Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2026. № 3. С. 71–85
Lomonosov Journal of Anthropology. 2026. No 3, pp. 71–85

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АНТРОПОЛОГИЯ / BIOLOGICAL ANTHROPOLOGY
Научная статья / Research Article
https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-3-05
УДК/UDC 572.575; 03.61.21

Междисциплинарное исследование антропологических материалов из некрополя Фанагории эпохи поздней классики

Е.В. Рождественских [1], А.Д. Манахов [1, 2], А.Н. Ворошилов [1, 3], Н.Г. Свиркина [1, 3] Э.Д. Айтуганова [1], С.С. Кунижева [1, 2], Т.В. Андреева [1, 2, 4], С.Н. Остапенко [1, 3, 5], В.Д. Кузнецов [1, 3, 5], Е.И. Рогаев [1, 6] ✉

[1] Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация

[2] Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

[3] Институт археологии Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

[4] Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

[5] Государственный историко-археологический музей-заповедник «Фанагория», п. Сенной, Российская Федерация

[6] Медицинская школа Чан Массачусетского университета, г. Шрусбери, США

✉ evivrecc@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Введение. Немногочисленность фанагорийских погребальных комплексов классического времени, исследованных на современном научном уровне, контрастирует с обширными материалами эллинистического и римского периодов. Это придает особую ценность погребальным комплексам Фанагории IV в. до н.э., особенно тем из них, которые имеют выразительный археологический контекст и хорошую сохранность антропологических материалов.

Материал и методы. Объектом исследования стали антропологические материалы из двух сырцовых гробниц, открытых под насыпью кургана 288 в Аллее курганов на Южном некрополе столицы Азиатского Боспора. Они были исследованы изотопными и палеогенетическими методами (геномное секвенирование, анализ методом главных компонент, Admixture и *f3*-статистики).

Результаты. Получена радиоуглеродная датировка для одного образца, что открывает перспективу соотнесения датировки на основании археологических данных и этого естественнонаучного метода. По итогам палеогеномных исследований установлено родство 2-ой степени, по материнской линии, для женщин, захороненных в погребениях под одной насыпью этого кургана. Впервые на материалах Северного Причерноморья классического времени получены свидетельства присутствия среди населения полиса потомков выходцев из Средиземноморья.

Заключение. Результаты исследования дДНК впервые показали, что на ранних этапах существования Фанагории среди ее населения присутствовали переселенцы из Средиземноморья (или их потомки), а также выявили свидетельства их смешения с местным «варварским» населением.

Ключевые слова: Азиатский Боспор; Фанагория; классическая эпоха; греческие переселенцы; палеоантропология; изотопный анализ; палеогеномика

Финансирование. Результаты получены при финансовой поддержке исследования, реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус», Соглашение № 18–03 от 10.09.2024, код проекта GEN-BFT-2407 (Р.Е.В., М.А.Д., А.Э.Д.).

Для цитирования: *Рождественских Е.В., Манахов А.Д., Ворошилов А.Н., Свиркина Н.Г., Айтуганова Э.Д., Кунижева С.С., Андреева Т.В., Остапенко С.Н., Кузнецов В.Д., Рогаев Е.И.* Междисциплинарное исследование антропологических материалов из некрополя Фанагории эпохи поздней классики // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2026. № 3. С. 71-85. https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-3-05

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. 2026. № 3. С. 71–85
Lomonosov Journal of Anthropology. 2026. No 3, pp. 71–85

Multidisciplinary analysis of Late Classical period anthropological materials from the Phanagoria Necropolis

Elizaveta V. Rozhdestvenskikh [1], Andrey D. Manakhov [1, 2], Aleksej N. Voroshilov [1, 3], Natalia G. Svirkina [1, 3], Eleonora D. Aituganova [1], Svetlana S. Kunizheva [1, 2], Tatiana V. Andreeva [1, 2, 4], Sergey N. Ostapenko [1, 3, 5], Vladimir D. Kuznetsov [1, 3, 5], Evgeny I. Rogaev [1, 6] ✉

[1] Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation

[2] Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

[3] Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

[4] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

[5] The State Museum-Preserve «Phanagoria», Sennoy village, Russian Federation

[6] UMass Chan Medical School, Shrewsbury, United States

✉ evivrecc@gmail.com

ABSTRACT

Introduction. The limited quantity of Phanagorian burial complexes from the Classical period, examined by contemporary scientific methods, stands in stark contrast to the abundant resources from the Hellenistic and Roman periods. This distinction imparts significant importance to the burial complexes of Phanagoria from the 4th century BC, particularly those featuring notable archaeological artefacts and well-preserved anthropological materials.

Materials and methods. Materials from two graves found beneath mound 288 in the Alley of Mounds on the Southern Necropolis of the Asian Bosporus metropolis were the subject of the study. They were analysed using isotopic and paleogenetic (genomic sequencing, principal component analysis, admixture, and *f3* statistics) methods.

Results. A radiocarbon date was obtained for one sample, allowing comparison with the archaeological date. The results of paleogenomics studies indicated that women buried under the same mound had a second-degree maternal relationship. For the first time, we identify the presence of descendants of Mediterranean immigrants among the Phanagoria polis's population based on resources from the Northern Black Sea region of the Classical era.

Discussion. According to the results of the aDNA study, we for the first time demonstrated the presence of Mediterranean immigrants (or their descendants) among Phanagoria's population of the Classical period. Moreover, we provided evidence of their admixture with the autochthonous "barbarian" populations.

Keywords: Asian Bosporus; Phanagoria; Classical period; Greek settlers; paleoanthropology; isotope analysis; paleogenomics

Funding. This work was supported by a grant from the state program "Sirius" Federal Territory "Scientific and Technological Development of the Sirius; Federal Territory", Agreement № 18-03 dated September 10th, 2024 (R.E.V., M.A.D., A.E.D.)

For citation: Rozhdestvenskikh E.V., Manakhov A.D., Voroshilov A.N., Svirkina N.G., Aituganova E.D., Kunizheva S.S., Andreeva T.V., Ostapenko S.N., Kuznetsov V.D., Rogaev E.I. Multidisciplinary analysis of Late Classical period anthropological materials from the Phanagoria Necropolis. *Lomonosov Journal of Anthropology*. 2026 (3), pp. 71-85. https://doi.org/10.55959/MSU2074-8132-26-3-05

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

Введение

В VI в. до н.э. из-за непростой военно-политической обстановки в Ионии (область Малой Азии, прилегающая к Эгейскому морю) часть восточно-греческого населения переселяется на побережье Чёрного моря, основывая здесь новые города и поселения. В середине VI в. до н.э. выходцами из города Теос основывается будущая азиатская столица Боспорского царства – Фанагория (Кузнецов, 2019). Формирование и развитие античного города происходило при взаимодействии переселенцев и местного населения. Однако исследования этого процесса по палеоантропологическим материалам до сих пор наталкивалось на сложности в выделении средиземноморских и местных антропологических компонентов (Герасимова с соавт, 1987; Казарницкий, 2017; Свиркина, 2022). Прежде всего, это связано с малочисленностью антропологических коллекций.

Материалы, происходящие из контекстов, достоверно датируемых классическим временем и доступные для генетических исследований, обнаружены в погребениях под курганными насыпями. Сохранность и доступность содержимого этих курганов, в силу того, что они подверглись тотальному разорению в результате ограблений в древности, раскопок в XIX в. (за сезон вскрывалось до 50 курганов) и ранее (например, действия генуэзцев в XIII–XV вв.), крайне ограничена (Ворошилов, Ворошилова, 2019). В настоящее время систематические раскопки также невозможны из-за мероприятий по охране древнего ландшафта некрополя на территории музея-заповедника «Фанагория», которые, среди прочего, подразумевают сохранение курганов в первозданном виде (Ворошилов, Ворошилова, 2024).

Сегодня доступные для исследований антропологические материалы из некрополя Фанагории классического времени (IV в. до н.э.) представлены находками из двух погребений под курганом 288/2012[1] с территории Южного некрополя Фанагории. Их всестороннему анализу и посвящена данная работа, в которой представляются первые радиоуглеродные, изотопные и геномные данные для двух жителей Фанагории классического периода.

Материалы и методы

Археологический контекст. Курган располагался в Аллее курганов Южного некрополя Фанагории. Под его насыпью, изрядно пострадавшей от глубокой и систематической распашки, были обнаружены два погребальных сооружения IV в. до н.э.

