

Р.О. Трапезов<sup>1</sup>, С.В. Черданцев<sup>1</sup>, М.А. Томилин<sup>1</sup>,  
Д.В. Папин<sup>2</sup>, А.С. Пилипенко<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Институт цитологии и генетики СО РАН  
Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт археологии и этнографии СО РАН  
Новосибирск, Россия  
E-mail: alexpil@bionet.nsc.ru

## Новые данные о генетическом составе андроновского населения юга Сибири (Верхнее Приобье и Кулунда)

*Исследования генетического состава андроновского (фёдоровского) населения, мигрировавшего в южные районы Сибири в первой половине II тыс. до н.э., главным образом направлены на понимание положения этой популяции среди других групп эпохи бронзы Евразии и реконструкцию ее происхождения. При этом отсутствуют репрезентативные генетические данные о локальных андроновских популяциях. Материалы археологии свидетельствуют о том, что андроновская миграция была сложным многостадийным процессом. Поэтому детальная реконструкция этой миграционной волны и ее последствий невозможна без понимания генетической специфики локальных андроновских групп. В статье представлены предварительные результаты палеогенетического исследования локальных групп носителей андроновской культуры из могильников Верхнего Приобья и Кулундинской степи (Фирсово XIV, Чекановский лог-2, -10, Рублево VIII), включая данные по митохондриальной ДНК и Y-хромосоме. Подтверждено, что общими чертами генофонда андроновских популяций до их интенсивного взаимодействия с аборигенными группами Сибири были доминирование западно-евразийских гаплогрупп митохондриальной ДНК (Т, U5a, H, J и др.) и гаплогруппы R1a (R1a1a) Y-хромосомы. По-видимому, рассматриваемые популяции Верхнего Приобья и Кулундинской степи в значительной степени сохранили генетические особенности, свойственные мигрантам, без смешения с аборигенными сибирскими популяциями, в отличие, например, от ситуации в Барабинской лесостепи. Дальнейшее генетическое исследование репрезентативных серий андроновского населения различных районов Сибири позволит выполнить более тонкие реконструкции и выявить локальную специфику этих сложных миграционных процессов. При этом большие перспективы могут быть связаны с параллельным исследованием диахронных палеоантропологических материалов методами палеогенетики и изотопного анализа.*

Ключевые слова: андроновская (фёдоровская) культура, палеогенетика, митохондриальная ДНК, Y-хромосома, миграции, локальные популяции, генетическая история популяций, развитая бронза.

Rostislav O. Trapezov<sup>1</sup>, Stepan V. Cherdantsev<sup>1</sup>, Matvey A. Tomilin<sup>1</sup>,  
Dmitry V. Papin<sup>2</sup>, Aleksandr S. Pilipenko<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Institute of Cytology and Genetics SB RAS,  
Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS,  
Novosibirsk, Russia  
E-mail: alexpil@bionet.nsc.ru

## New Data on the Genetic Composition of the Andronovo Populations from Southern Siberia (the Upper Ob Region and Kulunda Steppe)

*Analysis of the genetic composition of the Andronovo (Fedorovo) population which migrated to Southern Siberia in the first half of the second millennium BC has mainly focused on establishing the position of this population among other Eurasian Bronze Age groups and on reconstructing its origins. However, no representative genetic data on the local Andronovo populations is available so far. Archaeological evidence indicates that the Andronovo migration was a complex multistage process. A detailed reconstruction of this migration is impossible without understanding genetic specificity of the local*

*Andronovo populations. This study presents the preliminary results of a paleogenetic research into the local Andronovo groups from the burial grounds of the Upper Ob region and the Kulunda steppe (Firsovo XIV, Chekanovsky log-2, -10, and Rublevo VIII), including the data on their mitochondrial DNA and Y-chromosome. New results confirm that the common features of the gene pool of the Andronovo populations before their intensive interaction with the indigenous groups of Siberia was the dominance of the Western Eurasian haplogroups of mitochondrial DNA (T, U5a, H, J, and others) and haplogroup R1a (R1a1a) of the Y-chromosome. Apparently, the populations of the Upper Ob region and Kulunda steppe largely retained genetic features typical of the migrants without interaction with native Siberian populations as opposed to, for example, the Baraba forest-steppe. Further genetic studies of representative local series of the Andronovo population in various regions of Siberia will make it possible to produce more subtle reconstructions of sophisticated migration processes. Large expectations are associated with parallel study of diachronic paleoanthropological evidence using the methods of paleogenetics and isotope analysis.*

