

**Р.О. Трапезов¹, С.В. Черданцев¹, М.А. Томилин¹,
М.С. Пристяжнюк¹, И.В. Пилипенко¹, М.С. Нестерова²,
Д.В. Поздняков², В.И. Молодин², А.С. Пилипенко¹✉**

¹Институт цитологии и генетики СО РАН
Новосибирск, Россия

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

Новый этап палеогенетического исследования носителей одиновской культуры (Барабинская лесостепь): первые результаты

Новый этап исследования генетического состава носителей одиновской культуры включает анализ серий палеоантропологических образцов из четырех одиновских могильников – Сопка-2/4а, Усть-Тартас-2, Тартас-1 и Преображенка-6. Общая численность расширенной одиновской выборки составляет более 200 палеоантропологических образцов (индивидов). План исследования включает существенное увеличение выборки образцов мтДНК (до ~ 150 образцов) и получение данных о мужском генофонде одиновского населения (~ 50 образцов Y-хромосомы). Данная работа посвящена результатам анализа расширенной серии образцов мтДНК из могильника Сопка-2/4а. В исследовании были включены палеоантропологические образцы от 88 индивидов. Для 60 индивидов (~ 68 %) была достоверно установлена структура вариантов мтДНК и их филогенетическое положение. В составе исследованной выборки выявлено 20 структурных вариантов мтДНК. Для одиновской популяции характерен смешанный состав генофонда мтДНК, представленный восточно-евразийскими (A8, A10, C, D, Z) и западно-евразийскими (U2e, U4, K, HV6, I) гаплогруппами. Новые данные подтвердили полученные ранее предварительные выводы о доминировании восточно-евразийских компонентов в генофонде и высокую роль автохтонных компонентов, маркирующих генетическую преемственность с предшествующими группами населения региона (гаплогруппы A10, D, Z, U2e), в процессе формирования одиновской популяции. При этом в расширенной серии мтДНК выявлены новые компоненты, появление которых связано с притоком в Барабинскую лесостепь генетически контрастного населения (гаплогруппы K, HV6). Наиболее вероятным механизмом формирования генетических особенностей одиновского населения было смешение автохтонных и пришлых генетических компонентов. Новые генетические данные рассмотрены в контексте имеющихся представлений о направлении внешних культурных связей одиновского населения Барабинской лесостепи.

Ключевые слова: одиновская культура, эпоха ранней бронзы, палеогенетика, митохондриальная ДНК, Y-хромосома, генетическая история популяций.

**R.O. Trapezov¹, S.V. Cherdantsev¹, M.A. Tomilin¹,
M.S. Pristyazhnyuk¹, I.V. Pilipenko¹, M.S. Nesterova²,
D.V. Pozdnyakov², V.I. Molodin², A.S. Pilipenko¹✉**

¹Institute of Cytology and Genetics SB RAS
Novosibirsk, Russia

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

A New Stage in Paleogenetic Study of the Odino Culture Population (Baraba Forest-Steppe): First Results

A new stage in the paleogenetic study of the Odino culture populations includes the analysis of a series of paleoanthropological samples from four Odino burial grounds: Sopka-2/4a, Ust-Tartas-2, Tartas-1, and Preobrazhenka-6. The

total number of the expanded Odino series includes more than 200 paleoanthropological samples (individuals). The research plan includes a significant increase in the number of mtDNA samples (up to ~150 samples) and obtaining data on the male genetic variability of the Odino population (~50 samples of the Y chromosome). In this paper, we present the results of the analysis of an extended mtDNA sample series from the Sopka-2/4a burial ground. The study covers paleoanthropological samples from 88 individuals. The structure of mtDNA lineages and their phylogenetic position were defined for 60 individuals (~68 % of the initial sample). Twenty mtDNA haplotypes were identified among the studied samples. The Odino population is characterized by a mixed composition of the mtDNA gene pool, represented by the East Eurasian (A8, A10, C, D, Z) and West Eurasian (U2e, U4, K, HV6, I) haplogroups. New data confirmed the previously obtained preliminary inferences about the dominance of the East Eurasian components in the gene pool and the high role of autochthonous components marking genetic continuity with the previous population groups in the region (A10, D, Z, U2e haplogroups) in the process of formation of the Odino population. At the same time, new components associated with the influx of a genetically contrasting population (K, HV6 haplogroups) into the Baraba forest-steppe were identified in the extended mtDNA series. Obviously, the interaction of autochthonous and migration-related genetic components, most likely, was the mechanism for the formation of genetic features of the Odino population. New genetic data are discussed here in the context of current data on directions of external cultural relations of the Odino population from the Baraba forest-steppe.