Они располагались рядом и представляли собой практически идентичные цисты. Стены этих сооружений сложены из сырцового кирпича. В качестве перекрытия использовались сырцовые кирпичи, которые опирались на поперечную обрешетку деревянными досками или плахами. Как и каменные гробницы, эти комплексы оставлены вполне состоятельными горожанами (Ворошилов, Ворошилова, 2025).

В каждой гробнице было обнаружено по одному женскому захоронению. Судя по организации погребального пространства кургана, гробницы были построены через незначительный промежуток времени. Плохая сохранность тела насыпи (курган практически уничтожен распашкой) не позволяет в полной мере использовать возможности стратиграфических методов для анализа относительной хронологии комплексов.

Погребение 1 (образец Fan46) располагалось в самом центре кургана. При раскопках было зафиксировано прорезание материкового выкида из котлована погребения 1, котлованом 2-го погребения (образец Fan47), что позволяет уверенно говорить о том, что усыпальница в центре насыпи появилась несколько раньше и является основным захоронением этого погребального ансамбля.

Погребение 1 было ограблено в древности. Погребение 2 было совершено к югу от центра насыпи, и грабители его не обнаружили. Зафиксированный погребальный обряд обоих захоронений очень близок. Погребальные комплексы содержали аналогичный инвентарь из посуды и простых украшений.

Особое значение для датировки комплексов имеют лекифы, наборы которых обнаружены в каждом из захоронений. Наборы состояли из сосудов, декорированных двумя способами: сетчатым орнаментом и пальметой.

[1] В тексте полевого отчета номер кургана – 188 (Кузнецов, 2013). Под этим же номером он фигурирует в каталоге антропологических материалов (Добровольская, Свиркина, 2018).

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

Выпуск сетчатых лекифов начался в первой четверти IV в. до н.э. и продолжался до конца третьей четверти столетия. Важно, что ранние экземпляры отличаются тщательным нанесением клетчатого рисунка (как у всех «сетчатых» лекифов из фанагорийского кургана), оформлением горла, на которое наносились вертикальные полосы белой краски (именно такие экземпляры происходят из погребения 2). Остальные датируются в пределах второй-третьей четверти IV в. до н.э. (Рогов, 2011, с. 49).

Лекифы с изображением пальметки на тулове появляются одновременно с сетчатыми лекифами в первой четверти IV в. до н.э. и на протяжении первых трех четвертей столетия встречаются в погребальных комплексах. Они относятся к типу VII по классификации Т. Иванова (Иванов, 1963).

Принимая во внимание, что погребение 2 построено позднее погребения 1, и в нем обнаружены лекифы с наиболее ранней орнаментикой, можно предположить, что даты постройки гробниц не сильно отстоят во времени. В таком случае, наиболее вероятной датировкой совершения захоронений стоит признать первую половину IV в. до н.э. Не исключено, что даты погребений находятся в еще более узком хронологическом створе – в границах первой четверти IV в. до н.э.

Представляется логичным, что погребение под одной насыпью за короткий промежуток времени на фоне единства погребального обряда двух захоронений может являться маркером родственных связей погребенных под курганом женщин.

При интерпретации археологических комплексов из Фанагории не стоит забывать, что захоронения, сложенные из сырцового кирпича появляются и широко распространяются на территории Северного Причерноморья в период активной греческой колонизации и справедливо связываются со строительными традициями греческих переселенцев (Кашаев, Сударев, 2020). В последствии данный тип погребального обряда был заимствован местным синдомеотским населением, в первую очередь аристократией (Новичихин, 2006).

Палеоантропологические материалы, использованные в исследовании, хранятся в научно-исследовательском центре «Фанагория» (Краснодарский край, пос. Сенной).

Радиоуглеродное датирование и изотопный анализ образца Fan46 проводилось на базе лаборатории изотопных исследований ЦКП «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН и ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия» НГУ.

Препараты древней ДНК (дДНК) из костных фрагментов проводили на базе Университета «Сириус» в специальных помещениях, предназначенных для работы с дДНК, согласно разработанной ранее методике (Andreeva et al., 2022). Фрагментные геномные библиотеки готовили по протоколу, основанному на использовании одноцепочечной ДНК (Gansauge et al., 2017). Для образца Fan46 дополнительно готовили фрагментную библиотеку из препарата дДНК, подвергнутого репарации с использованием набора реагентов PreCR Repair Mix (NEB) (Mouttham et al., 2015). Секвенирование проводили на базе Университета «Сириус» на платформе Illumina MiSeq в режиме парноконцевых прочтений длиной 76+76 нуклеотидов (тестовое секвенирование) и Illumina NovaSeq 6000 в режиме одноконцевых прочтений длиной 56 нуклеотидов (глубокое секвенирование).

С помощью программы AdapterRemoval v2 (Schubert et al., 2016) из полученных результатов секвенирования удаляли адаптерные последовательности и последовательности с низким качеством. Затем с помощью программы BWA (Li, Durbin, 2009) с параметрами, адаптированными для данных секвенирования дДНК (Schubert et al., 2012), проводили картирование полученных прочтений относительно референсного (GRCh37) и митохондриального (мтДНК, NC_012920.1) геномов человека. С помощью функции MarkDuplicates из пакета программ Picard (Available at: http://broadinstitute.github.io/picard/. Accessed 01.12.2025) маркировали прочтения-дубликаты.

Оценку аутентичности древней ДНК проводили с помощью программы MapDamage2 (Jónsson et al., 2013). Генетический пол исследуемых образцов определяли с помощью программы karyo_RxRy (Anastasiadou et al., 2024).

Оценку уровня контаминации образцов проводили по гетерозиготности мтДНК с помощью программ Schmutzi (Renaud et al., 2015) и ContamMix (Fu et al., 2013).

Гаплогруппы мтДНК определяли с использование программы Haplogrep3 (Schönherr et al., 2023) с дополнительной проверкой обнаруженных вариантов по базе данных Yfull (MTree)

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

(Available at: https://www.yfull.com/. Accessed 01.12.2025). Для проведения филогеографического анализа мтДНК сформировали выборку последовательностей мтДНК, принадлежащих к гаплогруппе, выявленной у исследуемого индивида, для чего использовали базы содержащие древние образцы AmtDB (Ehler et al., 2019), HaploTree (Available at:https://haplotree.info/home/. Accessed 01.12.2025), AADR (Mallick et al., 2024). Последовательности мтДНК современных образцов, известного географического и/или этнического происхождения, отбирали из базы NCBI с помощью программы BLAST. Филогенетические деревья строили с помощью программы mtPhyl.

С помощью программы pileupCaller из пакета SequenceTools (Available at: https://github.com/stschiff/sequenceTools. Accessed 01.12.2025) были реконструированы псевдогаплоидные (параметр – randomHaploid) геномные профили исследуемых индивидов по 1240 тыс. генетическим маркерам, соответствующим панели AADR (version v62.0). При этом для анализа использовали прочтения с качеством выравнивания (MQ) и качеством прочтения (BQ) не менее 30.

Установление генетического родства проводили с использованием программы READv2 (Alaçamlı et al., 2024), позволяющей определять родство вплоть до третьей степени. Анализ проводили, используя как полные псевдогаплоидные (по 1240 тыс. генетических маркеров) геномные профили исследуемых индивидов, так и профили, из которых были исключены транзиции (C ↔ T и G ↔ A), которые могут быть следствием постмортальных модификаций, характерных для древней ДНК.

Популяционный анализ проводили с использованием метода главных компонент (PCA). При помощи функции smartpca из пакета программ EIGENSOFT (Patterson et al., 2006) геномные профили исследуемых индивидов проецировали в пространство главных компонент, сформированное на основе генетических профилей 1348 представителей 82 современных европейских (в том числе и из Средиземноморского региона) и кавказских популяций из панели Human Origin (Lazaridis et al., 2016), включающей в себя 600 тыс. генетических маркеров.