Keywords: *Andronovo (Fedorovo) culture, paleogenetics, mitochondrial DNA, Y-chromosome, migrations, local populations, genetic history of populations, Middle Bronze Age.*

## Введение

Расселение носителей андроновской (фёдоровской) культуры в южных районах Сибири в первой половине II тыс. до н.э. являлось одним из важнейших факторов, определивших ход этнокультурных процессов в регионе в эпоху развитой бронзы и последующие хронологические периоды. Важное место в изучении этого феномена занимает анализ генетического состава носителей андроновской (фёдоровской) культуры. Для этого используются традиционные методы физической антропологии (краниометрия, краниоскопия, одонтология) [Kozintsev, 2008; Солодовников, 2005; Чикишева, Поздняков, 2003; Тур, 2011; Зубова, 2012] и методы палеогенетики: от анализа отдельных информативных маркеров (мтДНК и/или Y-хромосома) [Keyser et al., 2009; Molodin et al., 2012; Мультидисциплинарные исследования..., 2013; Журавлев и др., 2017] до «полногеномного» анализа методами высокопроизводительного секвенирования (см., напр.: [Allentoft et al., 2015]). Впрочем, до настоящего времени полногеномные исследования андроновских (фёдоровских) материалов выполнены лишь в составе географически и хронологически широких выборок образцов. Отличительной особенностью многих палеоантропологических исследований является их сфокусированность на вопросах происхождения андроновских популяций в целом, включая их генетические отношения с популяциями эпохи бронзы Южного Урала и степень участия в формировании андроновского населения Сибири носителей т.н. средиземноморского антропологического типа [Kozintsev, 2008; Солодовников, 2005; Тур, 2011; Зубова, 2012]. Часть генетических исследований также направлена на выяснение места андроновского населения в системе популяций Евразии эпохи бронзы [Allentoft et al., 2015]. В то же время другие работы нацелены на более тонкую реконструкцию локальных популяционно-гене-

тических процессов, сопровождавших андроновскую миграционную волну. Такое исследование выполняется, в частности, для Барабинской лесостепи [Журавлев и др., 2017; Мультидисциплинарные исследования..., 2013; Molodin et al., 2012]. При этом данные археологии красноречиво говорят о том, что миграция носителей андроновской (фёдоровской) культуры в южные районы Сибири представляет собой многостадийный процесс, который сопровождался сложной системой взаимоотношений между мигрантами и аборигенными группами на уровне как материальной культуры (см., напр.: [Молодин и др., 2016]), так и генетических контактов между популяциями [Журавлев и др., 2017]. Процессы эти характеризуются выраженной специфичностью в разных районах юга Сибири. В этой связи большую значимость приобретает не просто рассмотрение генетического состава андроновского (фёдоровского) населения Сибири в целом, а углубленное исследование, включающее анализ генетического состава локально-территориальных андроновских групп [Пилипенко, Папин, 2019].

В данной работе мы представляем предварительные результаты исследования генетического состава андроновского населения Верхнего Приобья и Кулундинской степи по маркерам митохондриальной ДНК и Y-хромосомы. Полученные результаты мы рассматриваем на фоне генетического состава населения андроновской (фёдоровской) культуры в целом, а также в контексте локально-территориальной специфики андроновских групп.

