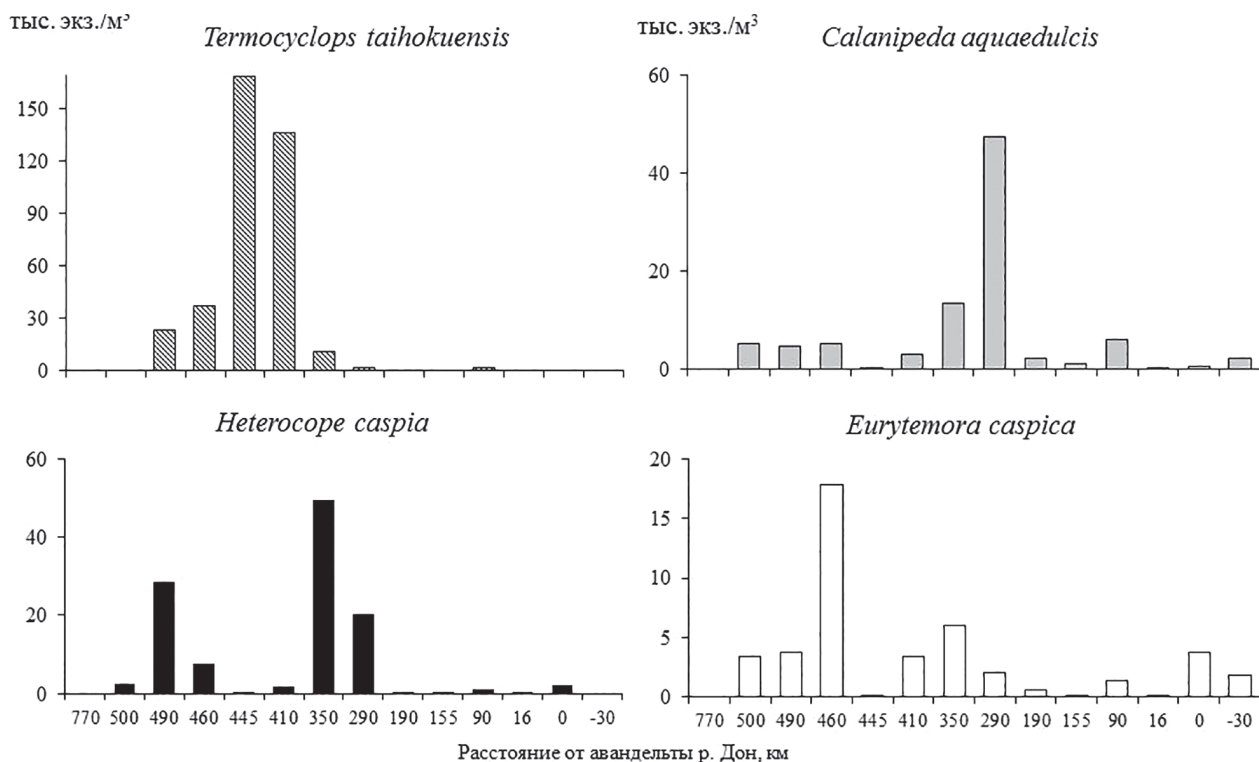


Рис. 2. Численность копепод в бассейне р. Дон на разном удалении от авандельты.

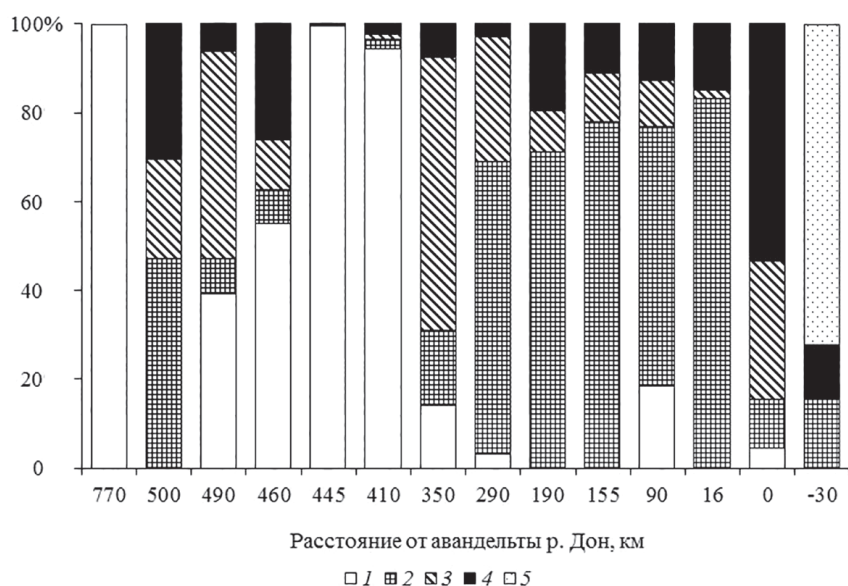


Рис. 3. Соотношение обилия исследованных копепод в разных участках бассейна р. Дон. 1 – *Thermocyclops taihokuensis*, 2 – *Calanipeda aquaedulcis*, 3 – *Heterocope caspia*, 4 – *Eurytemora caspica*, 5 – *Acartia tonsa*.

полов было близким к 1:1, в речном участке преобладали самцы. Максимальная индивидуальная плодовитость *E. caspica* (в среднем 23 ± 1.4 , максимально до 35 яиц в яйцевом мешке) зарегистрирована в Цимлянском вдхр. Крайне низкой (1–6 яиц на самку) была плодовитость вида в р. Дон ниже Цимлянского вдхр. Вероятно, это определялось сочетанием высокой скорости течения и недостатка пищи. Фотографии рачков и описание их определительных признаков приведены в работах [Sukhikh, Alekseev, 2013; Lazareva, 2019].

Heterocope caspia наиболее крупный вид копепод в бассейне р. Дон. Длина тела взрослых самок составляла 1.4–1.6 мм, самцов 1.3–1.4 мм, наибольшие размеры тела рачков зарегистрированы в Цимлянском вдхр. (табл. 3). В реке ниже водохранилища обнаружены преимущественно копеподиты *H. caspia*. Соотношение полов повсюду было близко к 1:1. Индивидуальная плодовитость этого вида сильно варьировала, среднее (19 ± 1.8 яиц на самку) и максимальное значение (до 37 яиц на самку) были наибольшими в Цимлянском вдхр. Фотографии рачков и их определитель-

Таблица 2. Некоторые характеристики *Eurytemora caspica* из разных участков бассейна р. Дон в августе – октябре 2018–2019 гг.

№	Показатель	Участок			
		1	2	3	4
1	Численность, тыс. экз./м ³	0.1–17.9	3.1–17.9	0.2–1.3	0.1–3.8
2	Длина тела ♀, мкм	972 ± 16 720–1160	995 ± 16 880–1080	1000 ± 36 800–1160	1037 ± 23 960–1280
3	Длина тела ♂, мкм	951 ± 7 840–1120	935 ± 18 840–1040	923 ± 15 880–1160	953 ± 15 920–1040
4	Плодовитость, яиц/♀	16 ± 1.2 6–40	23 ± 1.4 14–35	2 ± 0.4 1–4	4 ± 0.6 2–6
5	♀/♂	0.9	1.7	0.6	1.2
7	n	112	35	24	26

Примечание. Участки: 1 – Цимлянское вдхр., 2 – канал Волга – Дон, 3 – р. Дон ниже Цимлянского вдхр., 4 – дельта р. Дон. Здесь и в таблицах 3–6: ♀/♂ – соотношение количества самок и самцов в популяции, n – количество особей, использованных для популяционного анализа. Здесь и в таблицах 3–5: для показателя 1 приведены минимум и максимум, для показателей 2–4: над чертой – среднее с его ошибкой, под чертой – минимум и максимум.

Таблица 3. Некоторые характеристики *Heteroscope caspia* из разных участков бассейна р. Дон в августе – октябре 2018–2019 гг.

№	Показатель	Участок	
		1	2
1	Численность, тыс. экз./м ³	0.1–128.3	1.0–28.6
2	Длина тела ♀, мкм	$\frac{1453 \pm 22}{1200-1640}$	$\frac{1360 \pm 22}{1200-1400}$
3	Длина тела ♂, мкм	$\frac{1317 \pm 8}{1280-1400}$	$\frac{1219 \pm 19}{1120-1280}$
4	Плодовитость, яиц/♀	$\frac{19 \pm 1.8}{6-37}$	$\frac{13 \pm 4.4}{3-24}$
5	♀/♂	1.3	1.0
7	n	82	23

Примечание. Участки: 1 – Цимлянское вдхр., 2 – канал Волга – Дон.

ные признаки приведены в работе [Lazareva, 2019].

