На правах рукописи



Рождественских Елизавета Вадимовна

ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА ЧЕРНЯХОВСКОЙ КУЛЬТУРЫ В КОНТЕКСТЕ ЭТНОКУЛЬТУРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПОНТО-КАСПИЙСКОЙ СТЕПИ

1.5.7. Генетика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Федеральная территория «Сириус» – 2026

Работа выполнена в научном центре Генетики и Наук о Жизни автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус»»

Научный руководитель: **Рогаев Евгений Иванович**, доктор биологических наук, профессор, академик РАН

Защита состоится 17 декабря в 14:30 на заседании диссертационного совета НТУ.1.5.7.34 в АНОО ВО «Университет «Сириус» по адресу 354340, Краснодарский край, федеральная территория «Сириус», Олимпийский пр., д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте АНОО ВО «Университет «Сириус»» https://siriusuniversity.ru/sveden/science/obyavleniya-o-zashchitah

Автореферат разослан «16» ноября 2026 года
Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук  Поценковская Э.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности проблемы

Причерноморско-Каспийская степь (Понто-Каспийская степь), занимая ключевое положение между Европой и Азией, представляет собой крупную контактную зону, связывающую лесную полосу, лесостепь и степь с горными системами Кавказа и Урала. Именно такое географическое расположение обусловило её роль главного коридора Евразии, где с неолита, в процессе встречи переселенческих волн земледельцев из Анатолии и местных охотников-собирателей, начали формироваться исторические группы, впоследствии оказавшие сильное влияние как на культурно-социальные явления, так и на генофонд народонаселения обширных территорий.

Проблема взаимодействия «варварских» и античных обществ с середины I тыс. до н. э. по середину I тыс. н. э. остаётся одной из центральных в европейской историографии. На территории Понто-Каспийской степи (включающей современные территории Западного Казахстана, Северного Кавказа и Нижнего Поволжья России, южной и восточной Украины, Молдовы, юго-востока Румынии) и в прилегающих регионах в течение данного периода последовательно и частично одновременно существовали два принципиально различных культурно-политических комплекса: Боспорское царство (V в. до н.э. – VI в. н. э.) и черняховская культура (середина III – ранний V в. н.э.). Последняя представляет собой наиболее дискуссионный элемент системы: демографические истоки и степень участия пришлых (готских) и местных восточноевропейских (сарматских, позднескифских, славянских) компонент остаются предметом ожесточённых споров. Механизмы взаимодействия черняховского населения с соседними культурными образованиями как в периоды относительной стабильности, так и в фазы военно-политических кризисов (готские войны III в., гуннское вторжение 370-х гг.) трактуются противоречиво.

На данный момент существует ряд исследований, рассматривающих черняховскую проблематику с точки зрения генетики. Однако выборка, сформированная в ходе данных исследований, составляет всего 14 индивидов, что является крайне малым количеством образцов для формулирования достоверных выводов о структуре популяции черняховской культуры. Следует отметить территориальную ограниченность выборки: из примерно 3 500 известных памятников черняховской культуры археологически исследованы сотни объектов, включая около 7 000 погребений, однако в генетических работах рассматриваются материалы только из 4 памятников лесостепной зоны (Золочев, Комаров-1, Легедзино, Шишаки), при этом причерноморские и степные памятники не рассматриваются.

Боспорское царство – крупное государственное образование Понто-Каспийского региона, функционировавшее как до возникновения, так и в период существования черняховской культуры. В погребальных комплексах на его территории наряду с основным массивом погребений эллинской культурной атрибуции отмечаются элементы, характерные для черняховской материальной культуры, однако отсутствие полногеномных данных о населении Боспорского царства не позволяет провести прямую верификацию гипотезы о генетических связях представителей черняховской культуры и древнего населения Керченского и Таманского полуостровов. Аналогично, из-за отсутствия геномных данных о представителях локального варианта готских древностей – готов-тетракситов – остаётся дискуссионным вопрос об их генетической связи с черняховцами и населением Боспора римского времени.

Введение в научный оборот неизученных антропологических коллекций из Понто-Каспийского региона, относящихся к рассматриваемым культурам, и их комплексный анализ с привлечением опубликованных полногеномных данных позволят верифицировать существующие историко-археологические реконструкции, оценить вклад черняховского компонента в генофонд региона и уточнить его роль в популяционных процессах эпохи Великого переселения народов.

Цель исследования и задачи

Цель работы – установление генетической структуры населения черняховской культуры и исторически связанных с ней культурных групп, ранее молекулярно-генетическими методами не исследованных и/или исследованных фрагментарно.

В задачи исследования входило:

1. Формирование серий антропологических образцов и коллекции ДНК-препаратов представителей черняховской культуры, Боспорского царства и готов-тетракситов, проживавших на территории Причерноморско-Каспийской степи в позднеантичный период и средневековье.
2. Массовый первичный скрининг (геномное секвенирование с низким покрытием) полученной древней ДНК (дДНК) для оценки качества биологического материала и его пригодности для генетического анализа. Полногеномное секвенирование отобранных образцов с наилучшим качеством.
3. Анализ генетической структуры изучаемых популяций по данным однородительских маркеров (мтДНК и Y-хромосомы) и аутосомного набора данных.
4. Проведение популяционно-генетического анализа исследуемых популяций и установление их генетических связей с древними популяциями Причерноморско-Каспийской степи и других регионов Евразии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Население ареала черняховской культуры реконструировано как генетически гетерогенная общность. Население включало индивидов, генетически близких к группам северо-центральноевропейского, балкано-дунайского, средиземноморского и степного происхождения. При этом выраженная географическая стратификация внутри культурного ареала отсутствует, в то время как процессы метисации носят устойчивый характер.
2. Выявлена генетически однородная группа с северо-центральноевропейским профилем, которая демонстрирует геномную связь с представителями вельбаркской культурной традиции.
3. В составе черняховской общности выявлены индивиды, имеющие генетическую связь с сарматской метапопуляцией и скифами Подонья.