## Материалы и методы

*Палеоантропологические материалы.* Для молекулярно-генетического исследования были отобраны палеоантропологические материалы из трех могильников (групп могильников) андроновской (фёдоровской) культуры общей численностью более 40 образцов (индивидов):

1) 18 новых образцов из андроновских комплексов могильника Фирсово XIV (Барнаульское Приобье) в дополнение к исследованным ранее в отношении структуры митохондриальной ДНК десяти индивидам [Погребальный обряд..., 2015]; 2) пробная серия из пяти образцов из андроновских (фёдоровских) могильников Чекановский лог-2, -10, расположенных южнее могильника Фирсово XIV в Третьяковском р-не Алтайского края, на правом берегу Гилевского водохранилища; 3) серия из 20 образцов из андроновских (фёдоровских) комплексов могильника Рублево VIII, расположенного в южной части Кулундинской степи. В качестве палеоантропологических образцов использованы длинные кости посткраниального скелета (для всех групп) и/или зубы (для Фирсово XIV и Рублево VIII), преимущественно от взрослых индивидов. Материалы из могильников Фирсово XIV и Чекановский лог-2, -10 характеризовались высокой степенью макроскопической сохранности. Палеоантропологические материалы из могильника Рублево VIII демонстрировали различный уровень макроскопической сохранности, в среднем уступающая в этом отношении другим сериям, исследованным в данной работе.

*Предварительная обработка палеоантропологического материала и экстракция ДНК.* Использовались методы, подробно описанные в наших работах [Pilipenko et al., 2016, 2018]. Деконтаминацию образцов от современной ДНК проводили с помощью обработки раствором гипохлорита натрия, механического удаления внешних поверхностей образца и облучения ультрафиолетом. Костный порошок для экстракции ДНК высверливали из компактного костного вещества либо получали с помощью вибрационной шаровой мельницы модели Retsch MM200 или Retsch CryoMill (Германия).

Для выделения ДНК костный порошок (посткраниальный материал) инкубировали в 5М гуанидинизотиоционатном буфере при температуре 65 °С и постоянном перемешивании. Материал зубов декальцинировали 0,5-молярным раствором этилендиаминтетрауксусной кислоты с последующим лизисом с помощью протеиназы К. ДНК выделяли методом фенол-хлороформной экстракции и осаждали изопропанолом.

*Анализ генетических маркеров.* Работа была сфокусирована на анализе двух систем молекулярно-генетических маркеров: митохондриальной ДНК (последовательность ГВС I и статус соответствующих информативных позиций в кодирующей части мтДНК) и STR-локусов мужской Y-хромосомы. Полиморфный фрагмент гена амелогенина (маркер половой принадлежности останков) и высоковариабельные аутосомные STR-локусы

(универсальные маркеры степени родства индивидов) подвергали анализу в тех случаях, когда было необходимо определить половую принадлежность останков. Детали лабораторных методов генотипирования всех перечисленных локусов подробно изложены в наших работах [Ibid.].

Продукты секвенирующих реакций анализировали в центре коллективного пользования «Геномика» СО РАН (<http://sequest.niboch.nsc.ru>). Филогенетическую и филогеографическую интерпретацию результатов осуществляли методами, описанными нами ранее [Ibid.]. Принадлежность исследованных STR-гаплотипов Y-хромосомы (17 STR-локусов из набора реактивов AmpFISTR® Y-filer® PCR Amplification Kit (Applied Biosystems, США)) к гаплогруппам устанавливали с использованием программ-предикторов Haplogroup predictor (<http://www.hprg.com/hapest5/>) и Vadim Yurasin's YPredictor 1.5.0 (<http://predictor.ydna.ru>), находящихся в свободном доступе.

*Меры против контаминации и верификация результатов.* Все работы с древним материалом выполнены в специально оборудованном для палеогенетических исследований помещении межинститутской лаборатории молекулярной палеогенетики и палеогеномики ИЦиГ СО РАН (Новосибирск, Россия). Меры против контаминации и процедуры верификации результатов подробно описаны в работе [Pilipenko et al., 2018].