Копепода *Calanipeda aquaedulcis* – крупный, хорошо заметный вселенец. Длина тела самок в р. Дон достигала 1.4 мм, самцов – 1.2 мм. Размеры взрослых особей вида почти не изменялись от участка к участку, соотношение полов было повсеместно близко к 1:1 (табл. 4). В конце лета *C. aquaedulcis* активно размножалась, самки несли до 23 яиц, наибольшая индивидуальная плодовитость (в среднем 19 ± 0.8 яиц на самку) наблюдалась в водоёмах Волго-Донского канала. В реке ниже Цимлянского вдхр. яйценосные самки отсутствовали, популяция была представлена в основном копеподитами. Фотографии рачков и описание их определительных признаков приведено в работах [Lazareva, 2018, 2019].

Габитус копеподы *Thermocyclops taihokuensis* заметно отличался от такового представителей рода, обычных в водоёмах бассейна р. Дон: *T. oithonoides* (Sars, 1863) и *T. crassus* (Fischer, 1853). Самки *T. taihokuensis* крупнее и массивнее, благодаря чему хорошо заметны в пробах зоопланктона. Апикальные щетинки их фурки широко расставлены, центральные из них S-образно изогнуты (рис. 4а). Боковая щетинка заметно сдвинута на спинную сторону фуркальных ветвей и расположена в нижней трети их длины. Яйцевые мешки самок длинные и плотно прижаты к абдомену. Боковые ветви семяприёмника самки удлинённые с сильно изогнутыми боковыми краями (рис. 2б). Внутренний шип дистального членика эндоподита четвёртой пары ног прямой и мощный, вооружён крепкими

Таблица 4. Некоторые характеристики *Calanipeda aquaedulcis* из разных участков бассейна р. Дон в августе – октябре 2018–2019 гг.

№	Показатель	Участок	
		1	2
1	Численность, тыс. экз./м ³	0.1–91.8	4.8–6.0
2	Длина тела ♀, мкм	$\frac{1267 \pm 12}{1080-1400}$	$\frac{1268 \pm 22}{1200-1360}$
3	Длина тела ♂, мкм	$\frac{1093 \pm 18}{960-1160}$	$\frac{1025 \pm 18}{920-1080}$
4	Плодовитость, яиц/♀	$\frac{15 \pm 0.5}{12-23}$	$\frac{19 \pm 0.8}{17-22}$
5	♀/♂	1.1	1.0
7	n	74	16

Примечание. Участки: 1 – Цимлянское вдхр., 2 – канал Волга – Дон.

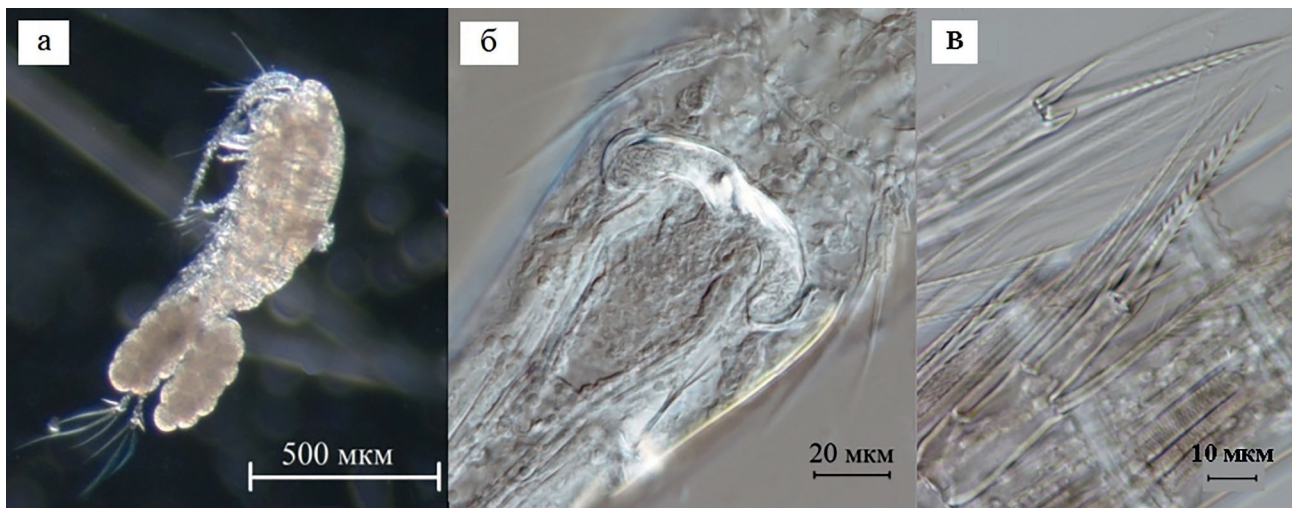


Рис. 4. Строение тела самки *Thermocyclops taihokuensis*. а – общий вид яйценосной самки, б – семяприёмник, в – дистальные членики четвёртой пары ног с апикальными шипами [по: Lazareva et al., 2022].

зубцами, симметрично расположенными на обоих его краях (рис. 2в). Одним из отличительных признаков самца являются очень длинные и тонкие центральные апикальные щетинки фурки, концы которых сильно согнуты на брюшную сторону.

Максимальная длина тела самок *T. taihokuensis* достигала 1.2 мм, самцов 0.9 мм, наиболее крупные особи обитали в Цимлянском вдхр. (табл. 5). Соотношение полов варьировало от 1:1 в канале Волга – Дон до 2:1 в дельте р. Дон. Наибольшую индивидуальную плодовитость (в среднем 20 ± 1 , максимум до 36 яиц на самку) регистрировали в Цимлянском вдхр.

Взрослые особи *Acartia tonsa* из эстуария р. Дон характеризовались небольшими

размерами тела, наибольшая длина самок не превышала 1 мм, самцов 0.8 мм (табл. 6). В популяции преобладали самки, которых было почти вдвое больше, чем самцов. О размножении вида свидетельствовало наличие сперматофоров у самок и самцов. Самки *A. tonsa* не вынашивают яйца в яйцевом мешке, а откладывают прямо в воду. Яйца опускаются на дно, что изолирует их от взрослых особей и исключает каннибализм [Stottrup et al., 1986]. Определение плодовитости этого вида возможно только в эксперименте.

Отличительными характеристиками строения тела *A. tonsa* являлись короткий абдомен и укороченные фуркальные ветви. У самки длина фуркальных ветвей немного больше ширины, а у самца они почти круглые (рис.

Таблица 5. Некоторые характеристики *Thermocyclops taihokuensis* из разных участков бассейна р. Дон в августе–октябре 2018–2019 гг.

№	Показатель	Участок		
		1	2	3*
1	Численность, тыс. экз./м ³	4.1–624.8	24.1–30.8	0.4
2	Длина тела ♀, мкм	980 ± 13 760–1160	864 ± 27 800–920	920
3	Длина тела ♂, мкм	758 ± 13 680–880	704 ± 16 680–760	760
4	Плодовитость, яиц/♀	20 ± 1.2 10–36	18 ± 1.4 14–20	26
5	♀/♂	1.5	1.0	2.0
7	n	91	10	3

Примечание. Участки: 1 – Цимлянское вдхр., 2 – канал Волга – Дон, 3 – дельта р. Дон. * – единичные находки вида.

Таблица 6. Некоторые характеристики *Acartia tonsa* из верхней (восточной) части Таганрогского залива в октябре 2019 г.

№	Показатель	Значения
1	Численность, тыс. экз./м ³	10.6*
2	Длина тела ♀, мкм	876±28 680–1000
3	Длина тела ♂, мкм	813±20 720–840
4	♀/♂	1.7
5	n	16

Примечание. Для показателей 2–3: над чертой – среднее с его ошибкой, под чертой – минимум и максимум. * – данные для одной станции, единственная проба.