Научная новизна

Научная новизна диссертации заключается в комплексном междисциплинарном изучении черняховского социума в контексте его этнокультурных контактов с населением Понто-Каспийского региона, включающем представителей эллинской и греко-варварских традиций территории Боспорского царства и культуры готов-тетракситов. Впервые проведено молекулярно-генетическое исследование индивидов, происходящих из 18 памятников черняховской культуры, а также из памятников Фанагория, Елизаветовское городище и могильника Дюрсо. Материалы последнего относятся к культурной группе готов-тетракситов, геномные данные по которой до настоящего времени отсутствовали. Это делает проведённое исследование пионерным в реконструкции генетической истории и популяционной структуры одной из наименее изученных восточногерманских групп Северного Причерноморья.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Теоретическая значимость исследования определяется его вкладом в решение фундаментальных проблем историографии финала римского времени и начала эпохи Великого переселения народов (III–V вв. н.э.) Восточной Европы. Полученные результаты позволяют эмпирически обосновать одну из теорий этногенеза черняховской культуры, оценить участие восточногерманских, степных и балто-славянских популяций в её формировании и уточнить механизмы взаимодействия мигрантов и автохтонного населения.

Практическая значимость состоит в получении геномных данных для индивидов, принадлежащих культурным группам, ранее не рассматривавшимся в мировой литературе

(эллинская и греко-варварская культуры Северного Причерноморья, готы-тетракситы), и в создании первой репрезентативной базы генетических данных для представителей черняховской культурной общности.

Методология и методы исследования

Для достижения поставленной цели был разработан метод малодеструктивного отбора костного материала из черепов, позволяющий провести молекулярно-генетические исследования музейных коллекций антропологического материала.

Молекулярно-генетические исследования проводили с применением методов, разработанных специально для анализа древних геномных последовательностей и успешно зарекомендовавших себя в палеогенетике, в специально оборудованных помещениях на базе АНОО ВО Университет «Сириус». Геномные последовательности получены с использованием современных платформ высокопроизводительного секвенирования.

Биоинформатическая обработка и анализ полученных геномных данных были проведёны с использованием программ и параметров, адаптированных для работы с высокодеградированными последовательностями ДНК. Анализ однородительских маркеров был проведён с привлечением данных из баз NCBI, AADR v66.0, AmtDB, Yfull и FamilyTree на основе консенсусных филогенетических деревьев PhyloTree и ISOGG. Популяционный анализ проведён с применением стандартных методов, используемых в палеогенетике: PCA, ADMIXTURE, hapROH, F-статистик Паттерсона, ancIBD, mobest.

Личный вклад автора

Результаты молекулярно-генетической и биоинформатической работы, представленные в тексте диссертации, получены автором лично, либо при его непосредственном участии. Образцы костного материала получены из фондов НИИ и Музея антропологии им. Д. Н. Анучина, ИА РАН, Государственного музея-заповедника «Фанагория», ЮФУ, ГБУК КК «НИМЗ». Радиоуглеродное датирование антропологического материала было проведено на базе лаборатории изотопных исследований ЦКП «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН и ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия» НГУ.

Степень достоверности и апробация результатов

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты согласуются как с генетическими, так и с историческими данными, представленными в современной научной литературе, что служит подтверждением их достоверности. Материалы работы были представлены в виде доклада на научной конференции и отражены в пяти публикациях в рецензируемых научных журналах, индексируемых международными базами данных и рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Объем и структура диссертации.

Текст диссертации изложен на 208 страницах машинописного текста и включает 11 таблиц и 90 рисунков. В составе работы представлены 6 приложений, содержащих 12 таблиц и 91 рисунок. Результаты диссертационного исследования изложены в трёх главах. Первая содержит обзор литературы по исследуемой проблематике, а также описание материалов и методов исследования. Вторая посвящена первичному анализу геномных данных и результатам исследования однородительских маркеров. Третья глава включает результаты анализа аутосомного набора данных, сформированного в ходе диссертационного исследования для каждой группы отдельно и для совокупности групп, а также их сопоставлению с открытыми геномными данными. Главы два и три содержат изложение полученных результатов и их обсуждение. Список цитируемой литературы включает 270 источник.

Финансовая поддержка диссертации

Результаты получены при финансовой поддержке исследования, реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус», Соглашение No 18–03 от 10.09.2024, код проекта GEN-BFT-2407

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Разработка малодеструктивного метода отбора костного материала

В качестве материала для исследования выступили образцы с территории Понто-Каспийской степи, рассматриваемые в контексте изучения черняховской культурной общности. Они были получены из антропологических коллекций Научно-исследовательского института и Музея антропологии имени Д. Н. Анучина МГУ им. М. В. Ломоносова, Института археологии РАН, Новороссийского исторического музея-заповедника, музея-заповедника «Фанагория» и Южного федерального университета.

На основе историко-археологической интерпретации сформированы выборки, представляющие: черняховскую культуру (101 образец из 18 памятников), население Азово-Причерноморской степи периода существования Боспорского царства (Фанагория – 19 образцов, Елизаветовское городище – 21 образец) и группу готов-тетракситов (22 образца, могильник Дюрсо). Совокупность материалов охватывает хронологический интервал с IV в. до н. э. по IX в. н. э.

В рамках исследования для включения в работу ценных антропологических музейных объектов, при работе с которыми невозможен отбор плотной ткани из области улитки классическим методом (с отделением целой височной кости), был разработан, апробирован и внедрён метод малодеструктивного отбора костного материала с использованием медицинских трепанов и последующей механической очистки полученных фрагментов (рис. 1). Данный метод позволяет удалять поверхностные загрязнения как механическими, так и химическими способами, что снижает риск контаминации препарата ДНК чужеродными последовательностями.