Keywords: Odino culture, Early Bronze Age, paleogenetic, mitochondrial DNA, Y chromosome, genetic history of populations.

Население Барабинской лесостепи различных периодов эпохи бронзы было объектом первого в России и одного из первых в Евразии палеогенетических исследований, использовавших анализ диахронной выборки образцов ДНК. На уровне структуры митохондриальной ДНК (мтДНК) были исследованы представители нескольких этнокультурных групп населения региона, проживавших здесь на протяжении более трех тысячелетий с IV тыс. до н.э. до начала I тыс. до н.э. [Пилипенко, 2010; Молодин и др., 2013; Molodin et al., 2012]. Общая численность исследованной выборки мтДНК составляла порядка 100 образцов (одна из наиболее численно репрезентативных локальных диахронных выборок мтДНК в Евразии на тот момент). При этом численность серий для каждой этнокультурной группы варьировала от менее 10 до 20 образцов. Дальнейшее развитие методов получения и анализа структуры образцов древней ДНК позволило значительно увеличивать как численность исследуемых серий, так и глубину их анализа (за счет включения в исследование новых молекулярно-генетических маркеров). И хотя палеогенетическое исследование некоторых из этнокультурных групп Барабинской лесостепи эпохи бронзы продолжалось [Трапезов, 2014; Журавлев и др., 2017], многие группы выпали из фокуса исследований. В их числе и население одиновской культуры, выделенной В.И. Молодиным [Молодин, 1981, 2008]. На раннем этапе было исследовано всего 12 образцов мтДНК от носителей этой археологической культуры из двух могильников – Сопка-2/4а (9 образцов) и Преображенка-6 (3 образца) [Пилипенко, 2010; Molodin et al., 2012].

Начиная с 2021 г. коллектив межинститутской лаборатории молекулярной палеогенетики и палеогеномики ИЦиГ СО РАН совместно с коллегами из ИАЭТ СО РАН приступил к реализации ново-

го этапа исследования генетического состава ряда популяций Барабинской лесостепи, включая носителей усть-тартасской, одиновской и классического этапа кротовской культур. В частности, новый этап исследования генофонда одиновской культуры подразумевает привлечение к анализу серий палеоантропологических образцов из четырех одиновских могильников – Сопка-2/4а, Усть-Тартас-2, Тартас-1 и Преображенка-6. Общая численность расширенной одиновской серии составляет более 200 палеоантропологических образцов (индивидов). План исследования подразумевает существенное, более чем на порядок, увеличение выборки образцов мтДНК (до ~ 150 образцов) и получение данных о мужском генофонде одиновского населения (исследование структуры и филогенетического положения вариантов Y-хромосомы ~ 50 индивидов мужского пола). Реализация этой программы позволит более детально охарактеризовать генетический состав одиновской популяции в целом, точнее реконструировать ее роль в генетической истории населения региона в эпоху бронзы. Включение в исследование репрезентативных серий из четырех могильников направлено на анализ внутривнутрипопуляционной генетической структурированности одиновского населения Барабинской лесостепи.