5б и 5г). Все апикальные щетинки фурки покрыты длинными густыми волосками, которые отсутствовали только на дорзальной щетинке. Пятая пара ног (P5) самок очень маленькая, но хорошо просматривалась при латеральном положении тела. В этом положении на передней поверхности базиподита P5 *A. tonsa* виден бугорок (рис. 5а), который

отсутствует у родственного вида *A. clausi* Giesbrecht, 1889. Удлиненный дистальный членик P5 *A. tonsa* переходит в длинную и тонкую щетинку, в средней части густо покрытую волосками (рис. 5а). Апикальная и латеральная щетинки P5 почти одинаковой длины. От других копепод, перечисленных в настоящей работе, акарцию также можно от-

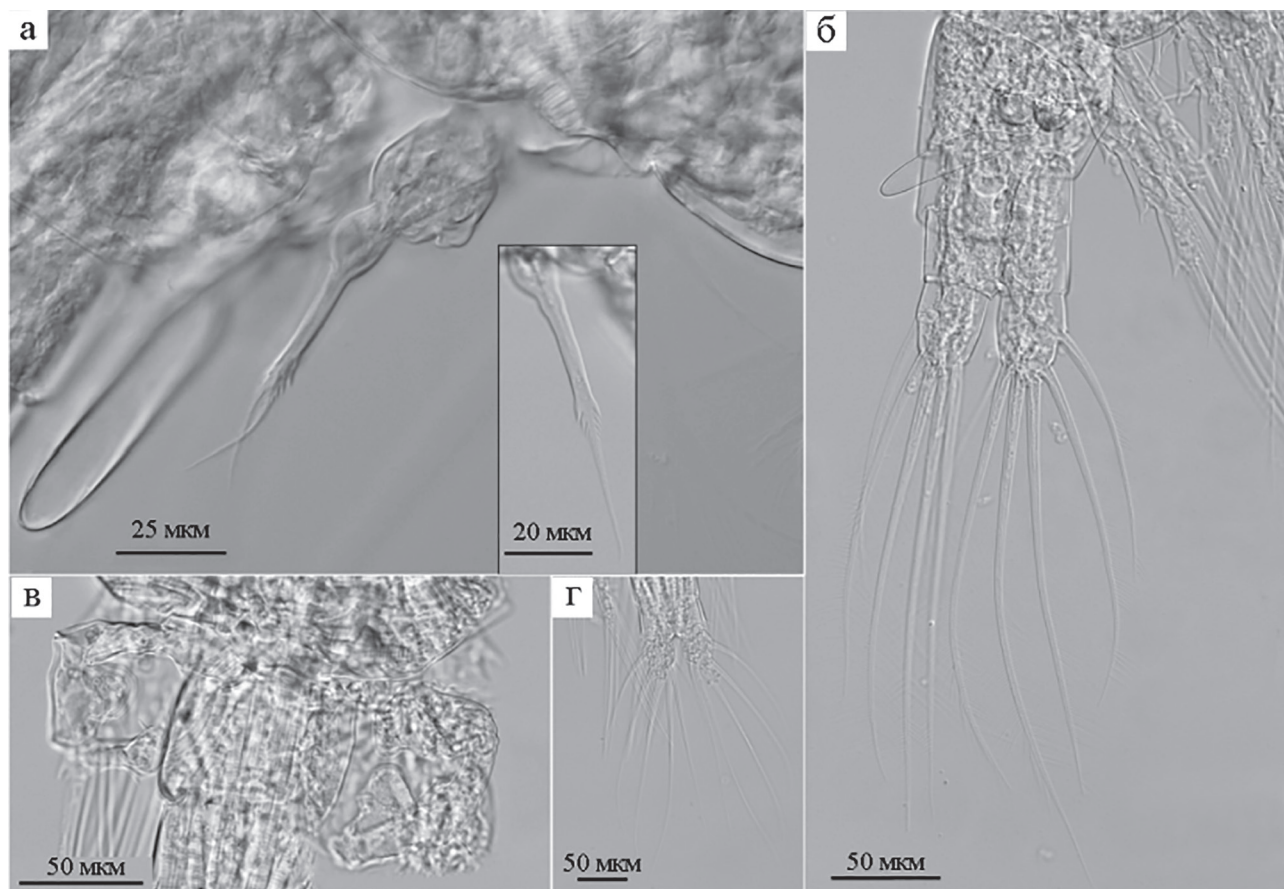


Рис. 5. Строение тела *Acartia tonsa*. а – генитальный сегмент со сперматофором и пятая пара ног (P5) самки в латеральном положении, на врезке апикальная щетинка P5; б – abdomen и вооружение фуркальных ветвей самки в вентральном положении; в – abdomen и P5 самца в дорзальном положении, г – вооружение фуркальных ветвей самца.

личить по форме веера апикальных щетинок фурки (рис. 5б и 5г), строению P5 самца (рис. 5в) и антеннулам с длинными, густо оперёнными щетинками. Подробное описание морфологии *A. tonsa*, рисунки и микрофотографии деталей строения приведены в работах [Belmonte et al., 1994; Прусова и др., 2002].

Существование вселенцев, понто-каспийских и аборигенных видов копепод. В конце лета в Цимлянском вдхр. и всех трёх водохранилищах канала Волга – Дон фактически всю численность копепод формировали вселенцы и понто-каспийские виды. В канале единично отмечали аборигенные виды *Thermocyclops crassus* и *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), а также ещё одного вселенца *Acanthocyclops americanus* (Marshall, 1892). Напротив, в Цимлянском вдхр. *A. americanus* был массовым видом (13–14% обилия ракообразных). Из аборигенных копепод единично зарегистрированы *Thermocyclops crassus* и *Mesocyclops leuckarti* в основном в Верхнем участке водохранилища.

В октябре в р. Дон ниже Цимлянской ГЭС и выше выклинивания подпора водохранилища отмечены отдельные особи двух нативных видов *M. leuckarti* и *Thermocyclops crassus*. В реке выше станицы Казанской вселенцы и понто-каспийские виды отсутствовали, местные копеподы были представлены немногочисленными (суммарно <5 тыс. экз./м³) литоральными формами преимущественно Cyclopoidea: *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851), *E. macrurus* (Sars, 1863), *E. macruroides* (Lilljeborg, 1901), *Paracyclops fimbriatus* (Fischer, 1853) и *Macrocyclus albidus* (Jurine, 1820). Копеподиты Calanoida *Eurytemora velox* отмечены у левого берега р. Дон вблизи п. Лиски, взрослые особи *Arctodiaptomus wierzejskii* (Richard, 1888) – у станицы Казанская. Таким образом, в большинстве обследованных участков бассейна р. Дон, в том числе во всех водохранилищах, в таксоценозе пелагических копепод в конце лета и осенью по встречаемости и обилию преобладали понто-каспийские и чужеродные виды копепод.

Обсуждение результатов

С учётом литературных данных наибольшее число понто-каспийских и чужеродных видов копепод выявлено в дельте р. Дон (5 ви-

дов), а также Таганрогском заливе на границе с донской дельтой, Цимлянском вдхр., р. Дон ниже водохранилища и водоёмах Волго-Донского канала (по 4 вида в каждом участке) (табл. 7). В 2018–2019 гг. впервые выявлено местообитание копеподы *T. taihokuensis* в четырёх участках за пределами Цимлянского вдхр. Кроме того, установлено, что в бассейне р. Дон и Таганрогском заливе Азовского моря обитает понто-каспийская *Eurytemora caspica*. Европейская копепода *E. affinis* (Porre, 1880), отмеченная в работах [Поважный, 2009; Свистунова и др., 2014; Матишов и др., 2016], в обследованных участках бассейна не обнаружена. Не проверенной остаётся видовая принадлежность представителей рода *Eurytemora* в водоёмах маньчжурской системы. Все четыре вида копепод, населяющие Волго-Донской канал (табл. 7), обитают как в Цимлянском вдхр., так и в р. Волге ниже г. Волгограда [Lazareva, 2019].

Следует отметить высокую численность *Acartia tonsa* в Таганрогском заливе вблизи авандельты р. Дон (табл. 1) и отдельные находки этого вселенца в рукавах дельты [Свистунова и др., 2014]. Отсюда яйца и науплиусы *A. tonsa* могут проникнуть с водоплавающими птицами в водохранилища р. Маныч, расстояние от авандельты до Весёловского и Пролетарского водохранилищ всего 100–200 км. Диапазон оптимальной солёности для данного вида 2–25‰ [Castro-Longoria, 2003; Поважный, 2009; Селифонова, 2013; Krupa et al., 2015]. Минерализация воды в Чограйском и Весёловском водохранилищах составляет 2–3‰, в Пролетарском – 5–20‰, в его центре 35–50‰ [Степаньян, Старцев, 2014]. Можно предположить, что *A. tonsa* в ближайшие 10 лет способна заселить подходящие для неё участки этих водоёмов. Ранее водоёмы р. Маныч освоила *Calanipeda aquaedulcis*, интродуцированная туда в 1970-х гг. [Вольвич, 1982; Степаньян, Старцев, 2014; Матишов и др., 2016]. Она обладает сходными требованиями к солёности воды (0.5–29‰) [Биологические инвазии..., 2004; Селифонова, 2013].

