

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ЕВРОПЕЙСКОГО ВСЕЛЕНЦА *Eurytemora velox*
(Crustacea, Calanoida)**

© 2022 г. Н. М. Сухих^{а, *}, В. И. Лазарева^б

^аЗоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

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

*e-mail: Susikh1@mail.ru

Поступила в редакцию 17.06.2021 г.

После доработки 26.06.2021 г.

Принята к публикации 30.06.2021 г.

Представлены первые результаты анализа фрагментов четырех генов CO1, ITSs и 18SrRNA для популяций вида-вселенца *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) из Чебоксарского водохранилища и озера в г. Киев. Анализ участков генов CO1 и ITSs показал, что исследуемые популяции различаются на несколько нуклеотидных замен. Анализ двух последовательностей ДНК консервативного ядерного гена 18SrRNA ожидаемо не выявил различий между популяциями. Сравнение полученных последовательностей с таковыми из водоемов Польши (данные международной базы GenBank; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/MT146445>) показало, что они группируются с последовательностями вида из Чебоксарского водохранилища. Вероятно, обнаруженная в водных объектах Польши *E. velox* происходит из Каспийского региона, откуда расселилась и в Чебоксарское водохранилище. Популяция из озера в г. Киев, предположительно, поднялась по р. Днепр из Черноморского региона. Повидимому, вид независимо расселился по крайней мере из двух регионов-доноров.

Ключевые слова: вид-вселенец, *Eurytemora velox*, новые находки, распределение вида, Понто-Каспийский регион

DOI: 10.31857/S0320965222020140

В последние десятилетия эвригаллиная *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) активно расселяется в пресных и солоноватых водах Европы. Вид обнаружен фактически повсеместно в солоноватых водах низовьев рек Северного, Балтийского, Каспийского, Черного и Азовского морей, а также в пресных водах всех основных рек, впадающих в эти моря (Боруцкий и др., 1991; Gavia, Foggo, 2000). С каждым годом появляются новые данные, свидетельствующие о расширении ареала *E. velox*. В большинстве случаев факт вселения этого вида очевиден. Но иногда непонятно, находки *E. velox* — действительно результат недавнего вселения или следствие недостаточной изученности биоразнообразия региона. Подобное предположение о находках *E. velox* в регионах, близких к Черному морю, высказано Самчишиной (2000).

В результате быстрого распространения *E. velox* сложно определить нативный ареал вида. Считается, что исходная область его распространения — места древних морских трансгрессий бассейнов-предшественников Черного и Каспийского морей (Сабанеев, 1930). Предполагается, что источ-

ником расселения *E. velox* стал именно Каспийский регион (Самчишина, 2000), где вид пережил плейстоценовое оледенение. Также высказано мнение, что существует и некий Балтийский рефугиум (Литоринское море), из которого произошла балтийская популяция (Ekmann, 1907). Именно из Балтийского региона (пролив Эресунн) и описан вид. Одно из первых упоминаний о *E. velox* дано в работе Sars (1897). Указано, что вид встречается в устье р. Нева, Финском и Ботническом заливах, на Британских островах, в Голландии, Франции, Германии и Норвегии в пресных и в солоноватых водах, здесь же впервые описана каспийская популяция *E. velox* из лагун Северного Каспия — устья р. Волга (Sars, 1897). По сообщению Spandl (1926), в начале XX в. вид присутствовал в некоторых пресных водоемах Европы, среди них указана р. Волга (до г. Казань). По крайней мере, с 1960-х годов вид отмечают как обычный в прибрежье Рыбинского вдхр. (Верхняя Волга) (Рыбинское..., 1972). В монографии “Волга и ее жизнь” (1978) он представлен как обычный уже для всей реки, в том числе для участка будущего Чебоксарского

вдхр., заполненного в 1981 г., по данным Уломского, *E. velox* регистрируют в водохранилищах р. Кама с конца 1950-х гг. (Lazareva, 2020). Таким образом, вид стали регулярно обнаруживать в реках Волга и Кама в середине XX в., когда начал формироваться Волжско-Камский каскад водохранилищ и интенсифицировались гидробиологические исследования новых искусственных водоемов. В эстуариях рек, впадающих в Азовское море, вид отмечен с начала XX в. (Зернов, 1901). В бассейне Черного моря он впервые найден в нижнем течении р. Днепр (Сабанеев, 1930). В бассейне среднего течения р. Днепр в окрестностях г. Киев вид-вселенец впервые отмечен в середине прошлого века (Травянка, Цееб, 1967). На сегодняшний день в бассейнах Азовского и Черного морей *E. velox* встречается почти повсеместно (Литвинова, Вежновец, 2018; Samchishina et al., 2020).

