

Перспективы сравнительного исследования кариотипов хирономид трибы Chironomini (Diptera) региона Кавказа и Нижнего Поволжья

ФГБУН Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, г. Нальчик

Резюме

В работе отражены результаты исследований кариотипов и хромосомного полиморфизма хирономид трибы Chironomini (Diptera) региона Кавказа и Нижнего Поволжья. Выявлена возможная перспектива использования видов *Camptochironomus tentans* и *C. pallidivittatus* для проведения биомониторинга водных экосистем Кавказа.

Ключевые слова: политенные хромосомы, триба Chironomini, Кавказ, Нижнее Поволжье, Chironomus, Camptochironomus

Долгое время Кавказ относился к регионам, слабо изученным в отношении фауны, морфологии и кариотипической структуры популяций хирономид (Diptera). Так, в Восточной Грузии был известен только один вид *Chironomus* – *Ch. bonus* из оз. Паравани (Шилова, Джваршеишвили, 1974). В Закавказье были обнаружены два вида *Chironomus* – *Ch. riparius* и *Ch. muratensis*, из озер ледникового происхождения на Бзыбском хребте (Логинава, 1994).

Предварительные исследования фауны гидробионтов, проведенные в рамках биоиндикации водоемов Кавказского региона (Касымов, 1972; Хатухов и др., 2006), показали, что доля видов трибы Chironomini в водоемах Кавказа невелика – всего 6%. Хотя на *Chironomus* и *Camptochironomus* приходится меньшая доля видов, среди них есть широко распространенные виды, и их кариотипическое исследование здесь актуально по ряду причин. Территория Кавказа представляет собой не только южную границу ареала многих видов *Chironomus* и *Camptochironomus* с палеарктическим и голарктическим распространением, но и объединяет разнотипные водоемы, находящиеся на разных высотах. Анализ инверсионного полиморфизма популяций *Chironomus* и *Camptochironomus*, оказывающихся под влиянием определенных доминирующих факторов, не только позволит вскрыть важные закономерности его формирования, но и получить наиболее полные представления о структуре такого полиморфизма для вида в целом.

Для выявления закономерностей формирования инверсионного полиморфизма *Chironomus* и *Camptochironomus* также необходимо проводить его сравнение в популяциях видов из разных географических зон (Белянина, Логинава, 1993 а, б; Полуконова, Филинкова, 2006 и др.). Так, наиболее исследованным в отношении хромосомного полиморфизма *Chironomus* и *Camptochironomus* и наиболее географически близко расположенным к Кавказу регионом является Нижнее Поволжье (Белянина и др., 1990, 1992, 2000; Логинава, Белянина, 1994; Полуконова, Белянина, 2002; Полуконова, 2003; Полуконова, 2005; Полуконова и др., 2009; Полуконова, Дёмин, 2010).

Цель исследования: сравнить уровень инверсионного полиморфизма двух видов комаров-звонцов – *Camptochironomus tentans* (Fabricius) 1805 и *C. pallidivittatus* (Edwards) 1929 из популяций Нижнего Поволжья и Кавказа.

Материал и методы

В работе использованы личинки *Camptochironomus tentans* и *C. pallidivittatus* IV возраста. Материал собран из природной популяции Нижнего Поволжья (Саратовская область, оз. Мартыщи Духовницкого района), Центрального Кавказа и Предкавказья (Полуконова и др., 2014, 2015).

Личинок фиксировали в смеси этанол–ледяная уксусная кислота (3:1). Приготовление давленных препаратов политенных хромосом проводили по стандартной этило-орсеиновой методике. Исследование препаратов хромосом проводили с применением микроскопа проходящего света Carl Zeiss Axio Imager.A2. При описании инверсионного полиморфизма использовали показатели: частоту встречаемости личинок с гетерозиготными инверсиями; число гетерозиготных инверсий на плечо; число гетерозиготных инверсий на особь; число зиготических сочетаний; число генотипических комбинаций и др.

Результаты и обсуждение

Сравнение видового состава *Chironomus* и *Camptochironomus* Кавказа и Нижнего Поволжья позволило выявить его сходство и отличия этих регионов (Полуконова, 2001 а, б; Полуконова, 2004; Полуконова и др., 2005; Полуконова, Воронин, 2006; Дёмина, Полуконова, 2011; Кармоков, Полуконова, 2012 а, б, г; Кармоков, 2013; Дёмина и др., 2013; Полуконова и др., 2015; Кармоков, 2016). Было установлено, что наиболее массовыми видами бентосными хирономид, заселяющих равнинные и предгорные водоемы Кавказского региона, наряду с некоторыми видами *Chironomus*, являются виды рода *Camptochironomus* (Кармоков, Полуконова, 2012 а; Кармоков, 2013).