## Результаты и обсуждение

К настоящему моменту нам удалось получить новые (а для некоторых групп первые) молекулярно-генетические данные для всех трех исследуемых локально-территориальных групп андроновского (фёдоровского) населения. При этом степень сохранности ДНК и соответственно результативность палеогенетического анализа значительно отличалась как между сериями, так и между отдельными образцами. Новые исследования подтвердили сделанный нами ранее вывод о высокой степени сохранности ДНК в значительной части андроновских материалов могильника Фирсово XIV: 12 из 18 образцов продемонстрировали высокую степень сохранности ДНК, достаточную для анализа не только мтДНК, но и маркеров ядерного генома. Для оставшейся трети образцов мы установили либо низкую степень сохранности ДНК (4 образца), в этих случаях коррелировавшую с низкой макроскопической сохранностью останков, либо высокий уровень контаминации материалов современной ДНК до их отбора для молекулярно-генетического анализа (2 образца, посткраниальный материал).

Все пять образцов, включенных в состав пробной серии из могильников Чекановский лог-2, -10, продемонстрировали высокий уровень сохранности ДНК. Эти результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего существенного расширения этой локально-территориальной выборки.

Значительная часть образцов (12 из 20), отобранных из материалов могильника Рублево VIII (Южная Кулунда), показала низкий уровень сохранности ДНК, недостаточный даже для анализа структуры мтДНК. Мы связываем это с особенностями состава грунта, в котором были совершены погребения на могильнике Рублево VIII: из-за присутствия большой доли песка грунт является легкопроницаемым для воздействия таких внешних факторов, как атмосферные осадки и доступ свободного кислорода, что негативно сказывается на сохранности органических компонентов в палеоантропологических останках, в т.ч. ДНК. В целом сохранность ДНК коррелирует с уровнем макроскопической сохранности, в отношении которого материалы из Рублево VIII также уступают двум другим локальным группам. Тем не менее нам удалось получить предварительные генетические результаты для более чем трети образцов, включенных в исследование. Дальнейшие перспективы увеличения численности успешно исследованных образцов из могильника Рублево VIII обусловлены возможностью как отбора образцов от дополнительного числа индивидов, так и более активного использования зубов в качестве материала для получения образцов ДНК.

В итоге проведенной работы нам удалось более чем в два раза (с 10 до 22) увеличить численность серии образцов мтДНК, исследованных для андроновской группы из могильника Фирсово XIV. На основе новых результатов можно сделать некоторые выводы о генофонде мтДНК данной локальной «популяции». По-прежнему в составе исследованной серии присутствуют лишь варианты западно-евразийского кластера гаплогрупп мтДНК. При этом состав основных гаплогрупп не претерпел изменений и включает кластеры T, U5a, J и H. Таким образом, все вновь исследованные образцы относятся к тем же крупным кластерам мтДНК, что и первые 10 образцов, описанные ранее [Погребальный обряд..., 2015]. С наибольшей частотой в составе расширенной серии, как и раньше, встречаются варианты гаплогруппы T. Это позволяет говорить о достоверности полученных данных о составе основных кластеров мтДНК в генофонде рассматриваемой группы, хотя мы все же не можем исключить присутствия минорных гаплогрупп, которые нам пока не удалось обнаружить экспериментально. Следует отметить, что большинство конкретных гаплотипов

(структурных вариантов) мтДНК, выявленных среди новых 12 образцов, отсутствовало в ранее опубликованной серии. Следовательно, расширение серии позволяет нам получить более полную картину разнообразия линий мтДНК в исследуемой локальной группе населения.

Пробная серия из могильников Чекановский лог-2, -10 (пять образцов мтДНК) также полностью состоит из западно-евразийских вариантов мтДНК, относящихся к гаплогруппам T, U5a, U4 и U5. Интересно, что варианты гаплогруппы T (два образца из пяти) идентичны вариантам, представленным в серии из Фирсово XIV. В то же время уже в этой небольшой пробной серии мы обнаружили варианты гаплогрупп, которые отсутствуют в серии из Фирсово XIV (U4, U5). Это обстоятельство, наряду с установленной нами высокой сохранностью ДНК в материалах из Чекановского лога-2, -10, свидетельствует в пользу перспективности дальнейшего расширения серии для поиска признаков генетической специфики локально-территориальных популяций андроновского населения.