Наряду с такими традиционными векторами биоинвазий, какими являются судоходство и строительство гидротехнических сооружений [Мордухай-Болтовской, 1960; Морду-

Таблица 7. Современное распространение понто-каспийских и чужеродных видов копепод в бассейне р. Дон с учётом собственных и литературных данных

Участок	Понто-каспийские виды		Чужеродные виды			Источник
	<i>Heterocope caspia</i>	<i>Eurytemora caspica</i>	<i>Calanipeda aquaedulcis</i>	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	<i>Acartia tonsa</i>	
р. Дон выше Цимлянского вдхр.	–	–	–	+	–	[12]
Канал Волга – Дон	+	+	+	+	–	[4]
Цимлянское вдхр.	+	+*	+	+	–	[1, 3, 4]
р. Дон ниже Цимлянско-го вдхр.	+	+*	+	+	–	[6, 12]
р. Северский Донец (водохранилища)	–	–	–	–	–	[5]
р. Северский Донец (нижнее течение)	+	–	+	–	–	[6]
р. Западный Маныч	–	+*	+	–	–	[6, 9, 10]
Дельта р. Дон	+	+*	+	+	+	[2, 12]
Таганрогский залив	+	+*	+	–	+	[7, 8, 11, 12]

Примечание. Источники: 1 – Свистунова, Саяпин, 2010; 2 – Свистунова и др., 2014; 3 – Голоколёнова и др., 2019; 4 – Лазарева, Сабитова, 2021; 5 – Шамова и др., 2014; 6 – Матишов и др., 2016; 7 – Поважный, 2009; 8 – Селифонова, 2013; 9 – Кренёва и др., 2010; 10 – Степаньян, Старцев, 2014; 11 – Матишов и др., 2015; 12 – данные автора. * – в литературных источниках указана *Eurytemora affinis* s.l.

хай-Болтовской, Дзюбан, 1976; Slyn'ko et al., 2002; Биологические инвазии..., 2004], в бассейне р. Дон большое значение имеет плановая интродукция в 1950–1970-х гг. водных ракообразных в целях улучшения кормовых ресурсов ценных видов рыб. Из планктонных ракообразных намеренно вселяли только *C. aquaedulcis* в Пролетарское и Весёловское водохранилища [Круглова и др., 1976]. Однако из дельты р. Дон в 1951–1956 гг. интродуцировали мизид и корофид в водоёмы маньчжурской системы, а в 1955–1958 гг. – мизид в Цимлянское вдхр. [Карпевич, 1975]. С этими донными ракообразными попутно могли занести яйца, науплиусов, а возможно и взрослых особей некоторых копепод. Так, регулярными наблюдениями на Цимлянском вдхр. установлено [Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971а, 1974], что в 1959–1961 гг. фактически сразу после вселения мизид стали многочисленными *C. aquaedulcis* и *Heterocope caspia*.

Донных животных в этот водоём вселяли неоднократно. В частности, в 1958–1965 гг. из Таганрогского залива в Цимлянское вдхр.

интродуцировали полихет и моллюсков [Карпевич, 1975]. Именно в эти сроки или немного позже в водоёме начали расселяться и достигли массового развития понто-каспийские солоноватоводные кладоцеры (*Cornigerius maeoticus* (1961 г.), *Podonevadne trigona ovum* (1966 г.) и *Cercopagis pengoi* (1970 г.) [Гламазда, 1969, 1971а, б]. Их латентные яйца могли попасть сюда из донных отложений, с которыми транспортировали полихет. Представленные примеры указывают на то, что масштабные работы XX в. по искусственному «улучшению» состава и общей продуктивности водоёмов Понто-каспийского бассейна необходимо учитывать при анализе источников и векторов расселения планктонных беспозвоночных. Ниже приведено описание современного распространения (после 2010 г.) в бассейне р. Дон, условий обитания, а также сравнительный анализ характеристик пяти изученных видов копепод.

В настоящее время *Heterocope caspia* образует до 57% численности ракообразных летнего зоопланктона в центральной и юж-

ной части Цимлянского вдхр., а также до 20% в водоёмах Волго-Донского канала [Свистунова, Саяпин, 2010; Голоколенова и др., 2019; Лазарева, Сабитова, 2021]. До поздней осени вид встречается в р. Дон ниже плотины Цимлянской ГЭС (табл. 1). Этот вид зарегистрирован также в нижнем участке р. Северский Донец [Матишов и др., 2016]. Но выше по течению в Белгородском и Старооскольском водохранилищах *H. caspia* не обнаружена [Шмакова и др., 2014]. С 2010-х гг. *H. caspia* не упоминают в составе массовых представителей зоопланктона Манычских водохранилищ, вероятно из-за слишком высокой (до 50 г/л) минерализации воды [Кренёва и др., 2010; Степаньян, Старцев, 2014; Матишов и др., 2016].

В Азовском море *H. caspia* в небольшом количестве обитает преимущественно в опреснённом Таганрогском заливе при <7‰ [Поважный, 2009; Селифонова, 2013]. Она может жить в пресной воде [Мордухай-Болтовской, Дзюбан, 1976]. С середины 1960-х *H. caspia* обитает в водохранилищах р. Волги [Волга и её жизнь, 1978; Тимохина, 2000]. Здесь вид размножается всё лето, сезонные пики численности в Куйбышевском вдхр. отмечены в июле и августе-сентябре [Тимохина, 2000]. В 2015–2017 гг. установлено, что вид многочислен (обычно 2–7, локально более 40 тыс. экз./м³) по всей Волге от г. Астрахань до устья р. Камы и по Каме от её слияния с р. Волгой до верховьев Камского вдхр. при минерализации воды <0.4 г/л [Lazareva, 2019]. Средняя длина взрослых самок *H. caspia* из бассейна р. Дон составляет 1.41±0.02 мм, их плодовитость – 16±4 яйца на самку. Самки из р. Волги (1.54±0.03 мм) несколько крупнее донских, но их плодовитость (17±1 яйца на самку) сопоставима с донскими [Lazareva, 2019].

С середины 1970-х гг. для Цимлянского вдхр. как массовый вид указывают *Eurytemora* cf. *affinis* Порре, 1880 [Гламазда, 1974; Шевлякова, 2002; Свистунова, Саяпин, 2010; Вехов и др., 2014]. Он многочислен также в Азовском море при солёности до 11‰ и р. Дон ниже Цимлянского вдхр. при минерализации воды <1 г/л [Поважный, 2009; Селифонова, 2013; Свистунова и др., 2014; Матишов

и др., 2016]. В водоёмах системы р. Маныч с 2010-х гг. *E. cf. affinis* малочисленна или отсутствует [Кренёва и др., 2010; Матишов и др., 2016]. В р. Северский Донец, а также в Белгородском и Старооскольском водохранилищах вид не зарегистрирован [Шмакова и др., 2014; Матишов и др., 2016].

Ракообразных этого рода, вселившихся в 1980-х гг. в водохранилища Средней и Нижней Волги, также идентифицировали как *E. affinis* [Тимохина, 2000]. По материалам из дельты Волги и Северного Каспия, в 2013 г. из комплекса криптических видов *E. affinis* s.l. выделен новый вид *E. caspica* [Sukhikh, Alekseev, 2013]. На основании морфологических и молекулярных методов было показано [Sukhikh et al., 2020], что в водохранилищах Волги массовым видом является *E. caspica*, тогда как типичная *E. affinis* не обнаружена. Морфологические характеристики рачков из бассейна р. Дон полностью соответствуют описанию *E. caspica*, приведённому в работах [Sukhikh, Alekseev, 2013; Lazareva, 2019; Sukhikh et al., 2020]. Важными определительными признаками *E. caspica* служат форма выростов последнего торакального сегмента и строение ног пятой пары самки, а у самца – строение геникулирующей антеннулы и форма мандибул [Sukhikh, Alekseev, 2013; Lazareva, 2019]. Определительный ключ видов этого рода приведён в статье [Sukhikh et al., 2020].

Линейные размеры половозрелых *E. caspica* варьируют от водоёма к водоёму. Наиболее крупные особи (длина тела самки 1.13±0.02 мм) зарегистрированы в водохранилищах р. Камы, самые маленькие – в Средней и Нижней Волге (0.95±0.02 мм) [Lazareva, 2019]. Небольшими размерами (♀ 0.90–0.98 мм, ♂ 0.88–0.96 мм) отличаются и особи из северного Каспия [Sukhikh, Alekseev, 2013]. Особи из р. Дон были сравнительно крупными и характеризовались промежуточными размерами (длина самки 1.0±0.01 мм) между камскими и каспийскими. Индивидуальная плодовитость *E. caspica* в волжских и камских водохранилищах составляет в среднем 16±2 яйца на самку [Lazareva, 2019]. В водохранилищах бассейна р. Дон этот показатель выше (20±2 яйца на самку) по сравнению с таковым

рек Волги и Камы. Напротив, в р. Дон ниже Цимлянской ГЭС, он был самым низким среди исследованных водоёмов (в среднем 3 ± 0.5 яйца на самку).

В 2018–2019 гг. в зоопланктоне канала Волга – Дон, Цимлянского вдхр., р. Дон ниже Цимлянской ГЭС и восточной части Таганрогского залива повсеместно обитала только *E. caspica*. Согласно представлениям Мордухай-Болтовского [1960], каспийская автохтонная фауна и формы, производные от неё, населяют многие участки понто-каспийского бассейна, в том числе Азовское море и устьевые области впадающих в него рек. Если предположить, что *E. caspica* представляет собой древний каспийский вид, то находки этого вида в среднем и нижнем течении р. Дон вполне вписываются в ареал автохтонной каспийской фауны. В дельте р. Дон и восточной части Таганрогского залива тоже обитает *E. caspica*, тогда как *E. affinis* не обнаружена. Необходимо проверить таксономическую принадлежность представителей рода *Eurytemora* из водоёмов системы р. Маныч и Азовского моря. Возможно, там тоже обитает *E. caspica*.