Хромосомный полиморфизм *Camptochironomus tentans* в Саратовской популяции выше, чем в популяциях Центрального Кавказа. Генотипические комбинации личинок из исследованных регионов разные, что свидетельствует о наличии хромосомной дивергенции.

В популяциях Центрального Кавказа, как и популяции Нижнего Поволжья у *C. pallidivittatus* обнаружено по 11 последовательностей дисков (ПД). В кавказских популяциях выявлена одна новая ПД (pal B10), в саратовских - три новые для вида ПД (pal A3, pal B11 и pal B12). При этом, в других частях ареала этого вида новые ПД пока не встречены и могут оказаться эндемичными для своих регионов. Полиморфными оказались плечи А, В, D и G в кавказских популяциях и А, В и D в Саратовской. Число зиготических сочетаний *C. pallidivittatus* выше в кавказском регионе, в то время как число генотипических комбинаций выше в саратовской популяции. Процент гетерозиготных личинок в кавказских популяциях варьирует от 20 до 80, в то время, как в саратовской популяции все особи были с гетерозиготными инверсиями.

Заключение

Таким образом, оба исследованных вида – *C. tentans* и *C. pallidivittatus* обладают высоким уровнем инверсионного полиморфизма, как в кавказском регионе, так и в регионе Нижнего Поволжья, но за счет разных инверсий, затрагивающих разные участки хромосом. Проведенное нами кариотипическое изучение хирономид трибы Chironomini Кавказа (Кармоков, 2013, 2015; Кармоков, Полуконова, 2012 в, 2014 а-в; Кармоков и др.; 2012, 2014; Полуконова, Кармоков, 2012 а, б, 2016; Karmokov et al. 2015; Karmokov, Akkizov, 2016) позволило определить основные направления дальнейших исследований в этом регионе. Одним из перспективных направлений является проведение биологического мониторинга водных экосистем на основе такого показателя, как уровень инверсионного полиморфизма обитающих в данном водоеме хирономид (Полуконова и др., 2007, 2010; Аккизов и др., 2016). Виды *C. tentans* и *C. pallidivittatus* – перспективны для проведения биомониторинга экосистем Кавказского региона.