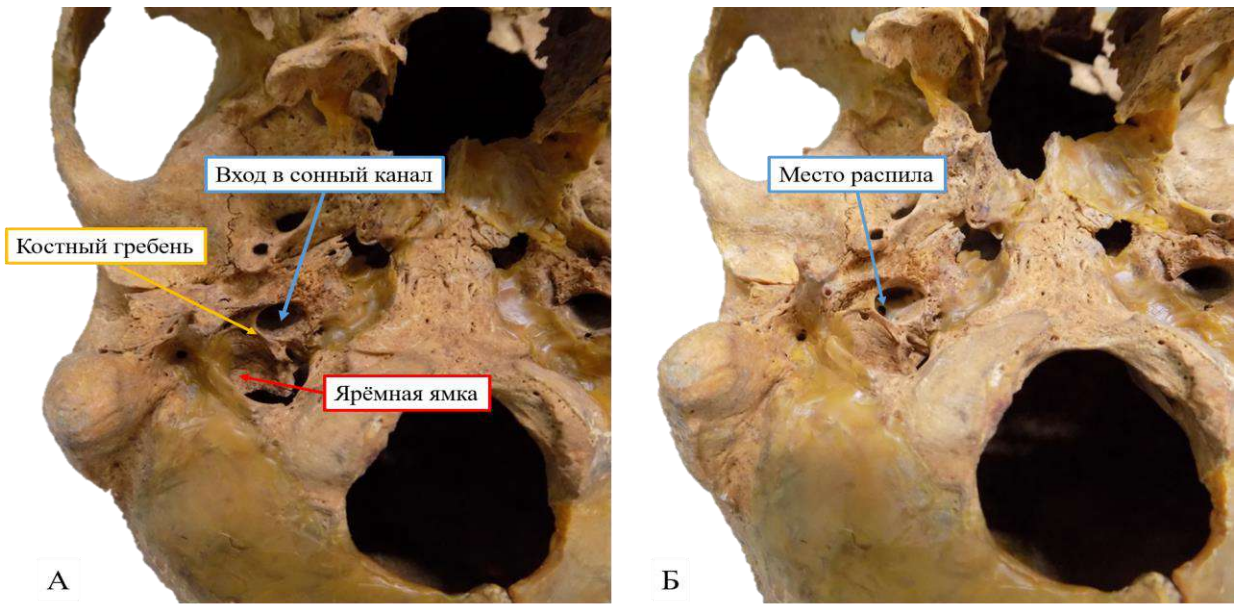


Рисунок 1 – Применение метода малодеструктивного получения костного материала на целых черепах: А – место распила с указанием главных ориентиров; Б – фото черепа после отделения фрагмента улитки из него

Результаты реконструкции последовательностей мтДНК, определения гаплогрупп и филогеографического анализа

Совокупность анализов митохондриальных и Y-хромосомных маркеров выявила в составе населения индивидов-носителей гаплогрупп, характерных для популяций Северной, Центрально-Восточной Европы и Балканского региона. Присутствие линий, связанных со степными и ближневосточно-кавказскими группами, подтверждает полиэтничный состав черняховского социума уже на этапе анализа однородительских маркеров, что согласуется с археологическими представлениями о нём как о сложном образовании эпохи Великого переселения народов.

Результаты анализа для выборки индивидов из памятников Боспорского царства показывают, что среди населения Фанагории преобладают североевропейские и средиземноморские материнские линии; при этом их появление в генофонде города может быть связано как с наследованием из местного северопонтийского субстрата, так и с привнесением мигрантами из балкано-эгейского региона. Y-хромосомные гаплогруппы представлены степными, кавказскими, северопричерноморскими линиями, унаследованными от групп бронзового века, и североевропейскими линиями. Такой профиль отражает космополитичный характер древнего города. У населения памятника Елизаветовское городище, напротив, по результатам анализа обоих однородительсхих маркеров, доминируют гаплогруппы, характерные для групп степного пояса. Общие для обоих памятников Боспорского царства Y-линии (R-Z93, R-Z2123) свидетельствуют об устойчивом воспроизведении восточно-степного мужского компонента на территории Северного Причерноморья и допускают генетическую преемственность их населения.

Результаты филогеографического анализа митохондриальных последовательностей 14 представителей группы готов-тетракситов, а также анализа Y-хромосомных последовательностей, демонстрируют гетерогенный набор гаплогрупп, характерных для популяций Северной и Южной Европы, Кавказа, Ближнего Востока и степных кочевнических групп. При этом набор митохондриальных линий в целом соответствует западноевразийскому генетическому пулу и существенно пересекается с черняховской выборкой: в обеих группах преобладает базальная гаплогруппа H (более 30 %), а общими являются линии H1, H2a, U5a и K1a, что указывает на сходство материнского генофонда.

Результаты анализа генетической структуры изучаемых популяций на основе аутосомного набора данных

По результатам популяционно-генетического анализа в выборке черняховской культуры выделены три крупных генетических кластера (Chern_N, Chern_C, Chern_B) и два малых (Chern_S, Chern_J), при этом выраженная географическая и археологическая стратификация кластеров не прослеживается (рис. 2, 1). Генетические группы Chern_MixA и Chern_MixB (рис. 2, 1) не демонстрируют выраженных связей ни между собой, ни с остальными кластерами, в связи с чем рассматриваются отдельно.

Для выборки с территории Боспорского царства установлено, что в эллинистический период генетические профили населения Фанагории отличались высокой гетерогенностью (выделены генетические кластеры BK_A, BK_B, а также индивиды, генетически отличные от них), тогда как профиль населения Елизаветовского городища был гомогенным (рис. 2, 2). Генетический поток между поселениями в этот период не фиксируется, что может свидетельствовать об их взаимной изоляции; однако размер выборки из Фанагории эллинистического периода в данной работе ограничен, и эта гипотеза требует подтверждения на расширенном массиве образцов.