Для популяционного анализа с использованием метода ADMIXTURE сформировали выборку из 2868 образцов, генотипиованых по 600 тыс. генетических маркеров. В анализ, помимо образцов Fan46 и Fan47, вошли: 2617 образцов (возрастом от 5700 до 1500 лет) из базы данных AADR v62 и работ (Andreeva et al., 2025; Schütz et al., 2025); 80 – древних и 169 – современных образцов из базы данных AADR v62, которые представляют собой группы, в которых максимизированы общепринятые в палеогенетических исследованиях предковые компоненты. С использованием программы PLINK v2.00 (Chang et al., 2015) из анализа исключали генетические варианты, генотипы по которым были определены лишь у одного индивида (–geno 0.999); варианты с частотой минорного аллеля менее 0.002 (–maf 0.002); варианты, являющиеся транзициями, которые могут быть следствием постмортальных модификаций, характерных для древней ДНК; а также сцепленные генетические варианты (–indep-pairwise 200 5 0.5). Образцы, для которых по итогам фильтрации сохранилось менее 10 тыс. псевдогаплоидных генотипов, были исключены из анализа. Расчеты проводили с помощью программы ADMIXTURE v1.3 (Alexander et al., 2009) с параметрами по умолчанию. Проводили по 10 независимых расчётов, изменяя число предполагаемых предковых компонентов, задавая значения параметра K от 1 до 12.

Для оценки генетического сходства с древними популяциями, представленными в базе данных AADR (version v62.0), выполняли расчет *f3*-статистики. В анализ были включены псеводогаплоидные генотипы по панели из 1240 тыс. генетических маркеров. Расчеты *f3*-статистики проводили с использованием программ AdmixTools v.7.0.1 (Patterson et al., 2012) и admixr v.0.9.1 (Petr et al., 2019). Расчет *f3*-статистики провели в форме *f3*(Test, Fan46/Fan47; Mbuti), где Test – одна из тестируемых предковых популяций; Mbuti – представители африканской группы Мбути, использованные в качестве внешней группы. В анализ были включены только группы, представленные более чем тремя неродственными индивидами и имевшими не менее 60 тыс. генетических маркеров, пересекающихся с исследованными образцами Fan46/Fan47.

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

Таблица 1. Результаты геномного секвенирования и оценки уровня контаминации
Table 1. Results of whole genome sequencing and contamination level estimation

Образец Sample ID	Прочтений, картированных на hg37 hg37 mapping ratio	Пол генетический Genetic sex	Среднее покрытие Mean Coverage		Количество покрытых маркеров AADR 1240K Genotyped SNPs from AADR 1240K	Уровень контаминации / Contamination level		Гаплогруппа мтДНК mtDNA haplogroup
			hg37	мтДНК mtDNA		Schmutzi	ContamMix [95% CI]	
Fan46	68,11%	XX	1,66	86,76	942 593	2%	1,26% [0,47%-2,26%]	H2a5
Fan47	85,22%	XX	0,12	20,63	126 336	1%	1,33% [0,11%-5,19%]	

Результаты

Изотопные исследования

В таблице S1 (см. Приложение) представлены антропологические данные об исследованных образцах и результаты изотопных исследований образца Fan46. Результаты радиоуглеродного датирования относят захоронение к периоду: VIII в. – начало V в. до н.э. (2500±36 BP (784–483 гг. до н.э.), что значительно древнее датировки, установленной по археологическому контексту. Удревнение датировок обычно связано с недооценкой резервуарного эффекта, обусловленного поступлением тяжелого (древнего) углерода в организм. Влияние пресноводных и морского резервуаров на радиоуглеродные даты в Северном Причерноморье практически не изучено. В пользу выраженности именно резервуарного эффекта свидетельствует факт поражения паразитами пресноводной рыбы индивидов из погребений Южного некрополя (Слепченко с соавт., 2022).

Кроме того, известно, что период от 800 до 400 гг. до н.э. – это так называемое «гальштатское плато», где радиоуглеродному возрасту соответствует значительное разнообразие календарных дат (Алексеев с соавт., 2005). Для получения более узкого интервала необходима серия дат и их статистическая обработка. В данном случае радиоуглеродный метод носит вспомогательный характер, так как погребения имеют надежную археологическую датировку в границах как минимум первой половины IV в до н.э., а возможно, первой четверти этого столетия.

Помимо радиоуглеродной даты, для образца Fan46 были установлены значения $\delta^{13}C$ и $\delta^{15}N$ (Таблица S1, Приложение). Оговоримся, что единичные изотопные данные сложно интерпретировать, однако мы можем констатировать относительно высокое значение $\delta^{15}N$, что соответствует значительной доле пищи белкового происхождения в рационе питания. Обогащение тяжелым углеродом может быть обусловлено как присутствием в рационе растений С4-фотосинтеза (просо), так и значительной долей морской пищи. Последнее выглядит в полной мере логичным объяснением в контексте культуры греческих переселенцев и региона, в котором была основана Фанагория.

Палеогенетические исследования

В таблице 1 представлены основные статистики по результатам геномного секвенирования и оценки уровня контаминации. Анализ полученных геномных данных для индивидов из подкурганных погребений показал, что в обоих препаратах содержится достаточное количество эндогенной ДНК (Fan46 – 68,11%, Fan47 – 85,22%) с характерными для дДНК постмортальными повреждениями. Показатели загрязнения, рассчитанные с использованием программ Schmutzi и ContamMix, не превышают 5%. Всё вышеперечисленное позволило использовать оба образца

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026



Рисунок 1. Проекция геномных профилей Fan46 и Fan47, а также наиболее близких к ним синхронных групп древнего населения, в пространство главных компонент (PC1 и -PC2), сформированное на основе генетических профилей представителей современных европейских и кавказских популяций

Figure 1. PCA plot visualising Fan46 and Fan47 samples and more similar contemporaneous ancient groups projected onto the first two components (PC1 and -PC2) of genetic variability in present-day European and Caucasian populations

Примечания. РЖВ – ранний железный век.
Notes. IA – iron age.

для дальнейших исследований как однородительских, так и аутосомных маркеров.

По результатам геномного секвенирования пол обоих образцов был определен как женский, что в полной мере согласуется с антропологическими данными и археологическим контекстом.

Успешно реконструированы полные последовательности митохондриальных геномов обоих образцов. Они оказались идентичными, что свидетельствует о родстве по материнской линии исследованных индивидов, и принадлежат к гаплогруппе H2a5.

Анализ родства по данным полногеномного секвенирования показал, что исследованные индивиды являются родственниками II степени, это, в сочетании с идентичными последовательностями мтДНК, позволяет предположить, что они являются либо бабушкой (по материнской линии) и внучкой, либо тётей (по материнской линии) и племянницей, либо единоутробными сестрами от разных отцов.

На рисунке 1 приведены результаты анализа с использованием метода главных компонент. Исследованные образцы попадают в пространство между современными южно-европейскими средиземноморскими и западно-азиатскими популяциями. При этом Fan46 располагается ближе к средиземноморским популяциям, а образец Fan47, напротив, больше тяготеет к популяциям Анатолийского региона и Южного Кавказа. Сравнение с синхронными образами раннего железного века из групп, потенциально вовлеченных в этногенез

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

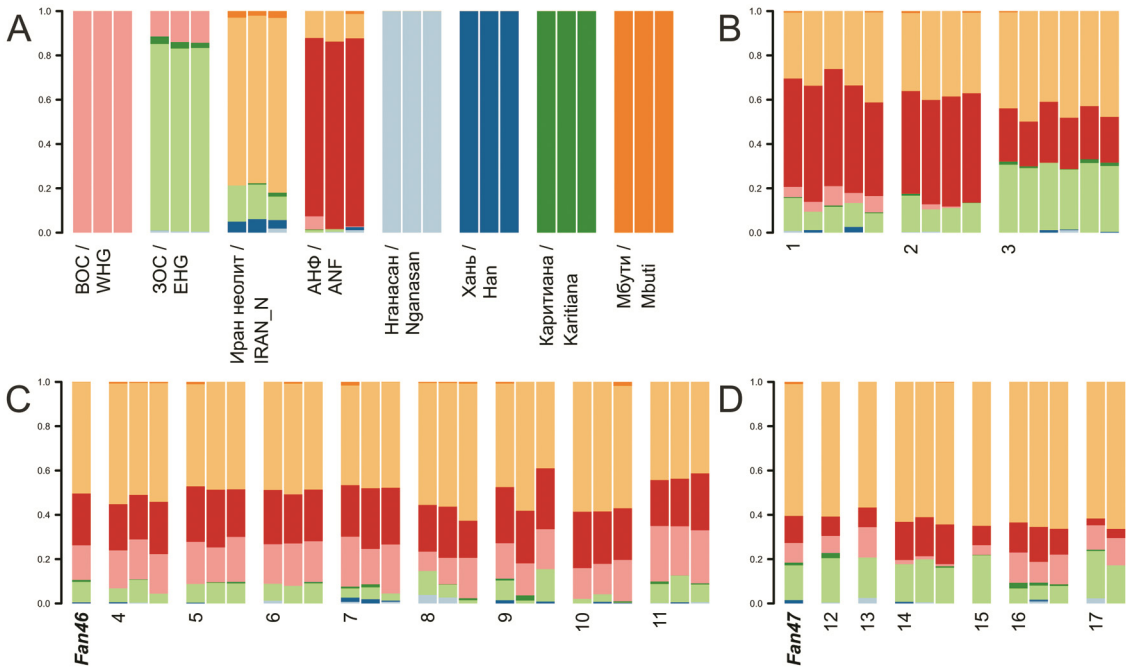


Рисунок 2. Профили ADMIXTURE (K=8) для A. базовых популяций; B. населения греческой колонии Гимера и западного побережья Турции; C. образца Fan46 и схожих с ним образцов; D. образца Fan47 и схожих с ним образцов. Наименования древних групп приведены в соответствии с базой данных AADR v62.0