Предварительные данные, полученные для серии из могильника Рублево VIII, также указывают на возможные отличия в составе ряда компонентов генофонда мтДНК этой локальной популяции: наряду с гаплогруппами T и U5a были выявлены, например, варианты гаплогруппы U5b, отсутствующие в других андроновских популяциях. Часть конкретных структурных вариантов гаплогрупп T и U5a также пока специфична для серии из Рублево VIII.

Таким образом, уже на данном этапе исследования продемонстрирована потенциальная информативность рассмотрения генофонда мтДНК локально-территориальных групп андроновского населения на предмет их возможной генетической специфичности. Для более полной картины необходимо увеличить репрезентативность исследованных серий.

Рассматривая андроновское (фёдоровское) население Верхнего Приобья и Кулунды в целом, можно констатировать, что его генофонд мтДНК содержит исключительно варианты западно-евразийского происхождения. Это существенно отличает андроновские популяции степной полосы Сибири от более северных, лесостепных, в частности от популяций Барабинской лесостепи, на территории которой происходило интенсивное генетическое взаимодействие с аборигенными группами [Журавлев и др., 2017; Molodin et al., 2012]. Население же рассматриваемых в данной работе локальных популяций, по-видимому, существенно ближе по своему генофонду к мигрантам-андроновцам в их исходном генетическом составе.



С этим выводом, сделанным на основе анализа мтДНК, хорошо согласуются и первые данные по филогенетической принадлежности образцов Y-хромосомы. Все исследованные к настоящему времени варианты Y-хромосомы из могильников Фирсово XIV, Чекановский лог-2, -10 (восемь образцов) относятся к гаплогруппе R1a, а точнее, к подгруппе R1a1a, которую мы считаем маркером миграций носителей андроновской культуры в различные регионы Евразии. При этом лишь около трети исследованных индивидов андроновского времени с территории Барабинской лесостепи относятся к R1a-гаплогруппе. Полученных к настоящему времени данных по структуре вариантов Y-хромосомы пока недостаточно для проведения подробного сравнительного анализа и поиска тонких отличий между рассматриваемыми в данной работе локальными андроновскими популяциями Верхнего Приобья и Кулунды. Увеличение репрезентативности и полноты данных по Y-хромосоме является главной текущей задачей нашего исследования.

### Выводы

Полученные данные свидетельствуют о перспективности привлечения к молекулярно-генетическому анализу генофонда носителей андроновской (фёдоровской) культуры дополнительных материалов, относящихся к различным локальным субпопуляциям. При условии накопления репрезентативных серий образцов мтДНК и Y-хромосомы этот подход позволит реконструировать более тонкие механизмы миграции андроновского населения в различные районы юга Сибири и его взаимодействия с предшествующими аборигенными популяциями. Высокий потенциал выполнения подобных исследований существует для основных районов Сибири, на территории которых селились носители андроновской (фёдоровской) культуры. На наш взгляд, такие молекулярно-генетические исследования необходимо проводить на диахронных выборках параллельно с реализацией других подходов, позволяющих идентифицировать мигрантов и уровень их взаимодействия с аборигенными группами, прежде всего с изотопным анализом.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 19-09-00511. Частично профинансирована из средств государственного задания ИЦИГ СО РАН, проект № 0259-2019-0010-С-01.