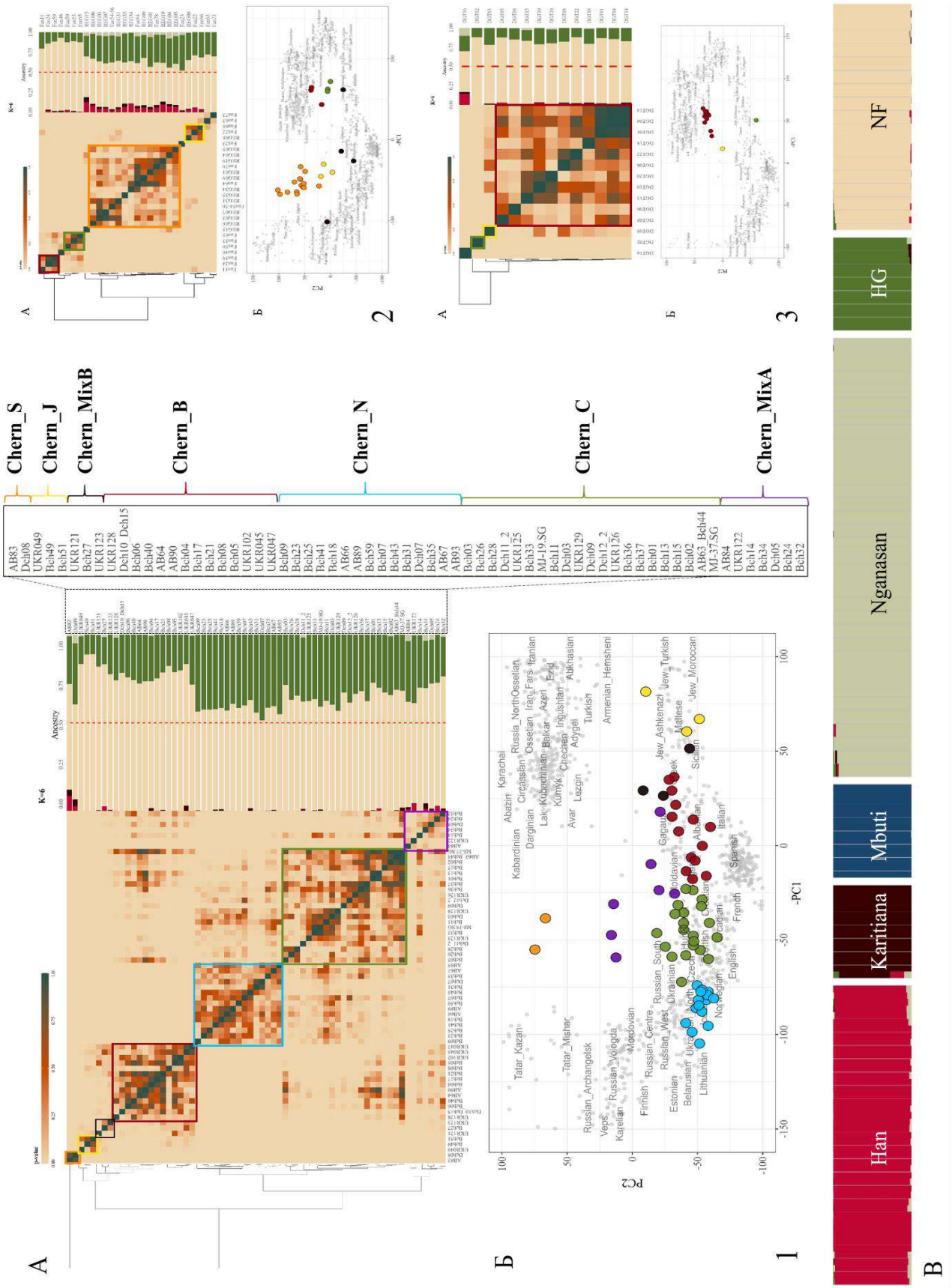


Рисунок 2 – Кластерный анализ с соотнесением результатов PCA и ADMIXTURE: 1 – черняховкая культура; 2 – индивиды с территории Боспорского царства; 3 – готы-тетракситы; А - совмещённая проекция дендрограммы и тепловой карты, визуализирующих результаты qpWave, и проекция результатов ADMIXTURE; Б - визуализация выделенных генетических кластеров в пространстве PCA; В – визуализация генетических компонент, выделившихся при проведении анализа неконтролируемого ADMIXTURE.

В то же время индивиды из групп населения Елизаветовского городища эллинистического периода и Фанагории римского времени образуют общий крупный генетический кластер (BK_S), для которого модель общего происхождения не отвергается (рис. 2, 2; выделен оранжевым цветом).

Сформированная выборка представителей культуры готов-тетракситов представляет собой изолированную группу индивидов, попадающую в пространство главных компонент современных популяций Кавказа (рис. 2, 3; выделен красным цветом). Зафиксированы повышенные показатели инбридинга и глубокие родственные связи внутри выделенного генетического кластера.

Результаты популяционно-генетического анализа генетических групп черняховской культуры и популяций Понто-Каспийской степи и их обсуждение

Полученные результаты анализов PC, ADMIXTURE и qpWave для объединённой выборки, сформированной в ходе диссертационного исследования, показывают:

1. В составе населения черняховской культуры (кластер Chern_S) и Боспорского царства (кластер BK_S) в период эллинизма и римского времени присутствовали индивиды со сходными генетическими профилями, отличающимися повышенным содержанием компонент Iran_N (20–36%), Han (3–7%) и Karitiana (4–9%), а также сниженными, по сравнению с другими генетическими кластерами, значениями NF в рассматриваемом результате моделирования неконтролируемого ADMIXTURE (рис. 3-4).
2. Среди населения как черняховской культуры, так и Боспорского царства фиксируются индивиды с предполагаемым метисным происхождением (Chern_MixA и BK_Mix).