Figure 2. ADMIXTURE profiles (K=8) for A. base populations; B. Greek Himera colony and Turkish Aegean populations; C. Sample Fan46 and the most similar ancient groups; D. Sample Fan47 and the most similar ancient groups. Ancient groups named according to AADR v62.0 databases.

Примечания. ВОС – восточные охотники-собиратели; ЗОС – западные охотники-собиратели; АНФ – анатолийские неолитические фермеры.

Notes. WHG – Western hunter-gatherers; EHG – Eastern hunter-gatherers; IRAN_N – Iranian Neolithic; ANF – Anatolian Neolithic Farmers.

1. Italy_Sicily_Himera (Italy_Sicily_Himera_Classical_oAegean.AG, Italy_Sicily_Himera_480BCE_Greek.AG, Italy_Sicily_Himera_409BCE.AG); 2. Turkey_IA_West (Turkey_Aegean_Mugla_Degirmendere_Ancient.AG, Turkey_Aegean_Bodrum_Halikarnassos_Ancient1.AG); 3. Armenia_IA (Armenia_BagheriTchala_EIA.AG, Armenia_Noratus_EIA.AG, Armenia_Brardzryal_Urartian.AG, Armenia_KarmirBlur_Urartian.AG, Armenia_Pijut_Urartian.AG, Armenia_Harjis_LateUrartian.AG); 4. Italy_LateAntiquity.SG; 5. Croatia_LateAntiquity.TW; 6. Italy_Imperial.SG; 7. Italy_Bivio_Roman.SG; 8. Italy_CasalBertone_RomanImperial.SG; 9. Croatia_Roman.SG; 10. Italy_RomanImperial.SG; 11. Moldova_Glinoe_Scythian.SG; 12. Armenia_NerkinGetashen_LBA.SG; 13. Maeotians (from (Andreeva et al., 2025)); 14. Armenia_Berkaber_KuraAraxes_EBA.AG; 15. Armenia_Noratus_BIA.SG; 16. Armenia_Beniamin_Ancient.SG; 17. Armenia_Lchashen_LBA.SG.

населения Фанагории, показало аналогичные результаты. Образец Fan46 проецируется вблизи кластера образцов VII–V вв. до н.э., происходящих из греческой колонии Гимера, расположенной на северном побережье Сицилии, и образцами с западного побережья Турции (Turkey_Aegean_Bodrum_Halikarnassos_Ancient1.AG, Turkey_Aegean_Mugla_Degirmendere_Ancient.AG, здесь и далее, если не указано иное, наименования групп даны в соответствии с базой данных AADR v62). Образец Fan47 попадает в гомогенный кластер образцов с территории Армении XI–VII вв. до н.э. Примечательно, что вблизи этого образца также проецируются единственные доступные на сегодняшний день образцы автохтонного населения Западного Предкавказья из могильника Поляна Тополя-1, ассоциируемого с меотами (Andreeva et al., 2025).

На рисунке 2 представлены результаты анализа методом Admixture с привлечением древних образцов из европейских и западноазиатских групп возрастом от 5,7 до 1,5 тыс. У исследованных образцов выделяются 4 основных предковых компонента, максимизированных в группах (1) иранских неолитических фермеров (IRAN_N); (2) анатолийских неолитических фер-

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

меров (ANF); (3) западных охотников-собирателей (WHG); (4) восточных охотников-собирателей (EHG). У образца Fan47, по сравнению с Fan46, наблюдается снижение компонентов ANF и WHG и увеличение компонентов IRAN_N и EHG (рис. 2). Наиболее близкие по профилям Admixture к образцу Fan46 оказались образцы с территории Италии и Хорватии, относящиеся к периоду Римской империи (I-IV вв. н.э.) и поздней античности (IV-V вв. н.э.). А к образцу Fan47 – образцы с территории Армении, относящиеся как к эпохе бронзы, так и к раннему железному веку. Особо следует отметить, что профиль Admixture образца Fan47 очень близок к профилю уже упомянутого индивида AB100 из могильника Поляна Тополя-1.

Для оценки потенциального генетического вклада и сходства с древними популяциями проводили расчет *f3*-статистики в форме *f3* (Test, Fan46/Fan47; Mbuti). На рисунке 3 представлены результаты расчета *f3*-статистики. Они подтверждают, что образец Fan46 имеет выраженные генетические связи с южно-европейскими средиземноморскими популяциями как раннего железного века, так и эпохи бронзы с территории материковой Греции, островов Крит, Сицилия и Сардиния. Образец Fan47, наряду со схожим набором южноевропейских средиземноморских популяций (но с меньшими значениями *f3*-статистики), также демонстрирует связь с северо-европейскими популяциями бронзового века, имеющими «степной» генетический компонент (Denmark_SouthScandinavia_EBA, Russia_Yaroslavl_Fatyanovo_BA, Sweden_Nastegarden_Steppe2).

Обсуждение

Погребения под насыпью фанагорийского кургана 288 представляют собой наиболее ранний доступный на сегодняшний день материал для генетических исследований людей, похороненных в некрополе Фанагории. Одна из возможных интерпретаций археологического контекста – захоронение родственников под одной курганной насыпью. Расположение, размер насыпи, архитектура погребальных сооружений – весь археологический контекст дает возможность предполагать принадлежность погребенных к элите города, однако не самой знатной и состоятельной верхушке фанагорийского общества (Ворошилов, Ворошилова, 2024). Полученные нами полногеномные данные позволили оценить степень родства погребенных индивидов, а также провести анализ их вероятного происхождения.

Показано, что исследованные индивиды являются родственниками II степени с идентичной последовательностью мтДНК, относящейся к гаплогруппе H2a5. Интересно, что филогенетический анализ мтДНК показал, что наиболее близкие к ней последовательности, встречаются у современных и древних образцов с территории северной Европы: Дании, Норвегии, Германии и Англии (Рисунок S1, Приложение).

Анализ методами PCA и Admixture аутосомных геномных профилей исследуемых образцов показал, что они значительно различаются. Хотя на графиках PCA образец Fan46 располагается вблизи синхронных образцов населения Гимера и Эгейского побережья Турции (рис. 1), по профилям Admixture он характеризуется меньшей долей компонента ANF (рис. 2), это позволяет выдвинуть предположение, что этот индивид является потомком средиземноморских переселенцев и местных северопричерноморских племен. Сходство профиля Admixture этого образца с профилями населения Италии и Хорватии более поздних, римского и позднеантичного, периодов может указывать на схожие процессы их формирования. Ранее отмечалось, что генетические профили населения Римской империи в первые века н.э. значительно изменяются, наблюдается поток генов из западно-средиземноморских популяций, прежде всего из регионов Кипра, Анатолии и Ливана (Antonio et al., 2019).