### Список литературы

- Журавлев А.А., Пилипенко А.С., Молодин В.И., Папин Д.В., Поздняков Д.В., Трапезов Р.О.** Генофонд мтДНК и Y-хромосомы андроновского (фёдоровского) и постандроновского населения Южной Сибири // Тр. V (XXI) Всерос. археол. съезда в Барнауле – Белокурихе: сб. науч. ст. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2017. – Т. III. – С. 37–39.
- Зубова А.В.** Происхождение населения андроновской (фёдоровской) культуры Западной Сибири по одонтологическим данным // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. – 2012. – № 2 (17). – С. 70–78.
- Молодин В.И.** Направления миграционных потоков в эпоху ранней – развитой бронзы. Барабинская лесостепь (по данным археологии, антропологии и палеогенетики) // Вестн. Том. гос. ун-та. История. – 2016. – № 4 (42). – С. 22–26.
- Мультидисциплинарные исследования** населения Барабинской лесостепи V–I тыс. до н.э.: археологический, палеогенетический и антропологический аспекты / В.И. Молодин, А.С. Пилипенко, Т.А. Чикишева, А.Г. Ромашенко, А.А. Журавлев, Д.В. Поздняков, Р.О. Трапезов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 220 с.
- Пилипенко А.С., Папин Д.В.** Перспективы применения палеогенетического анализа в рамках биоархеологического исследования населения андроновской культуры // Теория и практика археологических исследований. – 2019. – № 4 (28). – С. 122–128.
- Погребальный обряд** древнего населения Барнаульского Приобья: материалы из раскопок 2010–2011 гг. грунтового могильника Фирсово XIV / Ю.Ф. Кирюшин, Д.В. Папин, С.С. Тур, А.С. Пилипенко, А.С. Федорук, О.А. Федорук, Я.В. Фролов. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2015. – 208 с.
- Солодовников К.Н.** Антропологические материалы из могильника андроновской культуры Фирсово XIV к проблеме формирования населения Верхнего Приобья в эпоху бронзы // Вестн. археологии, антропологии и этнографии. – 2005. – № 6. – С. 127–147.
- Чикишева Т.А., Поздняков Д.В.** Население западно-сибирского ареала андроновской культурной общности по антропологическим данным // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2003. – № 3 (15). – С. 132–148.
- Allentoft M.E., Sikora M., Sjogren K.G., Rasmussen S., Rasmussen M., Stenderup J., Damgaard P.B., Schroeder H., Ahlstrom T., Vinner L., Malaspina A.S., Margaryan A., Higham T., Chivall D., Lynnerup N., Harvig L., Baron J., Della Casa P., Dąbrowski P., Duffy P.R., Ebel A.V., Epimakhov A., Frei K., Furmanek M., Gralak T., Gromov A., Gronkiewicz S., Grupe G., Hajdu T., Jarysz R., Khartanovich V., Khokhlov A., Kiss V., Kolar J., Kriiska A., Lasak I.,**

Longhi C., McGlynn G., Merkevicius A., Merkyte I., Metspalu M., Mkrtchyan R., Moiseyev V., Paja L., Palfi G., Pokutta D., Pospieszny L., Price T.D., Saag L., Sablin M., Shishlina N., Smrcka V., Soenov V.I., Szeverenyi V., Toth G., Trifanova S.V., Varul L., Vicze M., Yepiskoposyan L., Zhitenev V., Orlando L., Sicheritz-Ponten T., Brunak S., Nielsen R., Kristiansen K., Willerslev E. Population genomics of Bronze Age Eurasia // *Nature*. – 2015. – Vol. 522. – P. 167–172.

Keyser C., Bouakaze C., Crubezy E., Nikolaev V.G., Montagnon D., Reis T., Ludes B. Ancient DNA provides new insights into the history of south Siberian Kurgan people // *Human Genetics*. – 2009. – Vol. 126. – P. 395–410.

Kozintsev A.G. The Mediterraneans of Southern Siberia and Kazakhstan, Indo-European Migrations, and the Origin of the Scythians: A Multivariate Craniometric Analysis // *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. – 2008. – N 4 (36). – P. 140–144.

Molodin V.I., Pilipenko A.S., Romaschenko A.G., Zhuravlev A.A., Trapezov R.O., Chikisheva T.A., Pozdnyakov D.V. Human migrations in the southern region of the West Siberian Plain during the Bronze Age: Archaeological, palaeogenetic and anthropological data // *Population Dynamics in Pre- and Early History: New Approaches Using Stable Isotopes and Genetics*. – Berlin; Boston: De Gruyter, 2012. – P. 95–113.