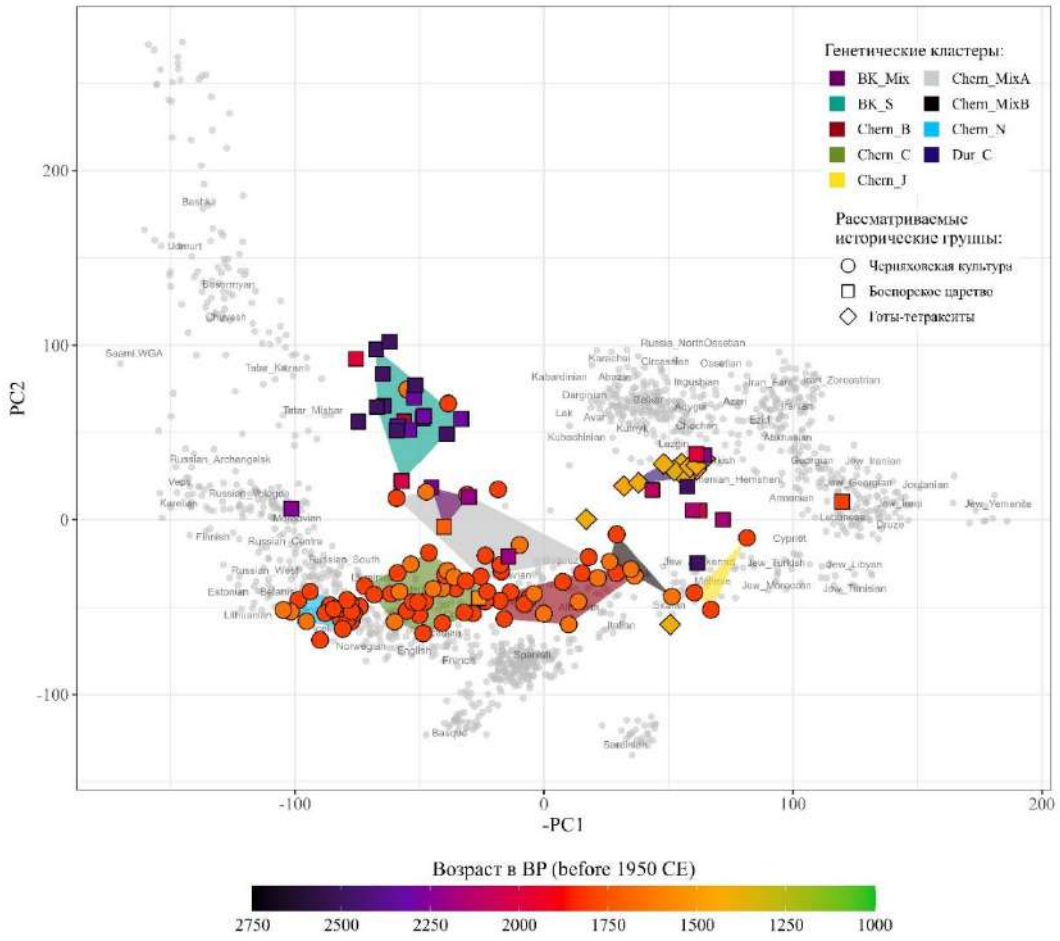


Рисунок 3 – Совместная визуализация результатов PCA для индивидов из выборки, сформированной в ходе диссертационного исследования, с хронологической маркировкой и обозначением ранее выделенных генетических кластеров

3. При проведении популяционного анализа с использованием методов PCA и ADMIXTURE не выявляется сходство генетических профилей черняховцев и готов-тетракситов. Однако фиксируется сходство между готами-тетракситами и индивидами из генетического кластера BK_A, выделенного в выборке из Фанагории. При проведении анализа qpWave индивиды из данных групп образуют кладу относительно набора аутгрупп (рис. 4, Г).