Литература

- Аккизов А.Ю., Кармоков М.Х., Шаов М.Т., Курданов Х.А. Перспективы использования личинок хирономид в исследованиях влияния гипоксии на ритмическую активность нейронов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2-1. С. 15-19.
- Белянина С.И., Логинова Н.В. Кадастр порядков дисков в политенных хромосомах видов Chironomus группы plumosus. II. Кариофонд Chironomus plumosus // Цитология. 1993а. Т. 35, № 8. С. 65-70.
- Белянина С.И., Кикнадзе И.И., Полуконова Н.В., Истомина А.Г., Сиирин М.Т. Кариотип комара-звонца Chironomus heterodontatus Konstantinov из группы obtusidens (Diptera, Chironomidae) // Цитология. 2000. Т. 42, N 6. С. 593-601.
- Белянина С.И., Логинова Н.В. Кадастр порядков дисков в политенных хромосомах видов Chironomus группы plumosus. I. Кариофонд Chironomus balatonicus // Цитология. 1993б. Т. 35, №4. С. 87-92.
- Белянина С.И., Сигарева Л.Е., Логинова Н.В. Новый вид Chironomus curabilis, sp. n. (Diptera, Chironomidae) // Зоологический журнал. 1990. Т. 69, вып. 5. С. 60-70.
- Белянина С.И., Сигарева Л.Е., Логинова Н.В. Морфологическая характеристика вида Chironomus entis (Chironomidae, Diptera) и его кариофонд из разных географических зон // Зоологический журнал. 1992. Т. 71. № 8. С. 32-38.
- Демина И.В., Ермохин М.В., Полуконова Н.В. Сообщества макрозообентоса пойменных озер долины р. Волги (окр. г. Энгельса) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13. № 1. С. 83-96.
- Дёмина И.В., Полуконова Н.В. Видовое разнообразие и особенности морфологии комаров-звонцов п/сем. Chironominae (Diptera, Chironomidae) оз. Холодное (Саратовская обл.) // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2011. № 9. С. 43-45.
- Кармоков М.Х. Роды Chironomus Meigen, 1803 и Camptochironomus Kieffer, 1918 (Diptera, Chironomidae) Центрального Кавказа и Предкавказья: систематика, распространение и хромосомный полиморфизм: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург: ЗИН РАН, 2013. 21 с.
- Кармоков М.Х. Первые данные о кариотипе и хромосомном полиморфизме Chironomus melnescens Keyl, 1961 (Diptera, Chironomidae) Восточного Кавказа (Республика Дагестан) // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 4-2. С. 345-349.
- Кармоков М.Х. Первичные данные по фауне комаров-звонцов рода Chironomus (Diptera, Chironomidae) участка «Сары-Кумские барханы» заповедника «Дагестанский» и заказников «Самурский» и «Тляратинский» // Труды государственного природного заповедника Дагестанский. 2016. Т. 12. № 12. С. 57-62.
- Кармоков М.Х., Белянина С.И., Жиров С.В., Петрова Н.А. Кариотип и морфология комара-звонца Stictochironomus crassiforceps (Kieffer) (Diptera, Chironomidae) из некоторых районов Палеарктики // Энтомологическое обозрение. 2014. Т. 93. № 3-4. С. 555-563.
- Кармоков М.Х., Полуконова Н.В. Распределение хирономид Chironomus Meigen и Camptochironomus Kieffer (Diptera) на Центральном Кавказе и в Предкавказье // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2012а. Т. 12. № 3. С. 84-92.
- Кармоков М.Х., Полуконова Н.В. Фауна и особенности распространения хирономид Chironomus Meigen и Camptochironomus Kieffer (Chironomidae, Diptera) в водоёмах Центрального Кавказа и Предкавказья // Поволжский экологический журнал. 2012в. № 1. С. 95-98.
- Кармоков М.Х., Полуконова Н.В. Фауна, кариотипы и экология комаров-звонцов рода Chironomus Meigen, 1803 (Diptera, Chironomidae) Тисо-самшитовой рощи (Северо-западный Кавказ) // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2014 а. № 4 (147). С. 98-102.
- Кармоков М.Х., Полуконова Н.В. Фауна, особенности экологии и кариотипы комаров-звонцов рода Chironomus Meigen, 1803 (Diptera, Chironomidae) временных водоемов Суванского ущелья (Центральный Кавказ) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014 б. Т. 16. № 1-4. С. 1153-1156.
- Кармоков М.Х., Полуконова Н.В., Воронин М.Ю., Шаповалов М.И. Кариотип и хромосомный полиморфизм Chironomus nuditarsis Str. (Keyl, 1962) (Chironomidae, Diptera) Центрального Кавказа // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2011. № 3. С. 44-57.
- Кармоков М.Х., Полуконова Н.В., Воронин М.Ю. Кариотип и инверсионный полиморфизм комара-звонца Chironomus aprilinus Meigen, 1818 (Diptera, Chironomidae) с Центрального Кавказа // Кавказский энтомологический бюллетень. 2012. Т. 8. № 2. С. 300-304.
- Касымов А.Г. Пресноводная фауна Кавказа. Баку, изд-во «Элм», 1972. – 286 с.
- Логинова Н.В. Морфологический и кариотипический анализ видов рода Chironomus Meigen (1818) (Chironomidae, Diptera) // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, ЗИН РАН, 1994.
- Логинова Н.В., Белянина С.И. Новый вид Chironomus из группы plumosus – Chironomus usenicus, sp. n. // Зоологический журнал. 1994. Т. 73, № 11. С. 93-105.
- Полуконова Н.В. Морфологическая дифференциация личинок двух близкородственных видов цитокмплеса pseudothummi (Diptera, Chironomidae) // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2001 а. № 1. С. 37-41.
- Полуконова Н.В. Диагностика видов подрода Chironomus, s. str. (Chironomidae, Diptera) водоемов Саратова // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2001 б. № 1. С. 9-14.
- Полуконова Н.В. Инверсионный полиморфизм комаров-звонцов Chironomus группы plumosus (Diptera, Chironomidae). I. Структура кариофондов популяций шести видов фауны Нижнего Поволжья // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Вып. 3. Саратов. Изд-во Саратов. ун-та, 2004. С. 11-24.
- Полуконова Н.В. Морфологическая и хромосомная дифференциация комаров-звонцов (Chironomidae, Diptera) в процессе видообразования. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского. Саратов, 2005.
- Полуконова Н.В., Белянина С.И., Михайлова П.В., Голыгина В.В. Сравнительный анализ кариотипов и кариофондов комаров-звонцов Chironomus nuditarsis и Ch. curabilis (Chironomidae, Diptera) // Зоологический журнал. 2005. Т. 84. № 2. С. 195-206.
- Полуконова Н.В., Воронин М.Ю. Особенности хромосомного полиморфизма и транскрипционной активности политенных хромосом массовых видов хирономид водоема-охладителя Балаковской АЭС // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2006. № 5. С. 67.