В Цимлянском вдхр. вселенец *Calanipeda aquaedulcis* стал особенно многочисленным в конце 2000-х гг. [Свистунова, Саяпин, 2010; Лазарева, Сабитова, 2021]. В 2018 г. *C. aquaedulcis* доминировала (16–28% численности ракообразных) в зоопланктоне Потёмкинского и Приплотинного участков Цимлянского вдхр., а также формировала до 18% численности ракообразных в Варваровском вдхр. канала Волга – Дон [Лазарева, Сабитова, 2021]. В настоящее время это наиболее обычный вид в осеннем зоопланктоне р. Дон ниже плотины Цимлянской ГЭС (табл. 1), что отмечают и другие исследователи [Матишов и др., 2016]. Кроме того, копепода *C. aquaedulcis* обитает также в нижнем течении р. Северский Донец [Матишов и др., 2016], однако она не отмечена в водохранилищах (Белгородское и Старооскольское), расположенных выше по течению этой реки [Шмакова и др., 2014]. В 2010-х гг. *C. aquaedulcis* указана как один из доминантов зоопланктона маньчских водохранилищ [Степаньян, Старцев, 2014; Матишов и др.,

2016]. Нельзя исключить регулярное пополнение популяции *C. aquaedulcis* в Пролетарском и Весёловском водохранилищах за счёт поступления рачков из Цимлянского вдхр. по Донскому магистральному каналу (длина 120 км, пропускная способность $250 \text{ м}^3/\text{с}$). Канал построен в 1950-х, реконструирован в начале 1970-х гг. и функционирует до настоящего времени [Матишов, 2016; Козлов и др., 2021]. Считают [Биологические инвазии..., 2004], что преднамеренная интродукция *C. aquaedulcis* в Арал в середине 1970-х гг. способствовала исчезновению там аборигенного *Arctodiaptomus salinus* Daday, 1885. Подобное наблюдали и в маньчских водохранилищах, в которых до интродукции калянипеда также доминировал *A. salinus* [Круглова, 1962, 1972; Круглова и др., 1976].

Копепода *C. aquaedulcis* обитает в водоёмах круглый год при температуре воды от -1 до $30 \text{ }^\circ\text{C}$, это чрезвычайно эвригалинный вид, способный жить в пресной и солоноватой воде, но не выдерживающий морской солёности [Карпевич, 1964; Боруцкий и др., 1991]. В Малом Арале в 1990-х гг. калянипеда представляла один из немногих видов, обитавших при солёности 18–29‰ [Биологические инвазии..., 2004]. Этот вид также может жить в совершенно пресной воде (0.1‰), в эксперименте хорошо переносит резкое изменение солёности (уменьшение и увеличение) на 10‰ [Карпевич, 1964]. В Азовском море *C. aquaedulcis* распространена по всей акватории и обитает при солёности 0.5–12.5‰ [Селифонова, 2013]. Она размножается с апреля до ноября и даёт 10–13 генераций, самки достигают длины 1.6 мм и несут до 20 яиц в непарном яйцевом мешке [Карпевич, 1964]. Самки *C. aquaedulcis* из бассейна р. Дон характеризовались сравнительно небольшими размерами тела (длина 1.27 ± 0.02 мм) и плодовитостью (17 ± 1 , максимум 23 яйца на самку). Это сопоставимо с отмеченным в р. Волге, где средняя длина самок была 1.25 ± 0.02 мм, а их плодовитость 16 ± 2 , максимум 25 яиц на самку [Lazareva, 2019]. Максимальная плодовитость рачков из рек Дона и Волги близка к отмеченной у крупных самок из Азовского моря.

В начале 2010-х гг. в центральных рукавах дельты р. Дон в небольшом количестве

появилась *Acartia tonsa* [Свистунова и др., 2014]. Это связано с затокком в дельту солоноватой (до 5‰) воды из Таганрогского залива в периоды маловодья, участвовавшие после 2007 г. [Матишов и др., 2018]. В нативных местообитаниях Атлантики и Тихого океана *A. tonsa* сравнительно крупный рачок, длина самок 1.3–1.5 мм, самцов 1.0–1.3 мм [Прусова и др., 2002]. В Чёрном и Азовском морях отмечены более мелкие особи, длина черноморских самок составляет 0.82–1.2 мм, азовских – 0.89–1.15 мм [Прусова и др., 2002; Селифонова, 2013]. Обнаруженные в 2019 г. в Таганрогском заливе самки *A. tonsa* имели размеры (0.68–1.0 мм), близкие к указанным для центральной части Азовского моря.

Копепода *A. tonsa* относится к теплолюбивым видам, в Азовском море максимум развития её популяции наблюдается при температуре воды 20–24 °С [Поважный, 2009; Матишов и др., 2015]. Сравнительно большое количество *A. tonsa* (около 11 тыс. экз./м³) в юго-восточной части Таганрогского залива зарегистрировано в октябре 2019 г. при температуре 15 °С (табл. 6). В Азовском море вселенец обитает в диапазоне солёности 2.5–18‰, в Каспийском – от 1.8 до 13‰ [Поважный, 2009; Селифонова, 2013; Křupa et al., 2015]. *A. tonsa* потребляет частицы пищи размером 5–100 мкм, в её диету входят в основном водоросли, детрит, а также простейшие коловратки и науплиусы веслоногих рачков [Roman, 1984; Kleppel, 1993; Kjørboe et al., 1996]. Этот вид характеризуется высокой плодовитостью, которая максимальна (18–25 яиц на самку в сутки) при температуре воды 20 °С [Castro-Longoria, 2003]. В эксперименте при питании водорослями *A. tonsa* способна продуцировать до 150 яиц на самку в сутки [Apeitos, 2007]. Плодовитость самок *A. tonsa* зависит также от солёности. Установлено [Castro-Longoria, 2003], что наибольшая скорость продуцирования яиц (в среднем 21±3 яйца на самку в сутки) при оптимальной температуре 20 °С наблюдается у *A. tonsa* при солёности воды 25‰, а минимальная (<10 яиц на самку в сутки) – при 15‰. Массовое развитие вселенца в Таганрогском заливе связывают с хорошими трофическими условиями и его высокой устойчивостью к загрязнению [Селифонова, 2013].

Циклопоидная копепода *Thermocyclops taihokuensis* впервые зарегистрирована в Цимлянском вдхр. в 2012 г., вселенец вытеснил из планктона аборигенного *T. crassus* [Вехов и др., 2014]. До 2010 г. *T. taihokuensis* не находили севернее Арала (47° с. ш.) и западнее устья р. Урал (52° в. д.) [Monchenko, 2008; Степаньянц и др., 2015]. Однако после 2012 г. *T. taihokuensis* начал стремительно расселяться в бассейне р. Волги и к 2019 г. достиг верховьев р. Оки [Жихарев и др., 2019; Lazareva, 2021; Lazareva et al., 2022]. Источником проникновения *T. taihokuensis* в бассейн р. Дон, по-видимому, является Нижняя Волга. Этот вселенец в 2012–2017 гг. зарегистрирован в водоёмах Волго-Ахтубинской поймы и р. Волге ниже г. Волгограда [Нечаев, 2016; Lazareva et al., 2022]. Водораздел рек Волги и Дона он, вероятно, преодолел с балластными водами судов, следующих по Волго-Донскому каналу. Об этом свидетельствуют его находки в водохранилищах канала [Лазарева, Сабитова, 2021].

Вселенец обладает мощным продукционным потенциалом. Плодовитость *T. taihokuensis* на 25–60% выше по сравнению с аборигенными видами рода, он отличается длительным периодом размножения, активно размножается даже в октябре [Lazareva, 2021]. В эти сроки аборигенные виды *T. oithonoides* и *T. crassus* уже переходят к диапаузе [Монченко, 1974]. Такая жизненная стратегия способствует аккумуляции большого количества зимующих копеподитов, которые весной обеспечивают быстрый рост численности популяции вселенца. Средняя длина тела половозрелых самок *T. taihokuensis* в исследованных водоёмах (0.92±0.03 мм) близка к таковой рачков из Казахстана (0.99 мм), Монголии (0.96 мм), Узбекистана и Китая (0.94 мм) [Рылов, 1948; Mirabdullayev, Kuzmetov, 1997; Guo, 1999]. В типовом местообитании на Тайване длина самок варьирует в пределах 0.80–0.88 мм [Mirabdullayev, Kuzmetov, 1997]. Особи из бассейна р. Дон немного крупнее таковых на Тайване и значительно (в 1.4 раза) крупнее рачков из солоноватых водоёмов восточного побережья Среднего Каспия (0.67±0.01 мм) [Monchenko, 2008]. Наиболее крупные особи *T. taihokuensis* (>1 мм) обнаружены в Цимлян-

ском вдхр. Средняя плодовитость рачков из бассейна р. Дон (21 ± 2 яйца на самку) сопоставима с отмеченной в Нижней Волге (20 ± 1 яйца на самку) [Lazareva et al., 2022].