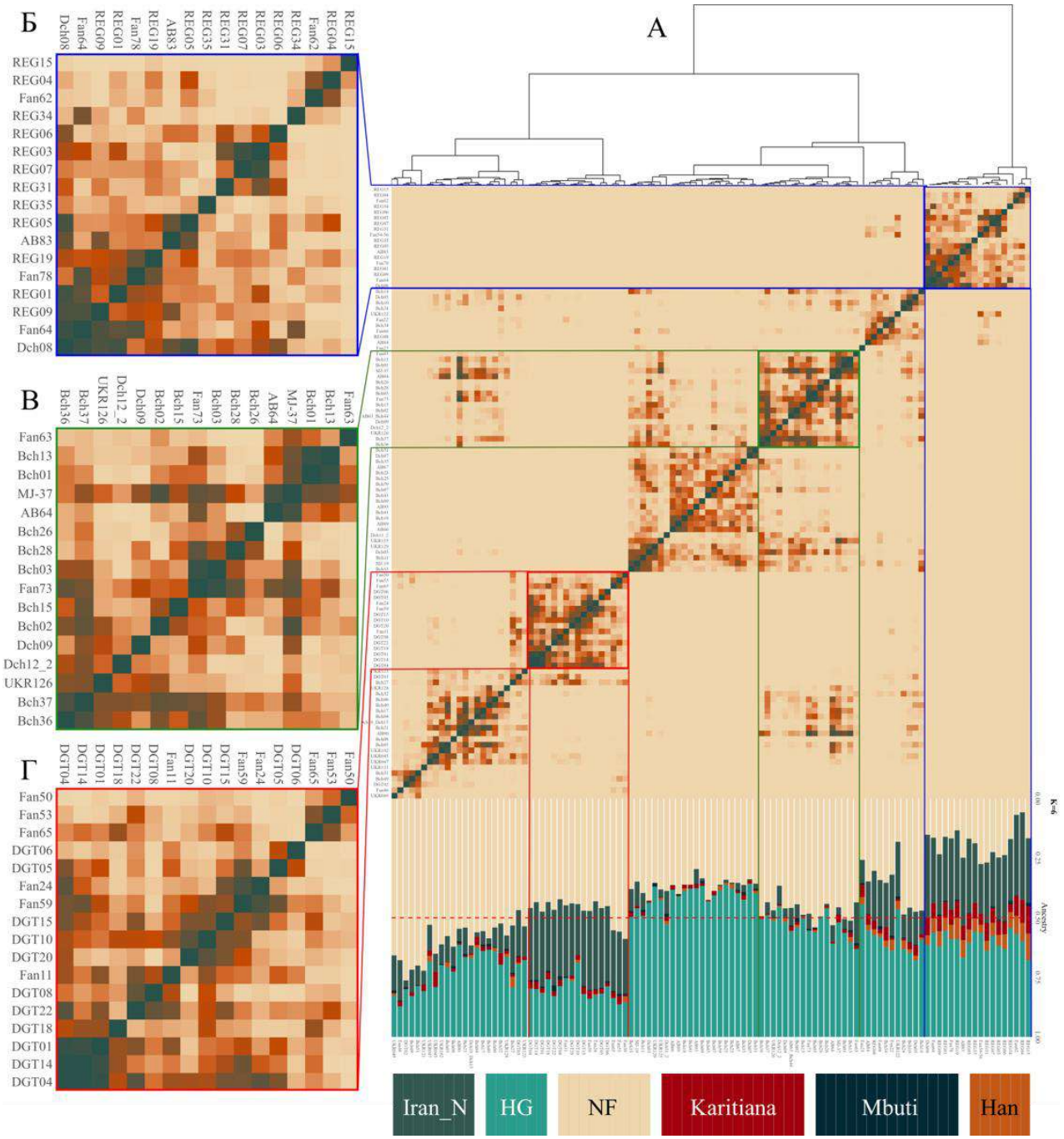


Рисунок 4 – Совместная визуализация результатов кластерного анализа и неконтролируемого ADMIXTURE для обобщённой выборки с обозначениями генетических компонент, максимизированных в иранской неолитической группе с территории памятника Гандж-Даре (Iran_N), группах охотников-собирателей (HG), в выборке неолитических фермеров (NF); в современных популяциях мбути (Mbuti), каритиана (Karitiana) и хань (Han) (А). Приближённая визуализация для индивидов из кластеров Chern_S и BK_S (Б), из кластера Chern_C и индивидов Fan63, Fan73 (В), для представителей группы готов-тетракситов и индивидов из кластера BK_A

Для индивидов Fan63 и Fan73 (носителей греко-варварской культурной традиции из выборки Фанагории) выявлены выраженные генетические связи с кластером Chern_C. При этом у индивида Fan73 обнаружен общий протяжённый IBD-сегмент с черняховским индивидом Bch07 из кластера Chern_N, что указывает на наличие отдалённого родства (рис. 5).

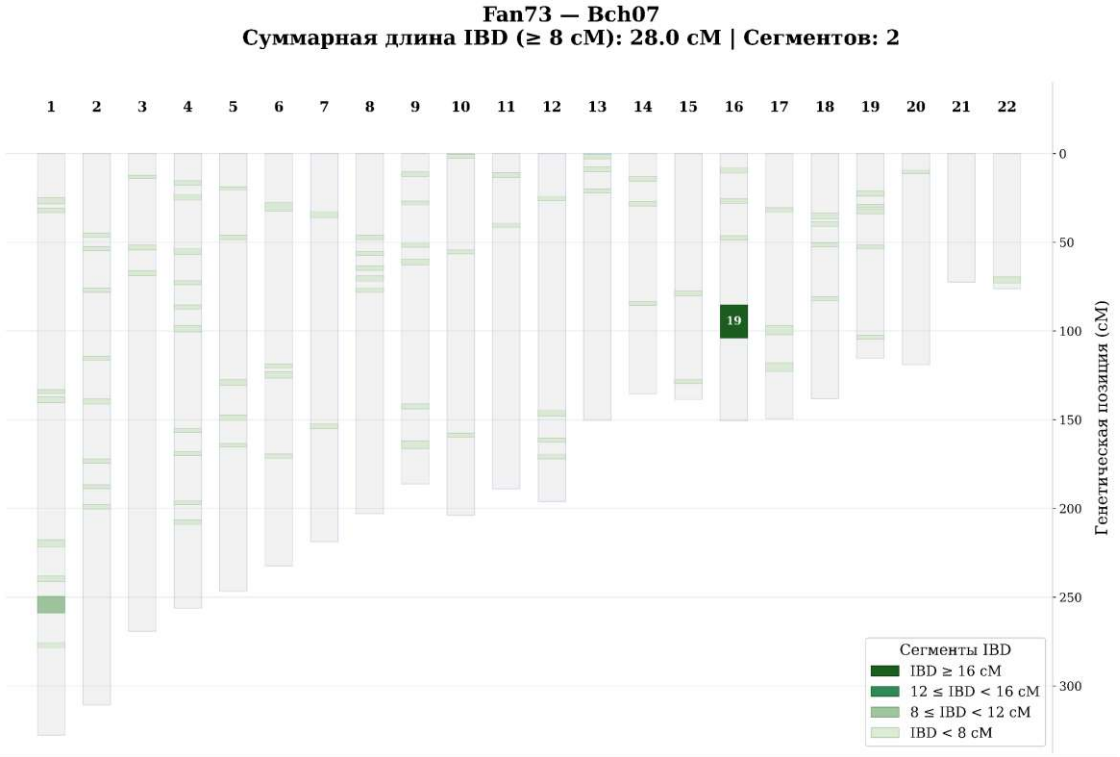


Рисунок 5 – Кариограмма локализации IBD-сегментов на 1–22-й хромосомах пары Fan73-Bch07

Результаты популяционно-генетического анализа, проведённого для отдельных генетических групп черняховской культуры показали следующее:

1. Chern_N – кластер, показывающий генетическое сходство с популяциями северо-центральной части Европы.

Большинство индивидов из данного кластера несут митохондриальные гаплогруппы широкого географического распространения. Однако при рассмотрении объединённой выборки и сравнении пулов однородительских маркеров в каждом отдельном генетическом кластере североевропейские линии сосредоточены в кластере Chern_N.

При проведении F4-анализа данный кластер показывает статистическую неразличимость с группами римского времени с территории современной Дании, а также близок к группам из Швеции и Польши. Последняя представлена группой индивидов вельбаркской культуры, с которой по результатам анализа ancIBD показана генетическая связь (рис. 6)

Для образца AB67 из генетического кластера Chern_N показано полное совпадение митохондриальных последовательностей с индивидом вельбаркской культуры PCA0100 и выявлено наличие общего длинного IBD-сегмента с ним (16.07 cM, общая сумма сегментов 27.75 cM), что говорит о прямом родстве индивидов и указывает на наличие генетического потока из северо-центральной части Европы в ареал существования черняховской культурной общности.