Лабораторные исследования суммарной серии образцов мтДНК и Y-хромосомы из четырех одиновских могильников находятся на завершающей стадии. Данная работа посвящена результатам анализа многократно увеличенной серии образцов мтДНК одиновцев из могильника Сопка-2/4а. В исследование была включена серия образцов от 88 носителей одиновской культуры из погребений этого могильника [Молодин, 2012]. Материалы преимущественно были представлены длинными костями конечностей высокой степени макроскопической

сохранности. Индивиды, останки которых характеризовались низким уровнем макроскопической сохранности, не включались в состав выборки.

Палеогенетическое исследование было выполнено на базе специализированной инфраструктуры межинститутской лаборатории молекулярной палеогенетики и палеогеномики ИЦиГ СО РАН. Методы предварительной подготовки палеоантропологического материала, получения образцов ДНК, оценки их качества, а также анализа структуры образцов мтДНК подробно описаны в наших предшествующих работах [Piliipenko et al., 2018].

В результате проведенного исследования была достоверно установлена структура 60 из 88 образцов мтДНК, определено их филогенетическое положение. Ранее нами было показано, что сохранность мтДНК в материалах эпохи бронзы из могильников Барабинской лесостепи (включая разновременной могильник Сопка-2) в целом высокая, но существенно варьирует в зависимости от индивидуальных факторов, таких как глубина погребения, его нарушенность в древности, наличие признаков вторичного погребения и других [Молодин, 2012]. В нашей работе доля образцов с достаточным для проведения исследования уровнем сохранности мтДНК составила ~ 68 %.

Среди успешно исследованных образцов (N=60) было выявлено 20 структурных вариантов (гаплогрупп ГВСІ мтДНК), относящихся к десяти гаплогруппам (см. рисунок). Как и для всех исследованных к настоящему моменту популяций эпохи бронзы Барабинской лесостепи, для носителей одиновской культуры характерен смешанный состав генофонда мтДНК, представленный восточно-евразийскими (A8, A10, C, D, Z) и западно-евразийскими (U2e, U4, K, HV6, I) гаплогруппами.

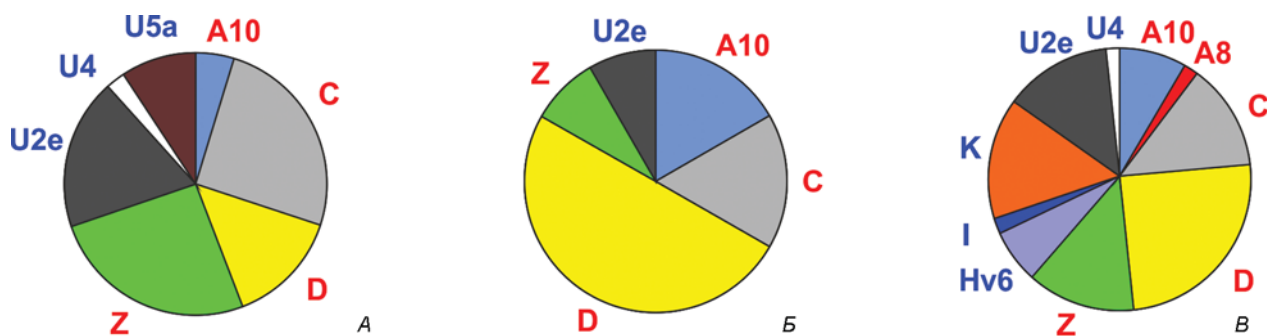
При численности исследованной серии в 60 образцов мы можем быть уверены, что в ее составе

с высокой вероятностью представлены все основные компоненты генофонда мтДНК одиновской популяции, сформировавшей могильник (остается лишь низкая вероятность присутствия дополнительных минорных компонентов, что не изменит общей картины генетического состава населения). Сравнение расширенной серии (N=60) с ранее опубликованной нами небольшой одиновской серией (N=10) [Molodin et al., 2012] наглядно демонстрирует необходимость анализа численно репрезентативных материалов в случае исследования мтДНК.