По результатам анализа PCA и Admixture образец Fan47 не демонстрирует характерного для образца Fan46 сходства с синхронными средиземноморскими популяциями, но имеет выраженное сходство с геномным профилем более позднего (2140±30 BP (351-51 гг. до н.э.), предварительная датировка по археологическому контексту II–I вв. до н.э.) индивида AB100 из могильника Поляна Тополя-1, погребенного в соответствии с обрядом, характерным для меотской культуры (Andreeva et al., 2025). Следует отметить, что образец Fan47 в результате анализа методом *f3*-статистики продемонстрировал связи с североевропейскими популяциями бронзового века, причем имеющими «степной» генетический компонент, в частности группы Denmark_SouthScandinavia_EBA и Sweden_Nastegarden_Steppe2, которые по результатам анализа IBD, проведенного в работах

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

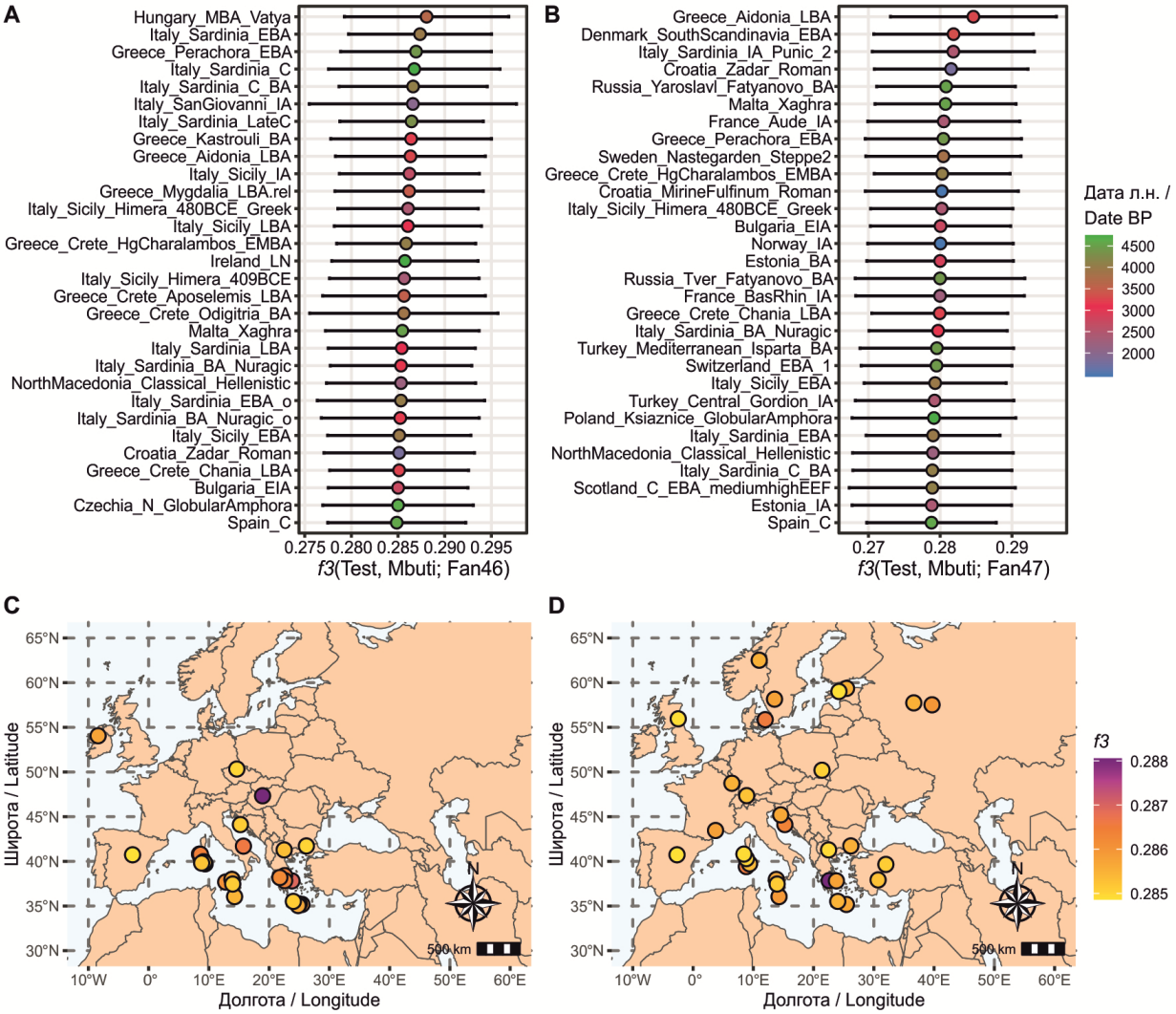


Рисунок 3. Топовые 30 результатов расчётов f3-статистики в форме A. f3(Test, Fan46; Mbuti); B. f3(Test, Fan47; Mbuti).
Цветом отмечен средний возраст образцов из Test популяций. Наименования древних групп приведены в соответствии с базой данных AADR v62.0. Для всех представленных древних групп значения |Z| > 3. Географическое расположения популяций, представляющих топовые 30 результатов расчётов f3-статистики в форме C. f3(Test, Fan46; Mbuti); D. f3(Test, Fan47; Mbuti). Цветом отмечены значения f3-статистики.
Figure 3. Top 30 results of f3-statistics of the form A. f3(Test, Fan46; Mbuti); B. f3(Test, Fan47; Mbuti). Colour indicates the mean age of samples from test groups, which are named according to AADR v62.0 databases. Geographic locations of groups representing the top 30 results of f3-statistics of the form C. f3(Test, Fan46; Mbuti); D. f3(Test, Fan47; Mbuti). Colour indicates f3-statistics of values.

(Allentoft et al., 2024; Seersholm et al., 2024), группируются между собой, а также с образцами, обозначенными “Steppe_5000BP_4300BP” в работе (Allentoft et al., 2024) и связанными с ямной и афанасьевской культурами. В сочетании с результатами филогенетического анализа мтДНК, также демонстрирующего связь с древними и современными образцами с территории Северной Европы (Рисунок S1, Приложение), можно предположить, что предки образца Fan47 происходят от тех же групп степных кочевников бронзового века.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что в погребениях под курганом похоронены близкие родственники, один из которых генетически близок с средиземноморскими популяциями, а второй – с местными северо-

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

причерноморскими «варварскими» племенами, что свидетельствует о наличии брачных союзов между представителями этих двух групп на ранних этапах существования Фанагории.

Заключение

Впервые получены естественнонаучные свидетельства присутствия в Северном Причерноморье выходцев из Средиземноморья, вероятно из греческой метрополии, которые в полной мере согласуются с данными археологии. Показано, что на ранних этапах существования Фанагории среди ее населения присутствовали такие переселенцы (или их потомки). Получены свидетельства о наличии брачных союзов между ними и местным «варварским» населением не только на «высшем (царском)» уровне (например, описанный в исторических источниках брак дочери боспорского царя Сатира I и синдского царя Гекатея (Завойкин, 2013)), но и на уровне элит, удостоенных погребения под курганами. Кроме того, подтвердилось предположение, основанное на археологических данных, о захоронении родственников в составе погребального ансамбля одного кургана.

Список литературы

Алексеев А.Ю. Боковенко Н.А., Васильев С.С., Дергачев В.А., Ковалюх Н.Н. с соавт. Евразия в скифскую эпоху. Радиоуглеродная и археологическая хронология. Санкт-Петербург: Теза, 2005. 290 с.

Ворошилов А.Н., Ворошилова О.М. Особенности формирования некрополя Фанагории в свете открытий последних лет // Проблемы истории, филологии, культуры, 2019. № 1 (63). С. 101–105. https://doi.org/10.18503/1992-0431-2019-1-63-101–105

Ворошилов А.Н., Ворошилова О.М. Некрополь Фанагории в контексте полевых археологических исследований // Проблемы истории, филологии, культуры, 2024. № 2. С. 88–94. https://doi.org/10.18503/1992-0431-2024-2-84-88–94

Ворошилов А.Н., Ворошилова О.М. Некрополь Фанагории: некоторые итоги // Фанагория. Результаты археологических исследований. М.: Институт археологии РАН. 2025. Т. 9. С. 34–73. https://doi.org/10.25681/IARAS.2025.978-5-94375-479-1.34-73

Герасимова М.М., Рудь Н.М., Яблонский Л.Т. Антропология античного и средневекового населения Восточной Европы. Москва: Наука, 1987. 253 с.

Добровольская М.В., Свиркина Н.Г. Жители античной Фанагории (реконструкция образа жизни по палеоантропологическим материалам). Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 233 с. ISBN 978-5-907099-56-2.