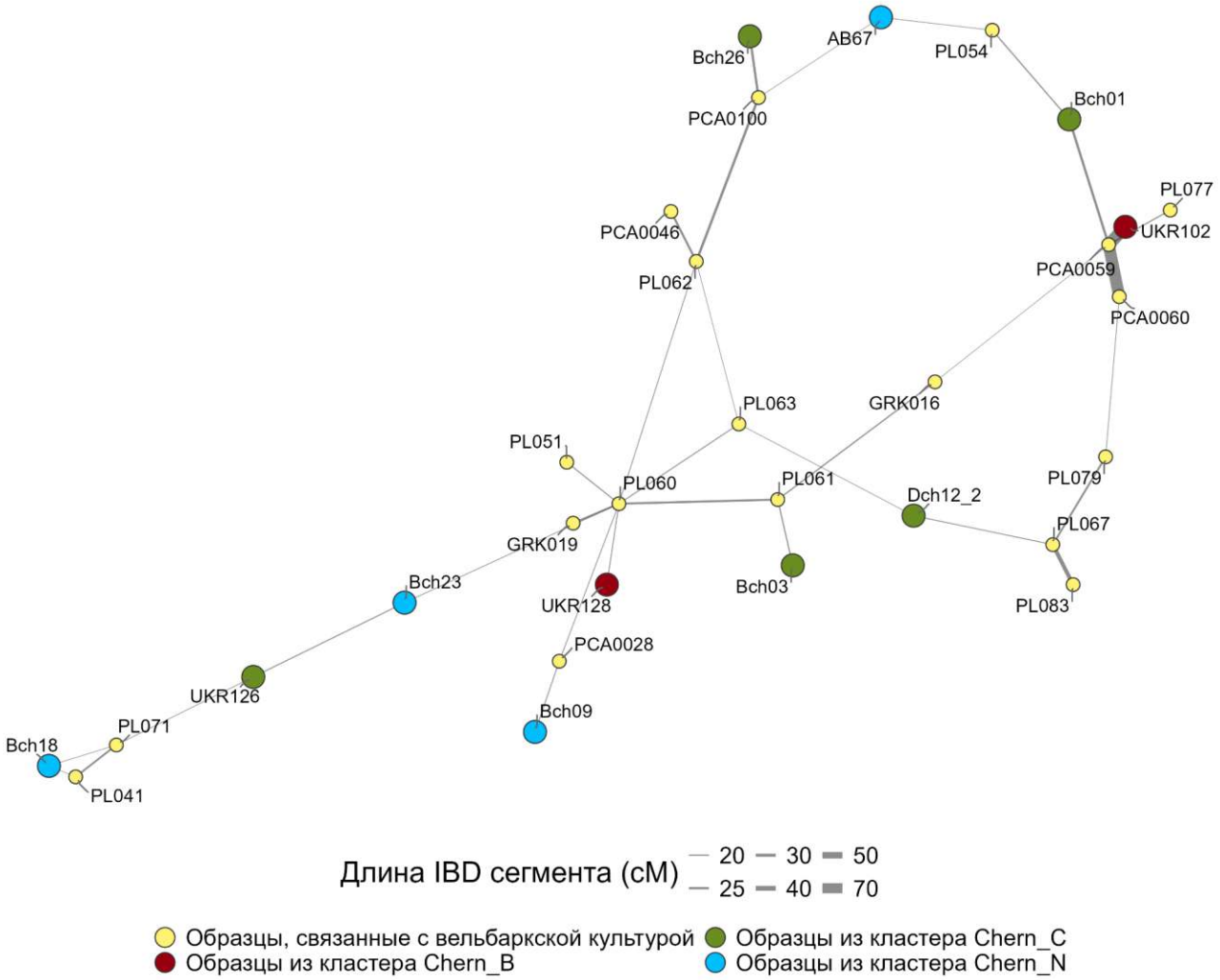


Рисунок 6 – Визуализация сетей связей длинных IBD-сегментов для выборки, включающей индивидов черняховской культуры из генетических кластеров Chern_N, Chern_C и Chern_B, совместно с носителями вельбаркской культурной традиции

2. Chern_B – кластер, демонстрирующий генетическое сходство с популяциями Западной и Центральной Европы бронзового и железного веков при повышенной доле компонента ранних европейских земледельцев (NF).

В данном кластере преобладают митохондриальные линии, характерные для древних и современных южноевропейских групп, при этом выявлены Y-хромосомные линии, характерные для балканских и североевропейских популяций.

Результаты анализа, выполненного с использованием метода mobest, локализуют индивидов с наиболее близким генетическим профилем в полосе Центральной Европы и Среднедунайской низменности с центроидом в альпийско-карпатском предгорье. Для радиоуглеродно датированных образцов Bch21 и UKR102 балкано-дунайский сигнал устойчиво воспроизводится на всех хронологических срезах (рис. 7).

В совокупности с результатами F4-статистик и ADMIXTURE, где фиксируется близость к гальштатским и латенским группам, полученные результаты указывают на формирование профиля Chern_B в рамках западно- и центральноевропейского континуума. При этом в данном кластере также фиксируется родство с индивидами-носителями вельбаркской культуры, что объясняет наличие североевропейских линий в пуле Y-гаплогрупп.