Oven M. van, Kayser M. Updated comprehensive tree of global human mitochondrial DNA variation // *Human Mutation*. – 2009. – Vol. 30. – P. 386–394.

Pilipenko A.S., Molodin V.I., Trapezov R.O., Cherdantsev S.V., Zhuravlev A.A. Genetic analysis of human remains from the Bronze Age (2nd millennium BC) cemetery Bertek-56 in the Altai mountains // *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. – 2016. – Vol. 44, N 4. – P. 141–149.

Pilipenko A.S., Trapezov R.O., Cherdantsev S.V., Babenko V.N., Nesterova M.S., Pozdnyakov D.V., Molodin V.I., Polosmak N.V. Maternal genetic features of the Iron Age Tagar population from Southern Siberia (1st millennium BC) // *PLoS ONE*. – 2018. – Vol. 13, N 9.

Tur S.S. A Nonmetric Cranial Study of the Andronovo Series from the Altai // *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. – 2011. – N 1 (45). – P. 147–155.

## References

Allentoft M.E., Sikora M., Sjogren K.G., Rasmussen S., Rasmussen M., Stenderup J., Damgaard P.B., Schroeder H., Ahlstrom T., Vinner L., Malaspinas A.S., Margaryan A., Higham T., Chivall D., Lynnerup N., Harvig L., Baron J., Della Casa P., Dąbrowski P., Duffy P.R., Ebel A.V., Epimakhov A., Frei K., Furmanek M., Gralak T., Gromov A., Gronkiewicz S., Grupe G., Hajdu T., Jarysz R., Khartanovich V., Khokhlov A., Kiss V., Kolar J., Kriiska A., Lasak I., Longhi C., McGlynn G.,

Merkevicius A., Merkyte I., Metspalu M., Mkrtchyan R., Moiseyev V., Paja L., Palfi G., Pokutta D., Pospieszny L., Price T.D., Saag L., Sablin M., Shishlina N., Smrcka V., Soenov V.I., Szeverenyi V., Toth G., Trifanova S.V., Varul L., Vicze M., Yepiskoposyan L., Zhitenev V., Orlando L., Sicheritz-Ponten T., Brunak S., Nielsen R., Kristiansen K., Willerslev E. Population genomics of Bronze Age Eurasia. *Nature*, 2015, vol. 522, pp. 167–172. doi:10.1038/nature14507.

Chikisheva T.A., Pozdnyakov D.V. Naselenie zapadno-sibirskogo areala andronovskoi kul'turnoi obshchnosti po antropologicheskim dannym. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2003, No. 3 (15), pp. 132–148. (In Russ.).

Keyser C., Bouakaze C., Crubezy E., Nikolaev V.G., Montagnon D., Reis T., Ludes B. Ancient DNA provides new insights into the history of south Siberian Kurgan people. *Human Genetics*, 2009, vol. 126, pp. 395–410. doi:10.1007/s00439-009-0683-0.

Kiryushin Yu.F., Papin D.V., Tur S.S., Pilipenko A.S., Fedoruk A.S., Fedoruk O.A., Frolov Ya.V. Pogrebal'nyi obryad drevnego naseleniya Barnaul'skogo Priob'ya: materialy iz raskopok 2010–2011 gg. gruntovogo mogil'nika Firsovo XIV. Barnaul: Altai State Univ. Press, 2015, 208 p. (In Russ.).

Kozintsev A.G. The Mediterraneans of Southern Siberia and Kazakhstan, Indo-European Migrations, and the Origin of the Scythians: A Multivariate Craniometric Analysis. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2008, No. 4 (36), pp. 140–144.

Molodin V.I. The Directions of Migration Flows during an Era of Early and Developed Bronze. Baraba Forest-Steppe (According to Archeology, Anthropology and Paleogenetics). *Tomsk State University Journal of History*, 2016, No. 4 (42), pp. 22–26. doi:10.17223/19988613/42/4. (In Russ.).