Завойкин А.А. Боспорские греки и «азиатские варвары» в период архаики — раннего эллинизма // Scripta antiqua. Вопросы древней истории, филологии, искусства и материальной культуры, 2013. Т. 3. С. 164–196.

Иванов Т. Антична керамика от некропола на Аполония // Аполония: Разкопките в Некропола на Аполония през 1947-1949 г. София, 1963. С. 65–273.

Казарницкий А.А. Данные физической антропологии о формировании населения Северного Причерноморья в античное время // Крымская Скифия в системе культурных связей между Востоком и Западом (III в. до н. э. – VII в. н.э.). Москва, Симферополь: ИП Зуева Т.В., 2017. С. 213–224.

Кашаев С.В., Сударев Н.И. Традиция погребения в сырцовых гробницах в некрополях Таманского полуострова Артющенко-2 и Виноградный-7 // Боспорские исследования, 2020. № XL. С. 26–46.

Кузнецов В.Д. Отчет о работе Фанагорийской экспедиции Института археологии РАН в Фанагории в 2012 г // Архив Института Археологии РАН г. Москвы, 2013. Р-1. № 51943–51951.

Кузнецов В.Д. Древнейшая Фанагория: некоторые проблемы // Древности Боспора/ 2019. Т. 24. С. 398–416. https://doi.org/10.25681/IARAS.2019.978-5-94375-287-2.398-416

Новичихин А.М. Население Западного Закубанья в первой половине I тысячелетия до н.э. (по материалам погребальных памятников). Анапа: РИО СГУТиКД, 2006. 220 с.

Рогов Е.Я. Некрополь Панское 1 в Северо-Западном Крыму. Симферополь: Центр археологических исследований БФ «Деметра». 2011. 216 с.

Свиркина Н.Г. Население Фанагории в III в. до н.э. – V в. н.э. (по палеоантропологическим материалам из Восточного некрополя). Москва: Институт археологии РАН. 2022. 498 с.

Слепченко С.М., Ворошилов А.Н., Ворошилова О.М., Филимонова М.О., Свиркина Н.Г. Новые данные по археопаразитологии Северного Причерноморья (по материалам некрополя Фанагории) // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения, 2022. Т. 27. № 5. С. 27–38. https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2022.5.2

Alaçamlı E., Naidoo T., Güler M.N., Sağlıcan E., Aktürk Ş., et al. READv2: advanced and user-friendly detection of biological relatedness in archaeogenomics. *Genome Biol.,* 2024, 25 (1), pp. 216. https://doi.org/10.1186/s13059-024-03350-3

Alexander D.H., Novembre J., Lange K. Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome research,* 2009, 19 (9), pp. 1655–1664. https://doi.org/10.1101/gr.094052.109

Allentoft M.E., Sikora M., Refoyo-Martínez A., Irving-Pease E.K., Fischer A., et al. Population genomics of post-glacial western Eurasia. *Nature,* 2024, 625 (7994), pp. 301–311. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06865-0

Anastasiadou K., Silva M., Booth T., Speidel L., Audsley T., et al. Detection of chromosomal aneuploidy in ancient genomes. *Commun, Biol.*, 2024, 7 (1), pp. 14. https://doi.org/10.1038/s42003-023-05642-z

Andreeva T.V., Manakhov A.D., Gusev F.E., Patrikeev A.D., Golovanova L.V., et al. Genomic analysis of a novel Neanderthal from Mezmaiskaya Cave provides insights

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

into the genetic relationships of Middle Palaeolithic populations. *Sci. Rep.,* 2022, 12 (1), pp. 13016. https://doi.org/10.1038/s41598-022-16164-9

Andreeva T.V., Soshkina A.D., Gusev F.E., Malyarchuk A.B., Dotsenko G.S., et al. Genetic history of Scythia. *Sci. Adv.,* 2025, 11 (30), pp. eads8179. https://doi.org/10.1126/sciadv.ads8179

Antonio M.L., Gao Z., Moots H.M., Lucci M., Candilio F., et al. Ancient Rome: A genetic crossroads of Europe and the Mediterranean. *Science,* 2019, 366 (6466), pp. 708–714. https://doi.org/10.1126/science.aay6826

Chang C.C., Chow C.C., Tellier L.C., Vattikuti S., Purcell S.M., et al. Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. *Gigascience,* 2015, 4, pp. 7. https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8

Ehler E., Novotný J., Juras A., Chyleński M., Moravčík O., et al. AmtDB: a database of ancient human mitochondrial genomes. *Nucleic Acids Research,* 2019, 47 (D1), pp. D29–D32. https://doi.org/10.1093/nar/gky843

Fu Q., Mittnik A., Johnson P.L.F., Bos K., Lari M., et al. A Revised Timescale for Human Evolution Based on Ancient Mitochondrial Genomes. *Current Biology,* 2013, 23 (7), pp. 553–559. https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.02.044

Gansauge M.T., Gerber T., Glocke I., Korlevic P., Lippik L., et al. Single-stranded DNA library preparation from highly degraded DNA using T4 DNA ligase. *Nucleic acids research,* 2017, 45 (10), pp. e79–e79. https://doi.org/10.1093/nar/gkx033

HaploTree. Available at: *https://haplotree.info/home/*. Accessed 01.12.2025.

Jónsson H., Ginolhac A., Schubert M., Johnson P.L.F., Orlando L. mapDamage2.0: fast approximate Bayesian estimates of ancient DNA damage parameters. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 2013, 29 (13), pp. 1682–1684. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt193

Lazaridis I., Nadel D., Rollefson G., Merrett D.C., Rohland N., et al. Genomic insights into the origin of farming in the ancient Near East. *Nature,* 2016, 536 (7617), pp. 419–424. https://doi.org/10.1038/nature19310

Li H., Durbin R. Fast and accurate short read alignment with Burrows-Wheeler transform. Bioinformatics (Oxford, England), 2009, 25 (14), pp. 1754–1760. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp324

Mallick S., Micco A., Mah M., Ringbauer H., Lazaridis I., et al. The Allen Ancient DNA Resource (AADR) a curated compendium of ancient human genomes. *Sci Data.,* 2024, Vol. 11 (1), pp. 182. DOI: 10.1038/s41597-024-03031-7.

Mouttham N., Klunk J., Kuch M., Fourney R., Poinar H. Surveying the repair of ancient DNA from bones via high-throughput sequencing. *BioTechniques,* 2015, 59 (1), pp. 19–25. https://doi.org/10.2144/000114307

Patterson N., Moorjani P., Luo Y., Mallick S., Rohland N., et al. Ancient admixture in human history. *Genetics,* 2012, 192 (3), pp. 1065–1093. https://doi.org/10.1534/genetics.112.145037

Patterson N., Price A.L., Reich D. Population structure and eigenanalysis. *PLoS genetics,* 2006, 2 (12), pp. e190–e190. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0020190

Petr M., Vernot B., Kelso J. admixr —R package for reproducible analyses using ADMIXTOOLS. *Bioinformatics,* 2019, 35 (17), pp. 3194–3195. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btz030

Picard toolkit. Available at: http://broadinstitute.github.io/picard/. Accessed 01.12.2025.

Renaud G., Slon V., Duggan A.T., Kelso J. Schmutzi: estimation of contamination and endogenous mitochondrial consensus calling for ancient DNA. *Genome Biol.,* 2015, 16 (1), pp. 224. https://doi.org/10.1186/s13059-015-0776-0

Schubert M., Ginolhac A., Lindgreen S., Thompson J.F., Al-Rasheid K.A.S., et al. Improving ancient DNA read mapping against modern reference genomes. *BMC genomics,* 2012, 13, pp. 178–178. https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-178

Schönherr S., Weissensteiner H., Kronenberg F., Forer L. Haplogrep 3 - an interactive haplogroup classification and analysis platform. *Nucleic Acids Research.,* 2023, 51 (W1), pp. 263–268. https://doi.org/10.1093/nar/gkad284

Schubert M., Lindgreen S., Orlando L. AdapterRemoval v2: rapid adapter trimming, identification, and read merging. *BMC Res Notes,* 2016, 9 (1), pp. 88. https://doi.org/10.1186/s13104-016-1900-2

Schütz O., Maróti Z., Tihanyi B., Kiss A.P., Nyerki E., et al. Unveiling the origins and genetic makeup of the "forgotten people": A study of the Sarmatian-period population in the Carpathian Basin. *Cell,* 2025, 188 (15), pp. 4074-4090.e11. https://doi.org/ 10.1016/j.cell.2025.05.009

Seersholm F.V., Sjögren K.-G., Koelman J., Blank M., Svensson E.M., et al. Repeated plague infections across six generations of Neolithic Farmers. *Nature,* 2024, 632 (8023), pp. 114–121. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07651-2

SequenceTools. Available at: https://github.com/stschiff/sequenceTools. Accessed 01.12.2025.