28. Полуконова Н.В., Дёмин А.Г. Результаты комплексного анализа видов *Chironomus* группы *obtusidens* (Diptera, Chironomidae) на основе морфологии, кариотипа и молекулярно-генетических данных // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2010. № 8. С. 8-13.
29. Полуконова Н.В., Дёмин А.Г., Мюге Н.С., Шайкевич Е.В. Сравнение *Chironomus usenicus* и *Ch. curabilis* с видами группы *plumosus* (Diptera) по гену митохондриальной днк *COI* и рисунку дисков политенных хромосом // Генетика. 2009. Т. 45. № 8. С. 1029-1035.
30. Полуконова Н.В., Демина И.В., Ермохин М.В. Особенности видовой диагностики имаго подсемейства *Chironominae* из пойменных озёр р. Волги (Саратовская область) при исследовании потоков вещества и энергии между водными и наземными экосистемами // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2015. Т. 15. № 4. С. 52-62.
31. Полуконова Н.В. Реконструкция этапов формирования кариологической структуры популяций *Chironomus plumosus* и *C. usenicus* (Diptera, Chironomidae) субаридных территорий Прикаспийской низменности // Энтомологические и паразитологические исслед. в Поволжье. Вып. 2. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2003. С. 29–43.
32. Полуконова Н.В., Белянина С.И. О возможности гибридогенеза в видообразовании комара-звонца *Chironomus usenicus* Loginova et Beljanina (Chironomidae, Diptera) // Генетика. 2002. Т. 38, №12. С. 1635–1640.
33. Полуконова Н.В., Ермохин М.В., Воронин М.Ю., Демин А.Г., Катаева И.В., Федорова И.А., Козлов М.С. Биологический мониторинг водных экосистем на основе анализа сообществ, популяций, кариотипа и мтДНК хирономид (Chironomidae, Diptera) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2007. Т. 7. С. 71 - 78.
34. Полуконова Н.В., Кармоков М.Х. Морфологическая диагностика личинок *Chironomus Meigen*, 1803 и *Camptochironomus Kieffer*, 1918 Центрального Кавказа и Предкавказья // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2012. № 10. С. 9-16.
35. Полуконова Н.В., Кармоков М.Х. Ревизия хромосомных последовательностей у видов *Chironomus* группы *plumosus* (*Ch. plumosus*, *Ch. balatonicus*, *Ch. usenicus*) // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2016. Т. 6. № 9. С. 1504.
36. Полуконова Н.В., Кармоков М.Х., Шатерников А.Н. Инверсионный полиморфизм комара-звонца *Camptochironomus pallidivittatus* Edwards, 1929 (Diptera, Chironomidae) из популяций Нижнего Поволжья и Центрального Кавказа // Генетика. 2015. Т. 51. № 2. С. 156-165.
37. Полуконова Н.В., Филинкова Т.Н. Морфология политенных хромосом и особенности инверсионного полиморфизма хирономин (Chironomidae, Diptera) севера России // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2006. № 5. С. 18-21.
38. Полуконова Н.В., Шатерников А.Н., Кармоков М.Х. Инверсионный полиморфизм комара-звонца *Camptochironomus tentans* (Fabricius), 1805 (Diptera, Chironomidae) из популяций Нижнего Поволжья и Центрального Кавказа // Генетика. 2015. Т. 51. № 1. С. 28-38.
39. Хатухов А.М., Таов А.М., Якимов А.В. О предварительных итогах гидрохимического и гидробиологического исследования качества речных вод Кабардино-Балкарии // Вестник КБГУ: Серия биол. науки. Вып. 8. Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2006. С.97—104.
40. Шилова А.И., Джваршеишвили Б.А. Новый вид рода *Chironomus* Mg. из Восточной Грузии (Diptera, Chironomidae) // Информ. бюлл. ИБВВ АН СССР. 1974. Т. 24. С. 37—42.
41. Karmokov MKh, Akkizov AY Karyotype characteristics and polymorphism peculiarities of *Glyptotendipes salinus* Michailova 1983 (Diptera, Chironomidae) from Tambukan lake (Central Caucasus). Comparative Cytogenetics. 2016. V. 10. № 4. P. 571-585.
42. Karmokov MK, Polukonova NV, Sinichkina OV Karyotype characteristics and polymorphism peculiarities of *Chironomus bernensis* Wülker & Klötzli, 1973 (Diptera, Chironomidae) from the Central Caucasus and Ciscaucasia // Comparative Cytogenetics. 2015. V. 9. № 3. P. 281-297.