Несмотря на активное расширение ареала в столь короткие сроки, полноценных генетических исследований *E. velox* до сих не проводили. В международной базе данных GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/MT146445> Дата обращения 01.06.2021 г.) обнаружено всего пять нуклеотидных последовательностей ДНК вида из водоемов Польши. Последовательности значатся, как неопубликованные, но дано название статьи “First report to potentially invasive copepod *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) based on molecular characterization”. В описании указано, что рачки найдены в р. Одер и проливе Дзивна, впадающих в Балтийское море. В последние годы вид в небольших количествах также появился в эстуариях североморских рек Франции (Сена) и Бельгии (Шельда), а также в притоках р. Шельда, где доля вселенца достигает $\leq 97\%$ численности всех эуритемор (личные сообщения проф. Sami Souissi и проф. Tackx Michèle). В связи с этим нами проведен предварительный молекулярно-генетический анализ имеющегося материала *E. velox*. Исследованы представители вида из Чебоксарского вдхр. (бассейн р. Волги, впадающей в Каспийское море) и озера в г. Киев (бассейн р. Днепр, впадающей в Черное море). Предполагают, что обе эти популяции являются вселенцами (Samchishina et al., 2020). Источником расселения для украинской популяции, вероятно, служит Понто-Каспийский регион (опресненные участки Черного моря) (Самчишина, 2000; Samchishina et al., 2020). Чебоксарская популяция, скорее всего, близка к таковой из Северного Каспия и сформировалась из особей, поднявшихся вверх по р. Волге от ее устья, где вид обитал еще в конце XIX в. (Sars, 1897).

Нами получены пять последовательностей участков генов митохондриальной цитохром оксидазы 1 (CO1) длиной 687 п.о. (две для чебоксарской

и три для киевской популяций), шесть последовательностей участков ядерных генов ITS1-ITS2 длиной 772 п.о. (ITSs) (по три для каждой популяции) и две последовательности участка ядерного гена 18SrRNA длиной 656 п.о. (по одной для каждой популяции). Все последовательности загружены в международную базу данных GenBank под номерами: MZ400499–MZ400504; MZ373318–MZ373322; MZ373302. В статье впервые публикуются результаты генетического анализа *E. velox*. Секвенирование ДНК выполнено в Закрытом акционерном обществе “Евроген”. В ходе исследований использована федеральная коллекция Зоологического института РАН.

Анализ участков генов CO1 и ITSs показал, что популяции из озера в г. Киев и Чебоксарского водохранилища имеют небольшие генетические различия – 0.8 и 0.1% нуклеотидных замен соответственно. Мы предположили, что примерно такой же уровень различий обнаружится между черноморской и каспийской популяциями. Подобные уровни генетических различий наблюдаются между морфотипами *E. affinis* (Poppe, 1880): балтийским, североморским и восточно-атлантическим (Gesche et al., 2011; Sukhikh et al., 2016). Анализ двух последовательностей ДНК консервативного гена 18SrRNA не выявил различий между популяциями *E. velox* из киевского озера и Чебоксарского вдхр.

Сравнение полученных данных с двумя имеющимися в открытом доступе GenBank последовательностями участка гена CO1 из Польши (MT146446 и MT146445) показало, что они группируются с эуритеморам из Чебоксарского водохранилища (рис. 1).

Выводы. Из-за близкого расположения Чебоксарского вдхр. к нативному местообитанию *E. velox* наиболее вероятно, что в водных объектах Польши обнаружена эуритемора, происходящая из Каспийского региона, а не наоборот. Популяция из озера в г. Киев отличается на несколько замен от каспийских и польских. Предположительно, это потомки особей, поднявшихся по р. Днепр из Черноморского региона, т.е. произошло независимое расселение вида, по крайней мере, из двух регионов-доноров. Дальнейшее исследование нативных популяций *E. velox* из Азово-Черноморского и Каспийского регионов, а также популяций вида из других регионов поможет более полно раскрыть картину происхождения вселенца и путей его расселения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Л.В. Самчишиной (Институт рыбного хозяйства НААН) за предоставленный материал из озера в г. Киев. Авторы благо-

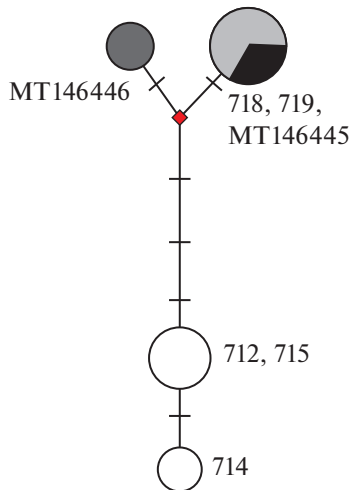


Рис. 1. Медианная сеть гаплотипов *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853), построенная по семи нуклеотидным последовательностям участка гена CO1. Поперечные черточки – количество мутаций между гаплотипами. Черный – гаплотипы из Польши (MT146446 и MT146445), серый – из Чебоксарского вдхр. (718, 719), белый – из г. Киев (712, 714, 715).