YFull. Available at: https://www.yfull.com/. Accessed 01.12.2025.

References

Alaçamlı E., Naidoo T., Güler M.N., Sağlıcan E., Aktürk Ş., et al. READv2: advanced and user-friendly detection of biological relatedness in archaeogenomics. *Genome Biol.,* 2024, 25 (1), pp. 216. https://doi.org/10.1186/s13059-024-03350-3

Alekseev A.Yu. Bokovenko N.A., Vasiliev S.S., Dergachev V.A., Kovalyukh N.N., et al. *Eurasia in the Scythian Time: radiocarbon and archaeological chronology*. Saint-Petersburg, Thesa Publ., 2005. 290 p. (In Russ.). ISBN 5-201-01234-5.

Alexander D.H., Novembre J., Lange K. Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome research,* 2009, 19 (9), pp. 1655–1664. https://doi.org/10.1101/gr.094052.109

Allentoft M.E., Sikora M., Refoyo-Martínez A., Irving-Pease E.K., Fischer A., et al. Population genomics of post-glacial western Eurasia. *Nature,* 2024, 625 (7994), pp. 301–311. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06865-0

Anastasiadou K., Silva M., Booth T., Speidel L., Audsley T., et al. Detection of chromosomal aneuploidy in ancient genomes. *Commun, Biol.,* 2024, 7 (1), pp. 14. https://doi.org/10.1038/s42003-023-05642-z

Andreeva T.V., Manakhov A.D., Gusev F.E., Patrikeev A.D., Golovanova L.V., et al. Genomic analysis of a novel Neanderthal from Mezmaiskaya Cave provides insights

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

into the genetic relationships of Middle Palaeolithic populations. *Sci, Rep.*, 2022, 12 (1), pp. 13016. https://doi.org/10.1038/s41598-022-16164-9

Andreeva T.V., Soshkina A.D., Gusev F.E., Malyarchuk A.B., Dotsenko G.S., et al. Genetic history of Scythia. *Sci. Adv.,* 2025, 11 (30), pp. eads8179. https://doi.org/10.1126/sciadv.ads8179

Antonio M.L., Gao Z., Moots H.M., Lucci M., Candilio F., et al. Ancient Rome: A genetic crossroads of Europe and the Mediterranean. *Science,* 2019, 366 (6466), pp. 708–714. https://doi.org/10.1126/science.aay6826

Chang C.C., Chow C.C., Tellier L.C., Vattikuti S., Purcell S.M., et al. Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. *Gigascience,* 2015, 4, pp. 7. https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8

Dobrovolskaya M.V., Svirkina N.G. *The inhabitants of ancient Phanagoria (reconstruction of a lifestyle based on paleoanthropological materials)*. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdanij KMK, 2018, 233 p. (In Russ.). ISBN 978-5-907099-56-2.

Ehler E., Novotný J., Juras A., Chyleński M., Moravčík O., et al. AmtDB: a database of ancient human mitochondrial genomes. *Nucleic Acids Research,* 2019, 47 (D1), pp. D29–D32. https://doi.org/10.1093/nar/gky843

Fu Q., Mittnik A., Johnson P.L.F., Bos K., Lari M., et al. A Revised Timescale for Human Evolution Based on Ancient Mitochondrial Genomes. Current Biology, 2013, 23 (7), pp. 553–559. https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.02.044

Gansauge M.T., Gerber T., Glocke I., Korlevic P., Lippik L., et al. Single-stranded DNA library preparation from highly degraded DNA using T4 DNA ligase. *Nucleic acids research,* 2017, 45 (10), pp. e79–e79. https://doi.org/10.1093/nar/gkx033

Gerasimova M.M., Rud' N.M., Yablonskij L.T. *Anthropology of the Ancient and Medieval Population of Eastern Europe*. Moscow, Nauka Publ., 1987. 253 p. (In Russ.).

HaploTree. Available at: https://haplotree.info/home/. Accessed 01.12.2025.

Ivanov T. Ancient pottery from necropolis of Apollonia. In *Apollonia. Excavations of the Necropolis of Apollonia in 1947–194*9. Sofia, pp. 65–273. (In Bulg.).

Jónsson H., Ginolhac A., Schubert M., Johnson P.L.F., Orlando L. mapDamage2.0: fast approximate Bayesian estimates of ancient DNA damage parameters. *Bioinformatics (Oxford, England),* 2013, 29 (13), pp. 1682–1684. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt193

Kashaev S.V., Sudarev N.I. Burial traditions in mud-brick tombs of necropoleis Artjuschenko-2 and Vinogradny-7 on Taman peninsula. *Bosporos studies*, 2020, XL, pp. 26-46 (In Russ).

Kazarnickij A.A. The data of physical anthropology on the formation of the population of the Northern Black Sea region in ancient times. In *Crimean Scythia in a system of cultural relations between East and West (3rd century BC to the 7th century AD)*. Moscow, Simferopol: Zuyeva T.V. Publ., 2017, pp. 213-224. (In Russ.)

Kuznetsov V.D. Earliest Phanagoria: some questions. *Antiquities of the Bosporus*, 2019, 24, pp. 398-416. (In Russ.). https://doi.org/10.25681/IARAS.2019.978-5-94375-287-2.398-416

Kuznetsov V.D. *Report on the work of the Phanagoria expedition of the Institute of Archeology RAS in Phanagoria in 2012.* Archive of Institute of Archaeology RAS, R-1, 51943–51951. (In Russ).

Lazaridis I., Nadel D., Rollefson G., Merrett D.C., Rohland N., et al. Genomic insights into the origin of farming in the ancient Near East. *Nature,* 2016, 536 (7617), pp. 419–424. https://doi.org/10.1038/nature19310

Li H., Durbin R. Fast and accurate short read alignment with Burrows-Wheeler transform. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 2009, 25 (14), pp. 1754–1760. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp324

Mallick S., Micco A., Mah M., Ringbauer H., Lazaridis I., et al. The Allen Ancient DNA Resource (AADR) a curated compendium of ancient human genomes. *Sci. Data.,* 2024, Vol. 11 (1), pp. 182. DOI: 10.1038/s41597-024-03031-7

Mouttham N., Klunk J., Kuch M., Fourney R., Poinar H. Surveying the repair of ancient DNA from bones via high-throughput sequencing. *BioTechniques,* 2015, 59 (1), pp. 19–25. https://doi.org/10.2144/000114307

Novichihin A.M. The population of Western Transcuban in the first half of the 1st millennium BC (based on the materials of funerary monuments). *Anapa, SGUTiKD Publ.*, 2006, 220 p. (In Russ.). ISBN 5-88702-200-0.

Patterson N., Moorjani P., Luo Y., Mallick S., Rohland N., et al. Ancient admixture in human history. *Genetics,* 2012, 192 (3), pp. 1065–1093. https://doi.org/10.1534/genetics.112.145037

Patterson N., Price A.L., Reich D. Population structure and eigenanalysis. *PLoS genetics,* 2006, 2 (12), pp. e190–e190. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0020190

Petr M., Vernot B., Kelso J. admixr —R package for reproducible analyses using ADMIXTOOLS. *Bioinformatics,* 2019, 35 (17), pp. 3194–3195. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btz030

Picard toolkit. Available at: http://broadinstitute.github.io/picard/. Accessed 01.12.2025.

Renaud G., Slon V., Duggan A.T., Kelso J. Schmutzi: estimation of contamination and endogenous mitochondrial consensus calling for ancient DNA. *Genome Biol.,* 2015, 16 (1), pp. 224. https://doi.org/10.1186/s13059-015-0776-0

Rogov E.YA. *The Panskoe 1 necropolis in the North-Western Crimea*. Simferopol, Archaeological Research Center of the Demeter Foundation Publ., 2011, 216 p. (In Russ.). ISBN 978-966-1538-33-6.