Molodin V.I., Pilipenko A.S., Chikisheva T.A., Romaschenko A.G., Zhuravlev A.A., Pozdnyakov D.V., Trapezov R.O. The Interdisciplinary Research of Baraba Forest-Steppe Populations (IV–I millennium BC): Archaeological, Paleogenetic and Anthropological Perspectives. *Novosibirsk: SB RAS Publ.*, 2013, 220 p. (In Russ.).

Molodin V.I., Pilipenko A.S., Romaschenko A.G., Zhuravlev A.A., Trapezov R.O., Chikisheva T.A., Pozdnyakov D.V. Human migrations in the southern region of the West Siberian Plain during the Bronze Age: Archaeological, palaeogenetic and anthropological data. In *Population Dynamics in Pre- and Early History: New Approaches Using Stable Isotopes and Genetics*. Berlin; Boston: De Gruyter, 2012, pp. 95–113.

Oven M. van, Kayser M. Updated comprehensive tree of global human mitochondrial DNA variation. *Human Mutation*, 2009, vol. 30, pp. 386–394. doi:10.1002/humu.20921.

Pilipenko A.S., Molodin V.I., Trapezov R.O., Cherdantsev S.V., Zhuravlev A.A. Genetic analysis of

human remains from the Bronze Age (2<sup>nd</sup> millennium BC) cemetery Bertek-56 in the Altai mountains. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2016, vol. 44, No. 4, pp. 141–149. doi:10.17746/1563-0110.2016.44.4.141-149.

**Pilipenko A.S., Papin D.V.** Prospects for the Application of Paleogenetic Analysis within the Bioarcheological Study of the Population of the Andronovo Culture. *Theory and Practice of Archaeological Research*, 2019, No. 4 (28), pp. 122–128. doi:10.14258/tpai(2019)4(28).-08. (In Russ.).

**Pilipenko A.S., Trapezov R.O., Cherdantsev S.V., Babenko V.N., Nesterova M.S., Pozdnyakov D.V., Molodin V.I., Polosmak N.V.** Maternal genetic features of the Iron Age Tagar population from Southern Siberia (1st millennium BC). *PLoS ONE*, 2018, vol. 13, No. 9. doi:10.1371/journal.pone.0204062.

**Solodovnikov K.N.** Antropologicheskie materialy iz mogil'nika andronovskoi kul'tury Firsovo XIV k probleme formirovaniya naseleniya Verkhnego Priob'ya v epokhu bronzy. *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii*, 2005, No. 6, pp. 127–147. (In Russ.).

**Tur S.S.** A Nonmetric Cranial Study of the Andronovo Series from the Altai. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2011, No. 1 (45), pp. 147–155.

**Zhuravlev A.A., Pilipenko A.S., Molodin V.I., Papin D.V., Pozdnyakov D.V., Trapezov R.O.** Genofond mtDNK i Y-khromosomy andronovskogo (fedorovskogo) i postandronovskogo naseleniya Yuzhnoi Sibiri. In *Trudy V (XXI) Vserossiiskogo arkheologicheskogo s"ezda v Barnaule – Belokurikhe: sbornik nauchnykh statei*. Barnaul: Altai State Univ. Press, 2017, vol. III, pp. 37–39. (In Russ.).

**Zubova A.V.** Proiskhozhdenie naseleniya andronovskoi (fedorovskoi) kul'tury Zapadnoi Sibiri po odontologicheskim dannym. *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii*, 2012, No. 2 (17), pp. 70–78. (In Russ.).

Трапезов Р.О. <https://orcid.org/0000-0002-0483-530X>

Черданцев С.В. <https://orcid.org/0000-0002-4384-3468>

Томилини М.А. <https://orcid.org/0000-0002-2616-8712>

Папин Д.В. <https://orcid.org/0000-0002-2010-9092>

Пилипенко А.С. <https://orcid.org/0000-0003-1009-2554>