Анализ репрезентативной серии образцов позволил подтвердить некоторые наши предварительные наблюдения: 1) доминирование в генофонде одиновской популяции восточно-евразийских компонентов (более 60 % образцов, 13 из 20 структурных вариантов); 2) высокая частота восточно-евразийских гаплогрупп D, C, Z и A10 (в порядке убывания частот); 3) высокая частота западно-евразийской гаплогруппы U2e.

При этом расширенная одиновская выборка позволила получить более полное представление о разнообразии структурных вариантов, относящихся к этим доминирующим гаплогруппам: выявлены 4 варианта гаплогруппы C (ранее 1 вариант), 3 варианта гаплогруппы Z (ранее 1 вариант), 4 варианта гаплогруппы A10 (ранее 2 варианта). Интересно «разнообразие» гаплогруппы D, которая по-прежнему представлена одним (корневым) структурным вариантом, выявленным в 15 образцах расширенной серии (25 % выборки, самый распространенный вариант мтДНК в популяции).

Высокая частота перечисленных выше гаплогрупп мтДНК сближает одиновское население с предшествующими популяциями Барабинской лесостепи (неолитические популяции и носители усть-тартасской культуры эпохи раннего металла). Гаплогруппы A10, Z, D (с отсутствием разнообра-



Состав и соотношение гаплогрупп в трех сериях образцов мтДНК.

A – носители усть-тартасской культуры (N=43) [Трапезов, 2014]; B – первая исследованная серия носителей одиновской культуры из могильников Сопка-2/4а и Преображенка-6 (N=12) [Пилипенко, 2010; Молодин и др., 2013; Molodin et al., 2012]; B – расширенная серия носителей одиновской культуры из могильника Сопка-2/4а, исследованная в данной работе (N=60). Названия восточно-евразийских гаплогрупп мтДНК указаны красным цветом, западно-евразийских – синим цветом.

зия вариантов), U2e, несомненно, являются автохтонными компонентами генофонда для данного региона. Эти компоненты в целом подтверждают наши предварительные выводы о сохранении части основных черт структуры генофонда населения Барабы в эпоху ранней бронзы по сравнению с предшествующими периодами.

Однако, полученные нами расширенные данные свидетельствуют и о появлении новых генетических компонентов в одиновском генофонде мтДНК, т.е. генетическая преемственность с предшествующим населением региона не была единственным механизмом, задействованным при формировании одиновской популяции.

Наиболее убедительным свидетельством изменившегося генетического состава одиновцев является целый ряд гаплогрупп, выявленных в расширенной серии, полностью отсутствовавших в генофонде более ранних популяций Барабы. Это касается, в первую очередь, западно-евразийского компонента генофонда мтДНК, в составе которого впервые появляются такие гаплогруппы, как K и HV6. В выборке они представлены единичными вариантами, но с высокой частотой (9 и 4 носителя, соответственно). Новая для региона гаплогруппа I выявлена в одном образце. Восточно-евразийский кластер пополнился гаплогруппой A8 (1 образец). Отметим, что этот кластер характерен для более поздних групп населения Алтае-Саянской горной страны [Pilipenko et al., 2018]. Наиболее ранним свидетельством его появления в регионе (до проведения данного исследования) считалось обнаружение вариантов A8 в окуневских популяциях Минусинской котловины (собственные неопубликованные данные), [Hollard et al., 2018]. Отличия с предшествующими популяциями, свидетельствующие о неполной генетической преемственности с ними исследуемой одиновской группы, проявляются не только в появлении новых компонентов, но и в отсутствии некоторых гаплогрупп, игравших ключевую роль в генофонде предшествующего населения Барабы. Примером может служить полное отсутствие в одиновской серии из Сопки-2/4a вариантов гаплогруппы U5a, игравшей заметную роль в генофонде носителей усть-гартасской культуры.