К 2018 г. *T. taihokuensis* достиг очень высокой численности (>600 тыс. экз./м³) в верхних двух участках Цимлянского вдхр., также он многочислен в Бреславском и Карповском водохранилищах канала Волга – Дон [Лазарева, Сабитова, 2021]. В 2019 г. *T. taihokuensis* впервые обнаружен в р. Дон ниже Цимлянской ГЭС и её дельте (табл. 1). Ранее этот вид на данном участке реки не регистрировали [Свиштунова и др., 2014]. В Белгородском и Старооскольском водохранилищах на р. Северский Донец и в нижнем её течении *T. taihokuensis* пока не обнаружен [Шмакова и др., 2014; Матишов и др., 2016]. С учётом высокой встречаемости этого вселенца в нижнем Дону в ближайшее время можно ожидать его расселение в реки Северский Донец и Западный Маньч.

В 2018 г. в Цимляском вдхр. впервые зарегистрировано массовое развитие (>80 тыс. экз./м³) ещё одной циклопоидной копеподы *Acanthocyclops americanus* (преимущественно форма «*spinusus*»), как и *Thermocyclops taihokuensis*, этот вид преобладал в Верхнем и Чирском участках водоёма, а также был обычным в канале Волга – Дон [Лазарева, Сабитова, 2021]. Вид *Acanthocyclops americanus* относят к чужеродным, он вселился в Европу из Северной Америки в конце XIX в. [Alekseev, 2021; Alekseev et al., 2021]. В настоящее время *A. americanus* широко распространён в Европейской России, отмечен также в Сибири до Братского вдхр. (103° в. д.) [Монченко, 1974; Alekseev, 2021]. Также *A. americanus* обычен в водохранилищах Волги и Камы [Вьюшкова, Кузнецова, 1974; Лазарева и др., 2018; Lazareva, 2020; Lazareva et al., 2022]. В данной статье не анализировали распределение этого вселенца в бассейне р. Дон по причине отсутствия собственных его находок за пределами Цимлянского вдхр. и канала Волга – Дон, которые описаны ранее [Лазарева, Сабитова, 2021]. Согласно данным В.Р. Алексеева [Alekseev, 2021], в Цимляском вдхр. вид впервые отмечен в 1971 г. В современной литературе по донскому бассейну сведения об *A. americanus* отсутствуют, он указан толь-

ко для Таганрогского залива Азовского моря [Селифонова, 2013]. В большинстве работ для р. Дон приведён только нативный вид *A. vernalis* (Fischer, 1853) [Гламазда, 1971а; Свиштунова и др., 2014]. Учитывая высокую численность *A. americanus* в Цимляском вдхр., необходимо дополнительное изучение его распространения в бассейне р. Дон.

Заключение

В 2018–2019 гг. в бассейне р. Дон установлены местообитания двух понто-каспийских видов копепод (*Heterocope caspia* и *Eurytemora caspica*) и трёх чужеродных видов. Среди последних средиземноморский вид (*Calanipeda aquaedulcis*), представитель неритической зоны океана (*Acartia (Acanthacartia) tonsa*) и восточноазиатский эвригалинный вид (*Thermocyclops taihokuensis*). Впервые выявлено местообитание копеподы *T. taihokuensis* в р. Дон выше и ниже Цимлянского вдхр., а также в водоёмах Волго-Донского канала. Кроме того, показано, что в бассейне р. Дон и Таганрогском заливе Азовского моря обитает понто-каспийская *Eurytemora caspica*. Европейская копепода *E. affinis*, которую ранее регистрировали в регионе, в обследованных участках бассейна не обнаружена. В большинстве обследованных участков бассейна р. Дон, в том числе во всех водохранилищах, в конце лета и осенью среди пелагических копепод преобладали понто-каспийские виды и вселенцы. Наибольшей встречаемостью ($>80\%$ проб) характеризовались *Heterocope caspia*, *Eurytemora caspica* и *Calanipeda aquaedulcis*. Максимальной численности (>100 тыс. экз./м³) достигал недавний вселенец *Thermocyclops taihokuensis*. На примере Цимлянского вдхр. выявлено, что одним из способов расселения понто-каспийских и чужеродных видов в бассейне р. Дон могут быть масштабные работы по интродукции планктонных и донных беспозвоночных, проводившиеся в 1950–1970-х гг. в целях улучшения кормовой базы ценных видов рыб.

Благодарности

Автор признательна Ю.В. Герасимову, Е.А. Боровиковой и Д.П. Карабанову за ор-

ганизацию экспедиционных работ, Р.З. Сабитовой за помощь в сборе материала, С.М. Ждановой и В.А. Гусакову за помощь в подготовке иллюстраций.

Финансирование работы

Работа выполнена в соответствии с госзаданием № 121051100109-1, тема «Систематика, разнообразие, биология и экология водных и околоводных беспозвоночных, структура популяций и сообществ в континентальных водах».

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Все международные и национальные принципы использования животных в научных целях были соблюдены.

Литература

- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
- Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Ред. А.Ф. Алимов, Н.Г. Богуцкая. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2004. 436 с.
- Боруцкий Е.С., Степанова Л.А., Кос М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. Л.: Наука, 1991. 504 с.
- Вехов Д.А. Науменко А.Н., Горелов В.П., Голоколенова Т.Б., Шевлякова Т.П. Современное состояние и использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища (2009–2013 гг.) // Рыбохозяйственные исследования на водных объектах Европейской части России. СПб.: ГосНИОРХ, 2014. С. 116–145.
- Вишневский В.И. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
- Вода России. Официальная энциклопедия (Электронный ресурс) // (https://water-rf.ru/Водные_объекты/1184/Невинномысский_канал). Проверено 30.03.2021.
- Волга и её жизнь. Л.: Наука, 1978. 348 с.
- Вольвич Л.И. Зоопланктоценозы Пролетарского водохранилища // Труды Гос. науч.-исслед. ин-та озёрного и речного рыбного хоз-ва (ГосНИОРХ). 1982. Вып. 184. С. 73–85.
- Вьюшкова В.П., Гурова Т.В. Находка солоновато-водного рачка *Calanipeda aquae-dulcis* Kritcz. (Copepoda, Calanoida) в Волгоградском водохранилище // Зоол. журн. 1968. Т. 47, вып. 11. С. 1726–1727.
- Вьюшкова В.П., Кузнецова В.И. Распространение *Acanthocyclops americanus* (Copepoda) в СССР // Зоол. журн. 1974. Т. 53, вып. 12. С. 1873–1875.
- Гламазда В.В. О полифемидях Цимлянского водохранилища // Гидробиол. журн. 1969. Т. 5. № 5. С. 97–98.
- Гламазда В.В. Динамика зоопланктона Цимлянского водохранилища (по материалам 1966–1968 гг. // Тр. Волгоградского отделения Гос. науч.-исслед. ин-та озёрного и речного рыбного хоз-ва (ГосНИОРХ). 1971а. Т. 5. С. 25–44.
- Гламазда В.В. О нахождении *Cercopagis pengoi* (Ostr.) в Цимлянском водохранилище // Гидробиол. журн. 1971б. Т. 7. № 4. С. 70–71.
- Гламазда В.В. Зоопланктон Цимлянского водохранилища в 1969–1971 гг. // Труды Волгоградского отделения Гос. науч.-исслед. ин-та озёрного и речного рыбного хоз-ва (ГосНИОРХ). 1974. Т. 8. С. 29–38.
- Голоколенова Т.Б., Горелов В.П., Шевлякова Т.П., Басько Ю.В. Кормовая база Цимлянского водохранилища в 2016–2018 гг. // Проблемы устойчивого развития и экономической безопасности региона. Матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф. Волгоград – Волжский 10–11 апреля 2019 г. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2019. С. 115–121.
- Жихарев В.С., Гаврилко Д.Е., Шурганова Г.В. Находка тропического вида *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoidea) в Европейской части России // Поволжский экологический журн. 2019. № 2. С. 264–270.
- Калымбетова М.Т. Современное состояние зоопланктона Шардаринского водохранилища // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2017. № 5–6. С. 80–83.
- Карпевич А.Ф. О целесообразности акклиматизации планктонной копеподы *Calanipeda aquaedulcis* Kritsch. в Аральском море // Тр. Всесоюз. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океаногр. 1964. Т. 15. С. 177–183.
- Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. М.: Пищевая промышленность, 1975. 432 с.
- Кафтанникова О.Г. Зоопланктон Цимлянского водохранилища по материалам 1955–1962 гг. // Труды Волгоградского отделения Гос. науч.-исслед. ин-та озёрного и речного рыбного хоз-ва (ГосНИОРХ). 1965. Т. 1. С. 71–91.
- Козлов Д.В., Данильченко А.Н., Корнеев И.В., Максимов С.А. Донской магистральный канал // Вода России. Официальная энциклопедия (Электронный ресурс) // (https://water-rf.ru/Водные_объекты/888/Донской_магистральный_канал). Проверено 20.02.2021.
- Кренёва К.В., Поважный В.В., Саяпин В.В., Свистунова Л.Д. Зоопланктонное сообщество оз. Маныч-Гудило // Труды Гос. природного биосферного заповедника «Ростовский». 2010. Вып. 4. С. 36–45.
- Круглова В.М. Весёловское водохранилище. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1962. 115 с.
- Круглова В.М. Пролетарское водохранилище. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1972. 180 с.
- Круглова В.М., Коробкина Н.П., Кузьмичёва И.Я. Условия обитания растительноядных рыб в Пролетарском водохранилище // Биологические ресурсы Азовского бассейна. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1976. С. 17–35.