дарят независимого рецензента за высказанные замечания и советы по улучшению текста.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в Центре коллективного пользования “Таксон” в соответствии с Госзаданиями Зоологического института РАН АААА-А19-119020690091-0 “Исследования биологического разнообразия и механизмов воздействия антропогенных и естественных факторов на структурно-функциональную организацию экосистем континентальных водоемов. Систематизация биоразнообразия соленых озер и неполносоленых внутренних морей в зоне критической солёности, изучение роли солоновато-водных видов в экосистемах” и Института биологии внутренних вод РАН тема 121051100109-1 “Систематика, разнообразие, биология и экология водных и околководных беспозвоночных, структура популяций и сообществ в континентальных водах”, а также поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований № 20-34-70020, 20-04-00035 и 19-04-00217.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. 1991. Определитель Calanoida пресных вод СССР. Санкт-Петербург: Наука.
 Волга и ее жизнь. 1978. Ленинград: Наука.
 Зернов С.А. 1901. Планктон Азовского моря // Ежегодник Зоологического музея академии наук. Т. 6. С. 4.
 Литвинова А.Г., Вежновец В.В. 2018. Распространение и показатели численности чужеродной каланоид-

ной копеподы *Eurytemora velox* Lilljeborg, 1853 в Днепро-Бугском канале // Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века: Матер. 18-й междунар. науч. конф. Минск, 17–18 мая 2018 г. Минск: Информационно-вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь. С. 61.

Рыбинское водохранилище и его жизнь. 1972. Ленинград: Наука.

Сабанеев П.Л. 1930. *Eurytemora velox* (Lill.) у порожи- нистій частині Дніпра // Збір. Пр. Дніпр. біол. стан. 5.

Самчишина Л.В. 2000. Рецентное вселение олигогали- ного вида *Eurytemora velox* (Lill.) (Copepoda, Calan- oidea) в Днепр и его крупные притоки // Экология моря. Вып. 52. С. 52.

Травянко В.С., Цеб Я.Я. 1967. Зоопланктон верхнего Днепра и водоемов его поймы // Гидробиологиче- ский режим Днепра в условиях зарегулированного стока. Киев: Наукова думка. С. 74.

Ekman S. 1907. Uber das Crustaceen plankton des Ekoln (Mälaren) und fiber verschiedene Kategorien von marinen Relikten in schwedischen Binnenseen // Zo- ologiska Studier.

Elton C. 1929. The Ecological Relationships of Certain Freshwater Copepods // Journal of Ecology. V. 17(2). P. 383.
<https://doi.org/10.2307/2256050>

Gaviria S., Forro L. 2000. Morphological characterization of new populations of the copepod *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) (Calanoida, Temoridae) found in Austria and Hungary // Hydrobiologia. V. 438. P. 205.
<https://doi.org/10.1023/A:1004173704289>

Lazareva V.I. 2020. Long-Term Changes in the Composi- tion and Abundance of the Zooplankton Community in Kama River Reservoirs // Inland Water Biology. V. 13. № 2. P. 214.
<https://doi.org/10.1134/S199508292002025X>

Samchyshyna L., Gromova Y., Zorina-Sakharova K. 2020. Recent distribution of *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) (Copepoda, Calanoida) in brackish and fresh wa- ters of Ukraine // Crustaceana. V. 93. № 3-5. P. 275.
<https://doi.org/10.1163/15685403-00003992>

Sars G.O. 1897. *Temorella lacinulata* (Fischer) // Ежегод- ник Зоологического музея Императорской акаде- мии наук. Т. 2. Санкт-Петербург. С. 66.

Spandl H. 1926. Copepoda. Ruderfusskrebse // P. Schulze Biologie der Tiere Deutschlands. V. 15. P. 1.

Sukhikh N.M., Souissi A., Souissi S. et al. 2016. Genetic and morphological heterogeneity among populations of *Eurytemora affinis* (Crustacea: Copepoda: Temoridae) in European waters // C.R. Biol. V. 339. P. 197.
<https://doi.org/10.1016/j.crv.2016.03.004>

Winkler G., Souissi S., Poux C., Castric V. 2011. Genetic heterogeneity among *Eurytemora affinis* populations in Western Europe // Mar. Biol. V. 158. P. 1841.
<https://doi.org/10.1007/s00227-011-1696-5>

The First Results of Molecular Genetic Analysis of the European Invader *Eurytemora velox* (Crustacea, Calanoida)

N. M. Sukhikh¹, * and V. I. Lazareva²

¹Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

²Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia

*e-mail: Susikh1@mail.ru

The article presents the first results of the four genes analysis: CO1, ITSs, and 18SrRNA for populations of the invasive species *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) from the Cheboksary Reservoir and lake in Kiev. Analysis of the regions of the CO1 and ITSs genes showed that the studied populations differ by several nucleotide substitutions. The analysis of two DNA sequences of the conserved nuclear gene 18SrRNA did not reveal differences between the populations, as expected. Comparison of the obtained data with sequences from water bodies of Poland (from international database GenBank) showed that they are grouped with sequences of species from the Cheboksary Reservoir. It is likely that in the water bodies of Poland, *E. velox* was found, originating from the Caspian region, from where the eurytemora also settled in the Cheboksary Reservoir. The population from the lake in Kiev most likely climbed the Dnieper from the Black Sea region. Thus, apparently, we are dealing with an independent dispersal of the species from at least two donor regions.

Keywords: invasive species, alien species, *Eurytemora velox*, new records, species distribution, Ponto-Caspian region