Таким образом, наряду с сохранением ряда базовых черт структуры генофонда, при формировании одиновского населения происходит и появление новых генетических компонентов. Эти новации наиболее вероятно связаны с притоком в регион генетически контрастного (по отношению к предшествующим популяциям Барабы) населения. Предварительный филогеографический анализ ряда новых для региона структурных вариантов указывает на

вероятное расположение источника этих миграций в более южных или юго-западных по отношению к западносибирской лесостепи районах Евразии. В этой связи уместно вернуться к дискуссии относительно корреляции внешних связей одиновского населения на уровне материальной культуры и генетической структуры популяции. Одной из ярких черт одиновских комплексов могильника Сока-2/4a является присутствие в целом ряде погребений артефактов (в первую очередь, бус), имеющих явно импортное происхождение. Их анализ показал, что наиболее вероятным регионом происхождения этих предметов является Средняя Азия [Молодин, 2012, с. 158-164]. Небольшая серия образцов мтДНК, исследованная нами ранее, не позволяла зафиксировать каких-либо следов притока генетически контрастного населения в регион в период формирования одиновской популяции [Пилипенко, 2010; Молодин и др., 2013; Molodin et al., 2012]. Поэтому появление артефактов импортного происхождения в погребениях одиновской культуры Барабы объяснялось исключительно культурными контактами, не сопровождавшимися какими-либо существенными миграционными притоками в регион. Новые данные по генофонду мтДНК, полученные в этой работе, позволили зафиксировать приток генетически контрастного населения в Барабинскую лесостепь в период существования (или формирования) здесь одиновской популяции. Механизм формирования одиновского населения представляет собой, по-видимому, взаимодействие автохтонных генетических компонентов с пришлыми. Подтверждают эту гипотезу и новые археологические свидетельства, обнаруженные в захоронениях одиновской культуры могильника Усть-Тартас-2. Это скульптуры из кости, демонстрирующие мужчину явно европеоидного облика в позе колесничего и лошади несибирской породы [Молодин, 2021, рис. 12, 13].

Имеющиеся на данный момент результаты не позволяют точно локализовать источник мигрантов. Для этого потребуется углубленный филогеографический анализ данных по мтДНК, с включением в него результатов по другим одиновским могильникам. Важнейшим шагом для дальнейшего уточнения картины формирования одиновского населения и выяснения происхождения мигрантов станет анализ структуры мужского генофонда одиновской популяции (разнообразие Y-хромосомы), осуществляемый авторами данной статьи в настоящее время. Проведенное нами исследование еще раз подчеркивает необходимость получения максимально репрезентативных данных о структуре генофонда исследуемых популяций для выполнения более детальных и объективных реконструкций генетической истории древнего населения.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 20-29-01024. Работа частично профинансирована из средств государственного задания ИЦиГ СО РАН, № 0259-2019-0010.

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 (федоровского) и постандроновского населения Южной Сибири // Труды V (XXI) Всероссийского археологического съезда в Барнауле – Белокурихе: сборник научных статей: в 3 т. / отв. ред. А.П. Деревянко, А.А. Тишкин. – Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2017. – Т. III. – С. 37–39.

Молодин В.И. Памятники одиновского типа в Барабинской лесостепи // Проблемы западносибирской археологии. Эпоха камня и бронзы. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 63–75.

Молодин В.И. Одиновская культура в Восточном Зауралье и Западной Сибири. Проблема выделения // Россия между прошлым и будущим: исторический опыт национального развития. – Екатеринбург: Изд-во Института истории и археологии УрО РАН, 2008. – С. 9–13.

Молодин В.И. Памятник Сопка-2 на реке Оми: культурно-хронологический анализ погребальных комплексов одиновской культуры. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2012. – Т. 3. – 220 с.

Молодин В.И. Пластическое искусство одиновской культуры // Археологические памятники Южной Сибири и Центральной Азии: от появления первых скотоводов до эпохи сложения государственных образований: Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию доктора исторических наук Эльги Борисовны Вадецкой (1936-2018) и 90-летию доктора исторических наук Глеба Алексеевича Максимова (1930-1986). – СПб.: ИИМК РАН, 2021. – С. 62–66.