- Лазарева В.И., Сабитова Р.З. Зоопланктон Цимлянского водохранилища и канала Волга – Дон // Зоол. журн. 2021. № 4. С. 1473–1486. <https://doi.org/10.31857/S0044513421040115>
- Лазарева В.И., Сабитова Р.З., Быкова С.В., Жданова С.М., Соколова Е.А. Распределение летнего зоопланктона в каскаде водохранилищ Волги и Камы // Труды Ин-та биологии внутр. вод РАН 2018. Вып. 83(86). С. 62–84. <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10030>
- Лившиц Н.М. Планктон Цимлянского водохранилища по летним сборам 1952 г. // Известия Всесоюзного науч.-исслед. ин-та озёрного и речного рыбного хозяйства (ВНИРО). 1954. Т. 34. С. 61–77.
- Матишов Г.Г. Экологические и социально-экономические последствия реконструкции гидротехнических сооружений на нижнем Дону // Наука юга России. 2016. Т. 12. № 4. С. 41–49.
- Матишов Г.Г., Игнатъев С.М., Загородняя Ю.А., Климова Т.Н., Вдович И.В., Саяпин В.В., Степаньян О.В. Фаунистическое разнообразие и показатели обилия планктонных сообществ Азовского моря в июне 2014 г. // Вестник южного научного центра. 2015. Т. 11. № 3. С. 81–91.
- Матишов Г.Г., Клещенков А.В., Григоренко К.С., Московец А.Ю., Кириллова Е.Э. Изменение водного баланса в бассейне нижнего Дона в условиях маловодья // Наука юга России. 2018. Т. 14. № 3. С. 45–55. <https://doi.org/10.7868/S25000640180306>
- Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Харьковский В.М., Старцев А.В., Булышева Н.И., Сёмин В.В., Соьер В.Г., Кренёва К.В., Глущенко Г.Ю., Свистунова Л.Д. Особенности водной экосистемы нижнего Дона в позднеосенний период // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 6. С. 620–632. <https://doi.org/10.7868/S0321059616060043>
- Минеева Н.М., Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А., Семедени И.В. Растительные пигменты в воде и донных отложениях Цимлянского водохранилища // Биология внутренних вод. 2020. № 4. С. 364–372. <https://doi.org/10.31857/S0320965220040130>
- Монченко В.І. Щелепнороті циклопоподібні. Циклопи (Cyclopidae). Киев: Наук. думка, 1974. 452 с.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне / Ред. Б.С. Кузин. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 288 с.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., Дзюбан Н.А. Изменения в составе и распределении фауны Волги в результате антропогенных воздействий // Биологические продукционные процессы в бассейне Волги. Л.: Наука, 1976. С. 67–81.
- Моруков Ю.Н. Волго-Донской канал // Большая российская энциклопедия. 2006. Т. 5. С. 625–626.
- Нечаев Д.Ю. Фаунистическое разнообразие планктонных беспозвоночных Волго-Ахтубинской поймы // Матер. Всерос. молодёжной гидробиол. конф. «Перспективы и проблемы современной гидробиологии» (пос. Борок, Ин-т биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 10–13 ноября 2016 г.) / Ред. И.С. Турбанов, Я.С. Климова, С.Ю. Синельников. Ярославль: Филлигрань, 2016. С. 117–119.
- Поважный В.В. Особенности динамики зоопланктонного сообщества Таганрогского залива // Вестник южного науч. центра. 2009. Т. 5. № 2. С. 94–101.
- Прусова И.Ю., Губанова А.Д., Шадрин Н.В., Курашова Е.К., Тиненкова Д.Х. *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida): новый вид в зоопланктоне Каспийского и Азовского морей // Vestnik zoologii. 2002. Т. 36. № 5. С. 65–68.
- Рылов В.М. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclopoidea пресных вод. Т. 3, вып. 3. М.; Л.: АН СССР, 1948. 318 с.
- Селифонова Ж.П. Состояние таксоцены веслоногих раков (Copepoda) в Азовском море // Vestnik zoologii. 2013. Т. 47. № 5 С. 421–430.
- Свистунова Л.Д., Саяпин В.В. Проблема эвтрофирования Цимлянского водохранилища (Ростовская область) и новые данные о его зоопланктоне // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6. № 4. С. 61–67.
- Свистунова Л.Д., Брынько В.А., Набоженко М.В. Современное состояние летнего зоопланктона дельты реки Дон // Вестник Южного научного центра РАН. 2014. Т. 10. № 3. С. 75–82.
- Слынько Ю.В., Терещенко В.Г. Рыбы пресных вод Понто-Каспийского бассейна (Разнообразие, фауногенез, динамика популяций, механизмы адаптаций). М.: Полиграф-плюс, 2014. 328 с.
- Степаньян О.В., Старцев А.В. Современное состояние биоты водоёмов Кума-Маньчской впадины: Усть-Маньчского, Весёловского, Пролетарского и Чограйского водохранилищ (обзор) // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 2 (59). С. 56–69.
- Степаньянц С.Д., Хлебович В.В., Алексеев В.Р., Дanelия М.Е., Петряшов В.В. Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 2. Стрекающие, гребневики, многощетинковые черви, веслоногие ракообразные и мизиды. СПб.; М.: Тов-во научных изданий КМК, 2015. 244 с.
- Сурков В.В., Пováлишникoвa Е.С. Река Северский Донец // Вода России. Официальная энциклопедия (Электронный ресурс) // (https://water-rf.ru/Водные_объекты/1236/Северский_Донец). Проверено 30.03. 2021.
- Тимохина А.Ф. Зоопланктон как компонент экосистемы Куйбышевского водохранилища. Тольятти: Ин-т экологии волж. бассейна РАН, 2000. 193 с.
- Фролова Н.Л., Жук В.А. Река Дон // Вода России. Официальная энциклопедия (Электронный ресурс) // (https://water-rf.ru/Водные_объекты/81/Дон). Проверено 30.03. 2021.
- Чугунов Н.Л. К изучению планктона северной части Каспийского моря // Работы Волжск. биол. ст. 1921. Т. 6, вып. 3. С. 109–162.
- Шарапова Л.И. Зоопланктон Северо-Восточного Каспия. Приложение 2. // Мониторинг окружающей природной среды Северо-Восточного Каспия при освоении нефтяных месторождений. Алматы: АджипККО, 2014. С. 228–229.
- Шевлякова Т.П. Современное состояние зоопланктона Цимлянского водохранилища (по материалам