Schönherr S., Weissensteiner H., Kronenberg F., Forer L. Haplogrep 3 - an interactive haplogroup classification and analysis platform. *Nucleic Acids Research,* 2023, 51 (W1), pp. 263–268. https://doi.org/10.1093/nar/gkad284

Schubert M., Ginolhac A., Lindgreen S., Thompson J.F., Al-Rasheid K.A.S., et al. Improving ancient DNA read mapping against modern reference genomes. *BMC genomics,* 2012, 13, pp. 178–178. https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-178

Schubert M., Lindgreen S., Orlando L. AdapterRemoval v2: rapid adapter trimming, identification, and read merging. *BMC Res Notes,* 2016, 9 (1), pp. 88. https://doi.org/10.1186/s13104-016-1900-2

Schütz O., Maróti Z., Tihanyi B., Kiss A.P., Nyerki E., et al. Unveiling the origins and genetic makeup of the "forgotten people": A study of the Sarmatian-period population in the Carpathian Basin. *Cell,* 2025, 188 (15), pp. 4074-4090.e11. https://doi.org/ 10.1016/j.cell.2025.05.009

Seersholm F.V., Sjögren K.-G., Koelman J., Blank M., Svensson E.M., et al. Repeated plague infections across

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

six generations of Neolithic Farmers. *Nature*, 2024, 632 (8023), pp. 114–121. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07651-2

SequenceTools. Available at: https://github.com/stschiff/sequenceTools. Accessed 01.12.2025.

Slepchenko S.M., Voroshilov A.N., Voroshilova O.M., Filimonova M.O., Svirkina N.G. New Data on the Archaeoparasitology of the Northern Black Sea Region (The Phanagoria Necropolis Materials). *Science Journal of Volgograd State University. History. Area Studies. International Relations*, 2022, 27 (5), pp. 27-38. (In Russ.). https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2022.5.2

Svirkina N.G. The population of Phanagoria in the 3rd century BC – 5th century AD (based on paleoanthropological materials from the Eastern Necropolis). Moscow, Institute of Archaeology Publ., 2022, 498 p. (In Russ.).

Voroshilov A.N., Voroshilova O.M. Features of the Phanagorian necropolis' formation in the light of recent discoveries. *Problemy istorii, filologii, kul'tury*, 2019, 1, pp. 101-105. (In Russ.). https://doi.org/10.18503/1992-0431-2019-1-63-101–105

Voroshilov A.N., Voroshilova O.M. Necropolis of Phanagoria in the context of Marchaeological field research. *Problemy istorii, filologii, kul'tury*, 2024, 2, pp. 88-94. (In Russ.). https://doi.org/10.18503/1992-0431-2024-2-84-88–94

Voroshilov A.N., Voroshilova O.M. Necropolis of Phanagoria: some results. In *Phanagoria. The results of archaeological research*. Moscow, Institute of Archaeology Publ., 2025, 9, pp. 34-73. (In Russ.). https://doi.org/10.25681/IARAS.2025.978-5-94375-479-1.34-73

YFull. Available at: https://www.yfull.com/. Accessed 01.12.2025.

Zavoykin A.A. The Bosporan Greeks and the "Asiatic Barbarians" (from Archaic till Early Hellenistic Time). *Scripta antiqua. Questions of ancient history, philology, art and material culture*, 2013, 3, pp.164-196. (In Russ.).

Приложение / Supplementary material

Приложение размещено по ссылке

Таблица S1. Антропологические данные об исследованных образцах, результаты изотопных исследований
Table S1. Anthropological data regarding the analysed samples and the findings from isotopic investigations

Рисунок S1. Фрагмент филогенетического дерева гаплогруппы H2a5, построенный с использованием программы mtPhyl. Указаны позиции и нуклеотидные замены относительно референсной последовательности мтДНК. Митохондриальные гаплогруппы отмечены красным шрифтом. Для каждого образца синим шрифтом показаны его идентификационный номер в базе данных и географическое происхождение. Исследованные образцы залиты красным фоном, другие древние образцы – голубым

Figure S1. Fragment of the phylogenetic tree of haplogroup H2a5, constructed using the mtPhyl software. The positions and nucleotide substitutions relative to the reference mtDNA sequence are specified. Mitochondrial haplogroups are highlighted in red. For each sample, marked in blue font, its identification number in the database, origin, and ethnic affiliation are provided. The studied samples are enclosed in red rectangles; other ancient samples are enclosed in blue rectangles

Информация об авторах/ Information about the authors

Рождественских Елизавета Вадимовна, Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация
rozhdestvenskih.ev@talantiuspeh.ru
https://orcid.org/0000-0003-0273-203X

Манахов Андрей Дмитриевич, к.б.н., Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация; Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация
manakhov@rogaevlab.ru
https://orcid.org/0000-0002-1192-006X

Ворошилов Алексей Николаевич, к.и.н., Институт археологии Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация, voroshilov.aleksej@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0003-2830-8114;

Свиркина Наталия Геннадиевна, к.и.н., Институт археологии Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация
svirkina.natalia@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-5712-5953

Айтуганова Элеонора Данияловна, Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация
aytuganova2508@gmail.com

Кунижева Светлана Станиславовна, к.б.н. Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация; Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация
kunizheva@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-1882-0667

Андреева Татьяна Владимировна, к.б.н., Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация; Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; Центр генетики и генетических технологий, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация
andreeva@rogaevlab.ru
https://orcid.org/0000-0001-7625-0063

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026

Остапенко Сергей Николаевич, к.и.н., Государственный историко-археологический музей-заповедник «Фанагория», п. Сенной, Российская Федерация; Институт археологии Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация, osn-23@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9131-1335;

Кузнецов Владимир Дмитриевич, д.и.н., Государственный историко-археологический музей-заповедник «Фанагория», п. Сенной, Российская Федерация; Институт археологии Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация, phanagor@mail.ru;

Рогаев Евгений Иванович, академик РАН, д.б.н., Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Российская Федерация; Медицинская школа Чан Массачусетского университета, департамент психиатрии, Шрусбери, США evivrecc@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-0351-8783

Rozhdestvenskikh Elizaveta Vadimovna, Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation rozhdestvenskih.ev@talantiuspeh.ru https://orcid.org/0000-0003-0273-203X

Manakhov Andrey Dmitrievich, Ph.D., Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation; Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation manakhov@rogaevlab.ru https://orcid.org/0000-0002-1192-006X

Voroshilov Aleksej Nikolaevich, Ph.D., Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation voroshilov.aleksej@yandex.ru https://orcid.org/0000-0003-2830-8114

Svirkina Natalia Gennadievna, Ph.D., Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation svirkina.natalia@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-5712-5953

Aituganova Eleonora Daniyalovna, Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation, aytuganova2508@gmail.com;

Kunizheva Svetlana Stanislavovna, Ph.D., Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation; Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation kunizheva@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-1882-0667

Andreeva Tatiana Vladimirovna, Ph.D., Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation; Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Centre of Genetics and Genetic Technologies, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation andreeva@rogaevlab.ru https://orcid.org/0000-0001-7625-0063

Ostapenko Sergey Nikolaevich, PhD, The State Museum-Preserve «Phanagoria», Sennoy village, Russian Federation; Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation osn-23@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-9131-1335

Kuznetsov Vladimir Dmitrievich, Ph.D., D.Sc., The State Museum-Preserve «Phanagoria», Sennoy village, Russian Federation; Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation phanagor@mail.ru

Rogaev Evgeny Ivanovich, Academician RAS, Ph.D., D.Sc., Sirius University of Science and Technology, Sirius Federal Territory, Russian Federation; UMass Chan Medical School, Department of Psychiatry, Shrewsbury, United States evivrecc@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-0351-8783

Поступила в редакцию 19.12.2025.
Получена после доработки 25.12.2025.
Принята к публикации 25.12.2025.

Received 19.12.2025.
Revised 25.12.2025.
Accepted 25.12.2025.

© Рождественских, Е.В., Манахов, А.Д., Ворошилов, А.Н., Свиркина, Н.Г., Айтуганова, Э.Д., Кунижева, С.С., Андреева, Т.В., Остапенко, С.Н., Кузнецов, В.Д., Рогаев, Е.И., 2026
© Rozhdestvenskikh, E.V., Manakhov, A.D., Voroshilov, A.N., Svirkina, N.G., Aituganova, E.D., Kunizheva, S.S., Andreeva, T.V., Ostapenko, S.N., Kuznetsov, V.D., Rogaev, E.I., 2026