Молодин В.И., Пилипенко А.С., Чикишева Т.А., Ромашенко А.Г., Журавлев А.А., Поздняков Д.В., Трапезов Р.О. Мультидисциплинарные исследования населения Барабинской лесостепи V – I тыс. до н.э.: археологический, палеогенетический и антропологический аспекты. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 220 с.

Пилипенко А.С. Реконструкция процессов формирования населения Барабы эпохи бронзы методами анализа вариативности мтДНК. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2010. – 16 с.

Трапезов Р.О. Генетическая структура популяций человека юга Сибири в эпоху неолита и ранней бронзы (VI – начало III тыс. до н.э.). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 16 с.

Hollard C., Zvenigorosky V., Kovalev A., Kiryushin Y., Tishkin A., Lazaretov I., Crubezy E., Ludes B., Keyser C.

New genetic evidence of affinities and discontinuities between bronze age Siberian populations // *American Journal of Physical Anthropology*. – 2018. – V. 167(1) – P. 97–107.

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.

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. – Iss. 9. – P. 1–24.

References

Hollard C., Zvenigorosky V., Kovalev A., Kiryushin Y., Tishkin A., Lazaretov I., Crubezy E., Ludes B., Keyser C. New genetic evidence of affinities and discontinuities between bronze age Siberian populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 2018. Vol. 167(1). P. 97–107. doi:10.1002/ajpa.23607

Molodin V.I. Pamyatniki odinovskogo tipa v Barabinskoi lesostepi. In *Problemy zapadnosibirskoi arkheologii. Epokha kamnya i bronzy*. Novosibirsk: Nauka, 1981. P. 63–75. (In Russ.).

Molodin, V.I. Odiновskaya kul'tura v Vostochnom Zaural'e i Zapadnoy Sibiri. Problema vydeleniya . In: *Rossiya mezhd u proshlym i budushchim: istoricheskiy opyt natsional'nogo razvitiya*. Ekaterinburg: UrB RAS Publ., 2008. P. 9–13. (In Russ.).

Molodin V.I. Pamyatnik Sopka-2 na reke Omi. Vol. 3: Kul'turno-khronologicheskii analiz pogrebal'nykh kompleksov odinovskoi kul'tury, Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2012, 220 p. (In Russ.).

Molodin V.I. Plasticheskoe iskusstvo odinovskoi kul'tury. In: *Arkheologicheskie pamyatniki Yuzhnoi Sibiri i Tsentral'noi Azii: ot poyavleniya perykh skotovodov do epokhi slozheniya gosudarstvennykh obrazovaniy: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 85-letiyu doktora istoricheskikh nauk El'gi Borisovny Vadetskoi (1936-2018) i 90-letiyu doktora istoricheskikh nauk Gleba Alekseevicha Maksimenkova (1930-1986)*. St. Petersburg: IHMC RAS Publ., 2021. P. 62–66. (In Russ.).

Molodin V.I., Pilipenko A.S., Chikisheva T.A., Romashchenko 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. P. 95–113.

Pilipenko A.S. Rekonstruktsiya protsessov formirovaniya naseleniya Baraby epokhi bronzy metodami analiza variabel'nosti mtDNK: cand. sc. (biology) dissertation abstract. Novosibirsk, 2010, 16 p. (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, iss. 9. P. 1–24. doi:10.1371/journal.pone.0204062

Trapezov R.O. Geneticheskaya struktura populyatsii cheloveka yuga Sibiri v epokhu neolita i rannei bronzy

(VI – nachalo III tys. do n.e.): cand. sc. (biology) dissertation abstract. Novosibirsk, 2014, 16 p. (In Russ.).

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 Univ. Press, 2017. Vol. III. P. 37–39. (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>

Пилипенко И.В. <https://orcid.org/0000-0002-8325-6719>

Нестерова М.С. <https://orcid.org/0000-0003-4024-6753>

Поздняков Д.В. <https://orcid.org/0000-0002-7984-0912>

Молодин В.И. <https://orcid.org/0000-0002-3151-8457>

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