- 1996–2001 гг.) // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ). СПб.: Квинта Северо-Запад, 2002. С. 46–52.
- Шейнин М.С. Зоопланктон Нижнего Дона, его водохранилищ и восточной части Таганрогского залива в годы зарегулированного стока // Труды Азовского науч.-исслед. ин-та рыбного хоз-ва (АзНИИРХ). Т. 1, вып. 1. Ростов: Книжное изд-во, 1960. С. 231–258.
- Шмакова З.И., Койдан Б.Н., Жарикова В.Ю., Тагирова Н.А., Бадаева И.Ю., Ускова С.С., Горячев Д.В. Гидробиологический мониторинг водохранилищ Белгородской области (Белгородское и Старооскольское) // Вестник рыбохозяйственной науки. 2014. Т. 1. № 3 (3). С. 75–82.
- Alekseev V.R. Confusing Invader: *Acanthocyclops americanus* (Copepoda: Cyclopoida) and Its Biological, Anthropogenic and Climate-Dependent Mechanisms of Rapid Distribution in Eurasia // *Water*. 2021. Vol. 13. No. 10. P. 1423–1437. <https://doi.org/10.3390/w13101423>
- Alekseev V.R., Miracle M.R., Sahuquillo M., Vicente E. Redescription of *Acanthocyclops vernalis* (Fischer, 1853) and *Acanthocyclops robustus* (Sars, 1863) from neotypes, with special reference to their distinction from *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1892) and its invasion of Eurasia // *Limnetica*. 2021. Vol. 40. No. 1. P. 57–78. <https://doi.org/10.23818/limn.40.05>
- Apeitos A. Fecundity and Survival of the Calanoid Copepod *Acartia tonsa* Fed *Isochrysis galeana* (Tahitian Strain) and *Chaetoceros mulleri* // Master's Theses. 276. 2007. https://aquila.usm.edu/masters_theses/276
- Belmonte G., Mazzocchi M.G., Prusova I.Yu., Shadrin N.V. *Acartia tonsa*: a species new for the Black Sea fauna // *Hydrobiologia*. 1994. Vol. 292/293. P. 9–15.
- Castro-Longoria E. Egg production and hatching success of four *Acartia* species under different temperature and salinity regimes // *Journal of Crustacean Biology*. 2003. Vol. 23. No. 2. P. 289–299.
- Dela Paz E.S.P., Holyn'ska M.K., Papa R.D.S. *Mesocyclops* and *Thermocyclops* (Copepoda, Cyclopidae) in the major visayas islands (Central Philippines) // *Crustaceana*. 2016. Vol. 89. No. 6–7. P. 787–809. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003547>
- Gubanova A.D. Occurrence of *Acartia tonsa* Dana in the Black Sea. Was it introduced from the Mediterranean? // *Mediterranean Marine Science*. 2000. Vol. 1/1. P. 105–109.
- Guo X. The genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda: Cyclopidae) in China // *Hydrobiologia*. 1999. Vol. 403. P. 87–95.
- Kjørboe T., Saiz E. and Viitasalo M. Prey switching behavior in the planktonic copepod *Acartia tonsa* // *Marine Ecology Progress Series*. 1996. Vol. 143. P. 65–75. <http://dx.doi.org/10.3354/meps143065>
- Kleppel G.S. On the diets of calanoid copepods // *Marine Ecology Progress Series*. 1993. Vol. 99. P. 183–195.
- Krupa E., Barinova S., Alyimov M. Redescription of *Acartia (Acanthacartia) tonsa* Dana, 1849 (Copepoda: Calanoida) from the Caspian Sea // *Advanced Studies in Biology*. 2015. Vol. 7. No. 9. P. 393–402. <http://dx.doi.org/10.12988/asb.2015.5530>
- Lazareva V.I. The Mediterranean Copepod *Calanipeda aquaedulcis* Kritschagin, 1873 (Crustacea, Calanoida) in the Volga River Reservoirs // *Inland Water Biology*. 2018. Vol. 11. No. 3. P. 303–309. <https://doi.org/10.1134/S1995082918030112>
- Lazareva V.I. Spreading of Alien Zooplankton Species of Ponto-Caspian Origin in the Reservoirs of the Volga and Kama Rivers // *Russian Journal of Biological Invasions*. 2019. Vol. 10. No. 4. P. 328–348. <https://doi.org/10.1134/S2075111719040040>
- Lazareva V.I. Long-Term Changes in the Composition and Abundance of the Zooplankton Community in Kama River Reservoirs // *Inland Water Biology*. 2020. Vol. 1. No. 2. P. 214–229. <https://doi.org/10.1134/S199508292002025X>
- Lazareva V.I. First Record of *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Crustacea, Copepoda) in the Oka River Basin // *Inland Water Biology*. 2021. Vol. 14. No. 1. P. 109–112. <https://doi.org/10.1134/S1995082921010065>
- Lazareva V.I., Zhdanova S.M., Sabitova R.Z. The Spread of East Asian Copepod *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Crustacea, Copepoda) in the Volga River Basin // *Inland Water Biology*. 2022. Vol. 15. No. 2. P. 139–148. <https://doi.org/10.1134/S1995082922010059>
- Mirabdullayev I. M., Kuzmetov A. R. The Genus *Thermocyclops* (Crustacea: Copepoda) in Uzbekistan (Central Asia) // *International Review of Hydrobiology*. 1997. Vol. 82. Iss. 2. P. 201–212.
- Monchenko V.I. Redescription of the Oriental *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) from its westernmost population // *Zoology in the Middle East*. 2008. Vol. 43. No. 1. P. 99–104. <https://doi.org/10.1080/09397140.2008.10638274>
- Panov V.E., Alexandrov B., Arbačiauskas K., Binimelis R., Copp G.H., Grabowski M., Lucy F., Leuven R.S.E.W., Nehring S., Paunović M., Semenchenko V., Son M.O. Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways: from concepts to environmental indicators // *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2009. Vol. 5. P. 110–126. https://doi.org/10.1897/IEAM_2008-034.1
- Roman M.R. Utilization of detritus by the copepod *Acartia tonsa* // *Limnology and Oceanography*. 1984. Vol. 29. P. 949–959.
- Slyn'ko Yu.V., Korneva L.G., Rivier I.K., Shcherbina G.H., Papchenkov V.G., Orlova M.I., Therriault T.W. Caspian-Volga-Baltic invasion corridor // *Alien species in European waters* / Eds. E. Leppakoski, S. Olenin, S. Gollasch. Dordrecht: Kluwer Publishers, 2002. P. 339–411.
- Son M.O., Prokin A.A., Dubov P.G., Konopacka A., Grabowski M., MacNeil C., Panov V.E. Caspian invaders vs. Ponto-Caspian locals – range expansion of invasive macroinvertebrates from the Volga Basin results in high biological pollution of the Lower Don River // *Management of Biological Invasions*. 2020. Vol. 11. No. 2. P. 178–200. <https://doi.org/10.3391/mbi.2020.11.2.02>

Stottrup J.G., Richardson K., Kirkegaard E. and Phil N.J. The cultivation of *Acartia tonsa* Dana for use as live food source for marine fish larvae // *Aquaculture*. 1986. Vol. 52. P. 87–96.

Sukhikh N.M., Alekseev V.R. *Eurytemora caspica* sp. nov. from the Caspian Sea – one more new species within the *E. affinis* complex (Copepoda: Calanoida, Temoridae) //

Proceedings of the Zoological Institute RAS. 2013. Vol. 317. No 1. P. 85–100.

Sukhikh N.M., Lazareva V.I. and Alekseev V.R. Copepod *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev, 2013 (Crustacea, Calanoida) in Volga and Kama River Reservoirs // *Inland Water Biology*. 2020. Vol. 13. No 2 P. 198–205. <https://doi.org/10.1134/S1995082920020145>

DISTRIBUTION OF SOME PONTO-CASPIAN AND ALIEN COPEPODS (CRUSTACEA, COPEPODA) IN PLANKTON OF THE DON RIVER BASIN

© 2022 Lazareva V.I.

Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences; Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, 152742, Russia;
e-mail: lazareva_v57@mail.ru

In 2018–2019, the zooplankton was studied in the Don River from the source to the mouth including the Tsimlyansk Reservoir, Volga-Don shipping canal, and the upper part of Taganrog Bay of the Sea of Azov. Habitats of two Ponto-Caspian species of copepods (*Heterocope caspia* and *Eurytemora caspica*) and of three alien species, Mediterranean copepod *Calanipeda aquaedulcis*, a representative of the neritic zone *Acartia (Acanthacartia) tonsa* and East Asian euryhaline *Thermocyclops taihokuensis* were found. For the first time, the findings of *T. taihokuensis* were recorded in the Don River upstream and downstream of the Tsimlyansk Reservoir and in water bodies of the Volga-Don shipping canal. It is shown that the Ponto-Caspian *Eurytemora caspica* inhabits the Don River basin and Taganrog Bay of the Sea of Azov. The European copepod *E. affinis* which was previously recorded in the region was not found in the studied areas of the basin. The occurrence (>80% of samples) of the Ponto-Caspian species and *Calanipeda aquaedulcis* was the highest. A recent invader *Thermocyclops taihokuensis* reached the maximum abundance (>100 000 ind./m³). By an example of the Tsimlyansk Reservoir, it is found that the way of the spread of the Ponto-Caspian and alien species in the Don River basin may be large-scale activities on the introduction of planktonic and benthic invertebrates conducted in the 1950–1970s in order to improve the food supply of valuable fish species. The history of dispersal of the studied copepod species and their population characteristics are discussed.

Keywords: Don River basin, Ponto-Caspian species, alien species, *Eurytemora caspica*, *Heterocope caspia*, *Calanipeda aquaedulcis*, *Thermocyclops taihokuensis*, *Acartia tonsa*, distribution, abundance, population characteristics.