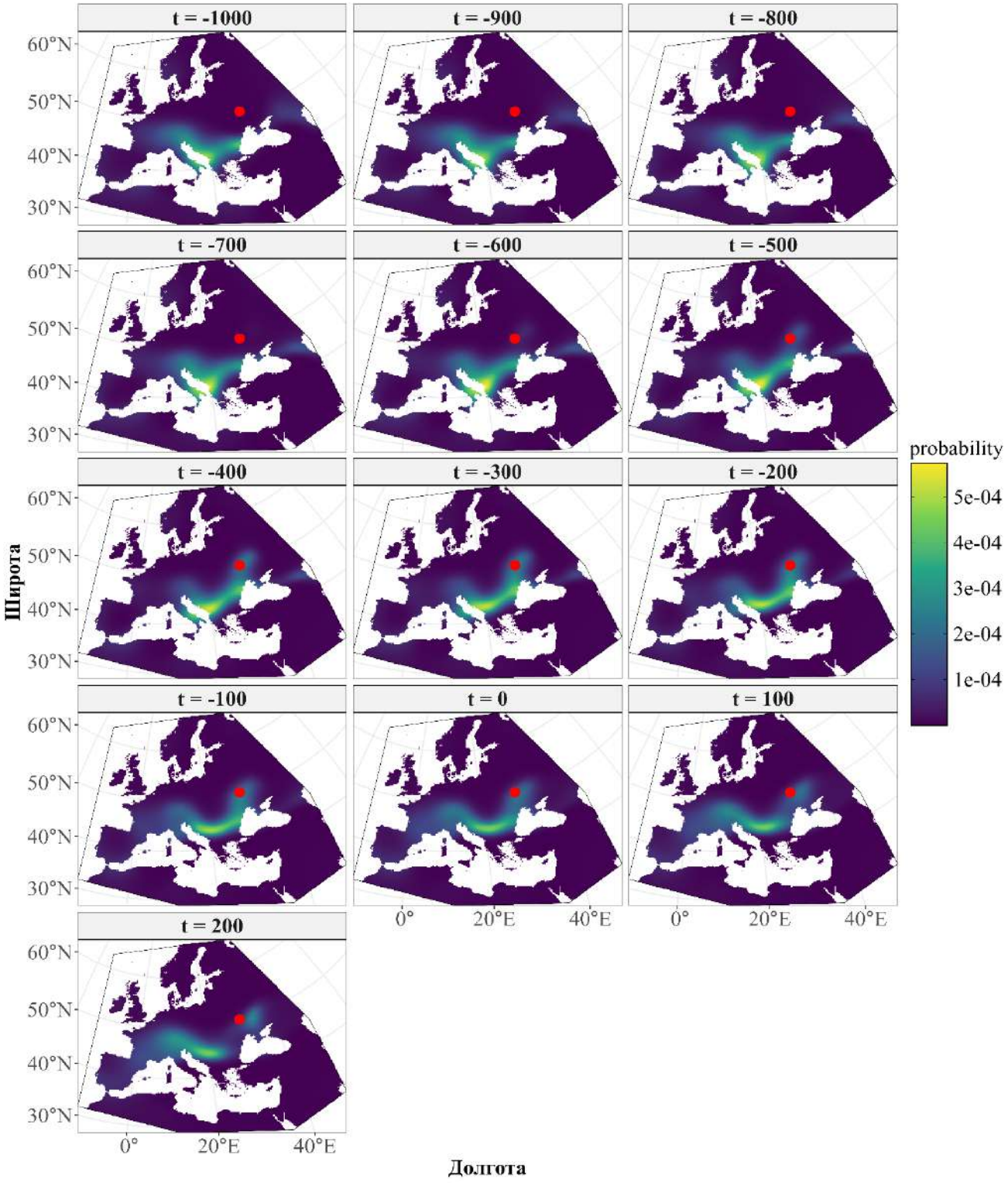


Рисунок 7 – Визуализация результатов анализа mobest в конфигурации «absolute» (search_time = -1000 – 200) для индивида с радиоуглеродным датированием Bch21

3. Chern_C – наиболее многочисленный кластер выборки, занимающий промежуточное положение между Chern_N и Chern_B в пространстве PC.

Однородительские маркеры индивидов кластера относятся к линиям южноевропейского, североевропейского и степного происхождения, а также к линиям, распространённым в современных славянских популяциях. При этом отдельные индивиды имеют идентичные гаплотипы с представителями других кластеров, а пара Dch07 (Chern_N) и Dch09 (Chern_C) является парой родственников третьей степени. Для пар Chern_N–Chern_C и Chern_B–Chern_C не отвергается модель происхождения от общего предка, а результаты анализа F3-outgroup и F4-статистик согласованно располагают три кластера вдоль оси «степной субстрат бронзового века – средиземноморский генетический компонент» с промежуточной позицией Chern_C.

Анализ ancIBD выявил общие протяжённые IBD-сегменты между индивидами Chern_C и Chern_N, а также между индивидами Chern_C и носителями вельбаркской культуры (рис. 6). Кроме того, выявлен общий IBD-сегмент длиной 19.9 cM с индивидом с восточноевропейским генетическим профилем из Сербии римского времени. Совокупность полученных результатов, включая кладальность Chern_C с группой железного века правобережья Днепра при систематическом, хотя и статистически незначимом, отклонении в сторону повышенного сродства Chern_C со средиземноморскими и ближневосточными группами, позволяет рассматривать кластер Chern_C как метисное образование черняховского времени, сформировавшееся на основе локального восточноевропейского субстрата скифского времени с участием южноевропейских и северо-центральноевропейских мигрантов.

4. Chern_S – кластер, статистически неотличимый от группы BK_S и показывающий выраженную генетическую связь со степными популяциями.

Аллельное сходство кластера Chern_S максимально со степными популяциями Северного Причерноморья и Подунавья скифской эпохи (Scy_South, UkrEIA_Scythian_SivDon_Nom, Russia_Sarmatian) и минимально с центральноазиатскими сакскими группами, что указывает на преимущественно понто-каспийский, а не восточноевразиский источник степного компонента.

Анализ ancIBD показывает наличие общих сегментов IBD для ряда образцов из обоих кластеров с индивидами-представителями сарматской культуры от Южного Урала до Прикарпатья, что представляет собой прямое свидетельство участия кочевых групп в формировании черняховского социума (рис. 8)

У образцов из статистически неотличимого кластера BK_S (Fan78 и REG06) выявлены общие IBD-сегменты длиной более 16 cM с представителями скифской культуры Среднего Подонья (DS36, DS65, Scy_Major, ~350 г. до н. э.), что указывает на их генетическую связь. С учётом хронологической дистанции (~600–700 лет) общий IBD-сегмент у пары Fan78–DS36 интерпретируется как фоновый популяционный IBD, отражающий эндогамную структуру степных популяций. В связи с полученными результатами предполагается двухкомпонентная (скифо-сарматская) модель формирования генетических кластеров Chern_S и BK_S.

Группы Chern_MixA и BK_Mix занимают промежуточное положение в пространстве PCA между Chern_S/BK_S и Chern_C и показывают аллельное сродство со степными популяциями. Обнаружение у Chern_MixA IBD-связей с сарматской метапопуляцией (рис. 8) и донскими скифами также указывает на участие степного генетического субстрата в формировании данной группы.

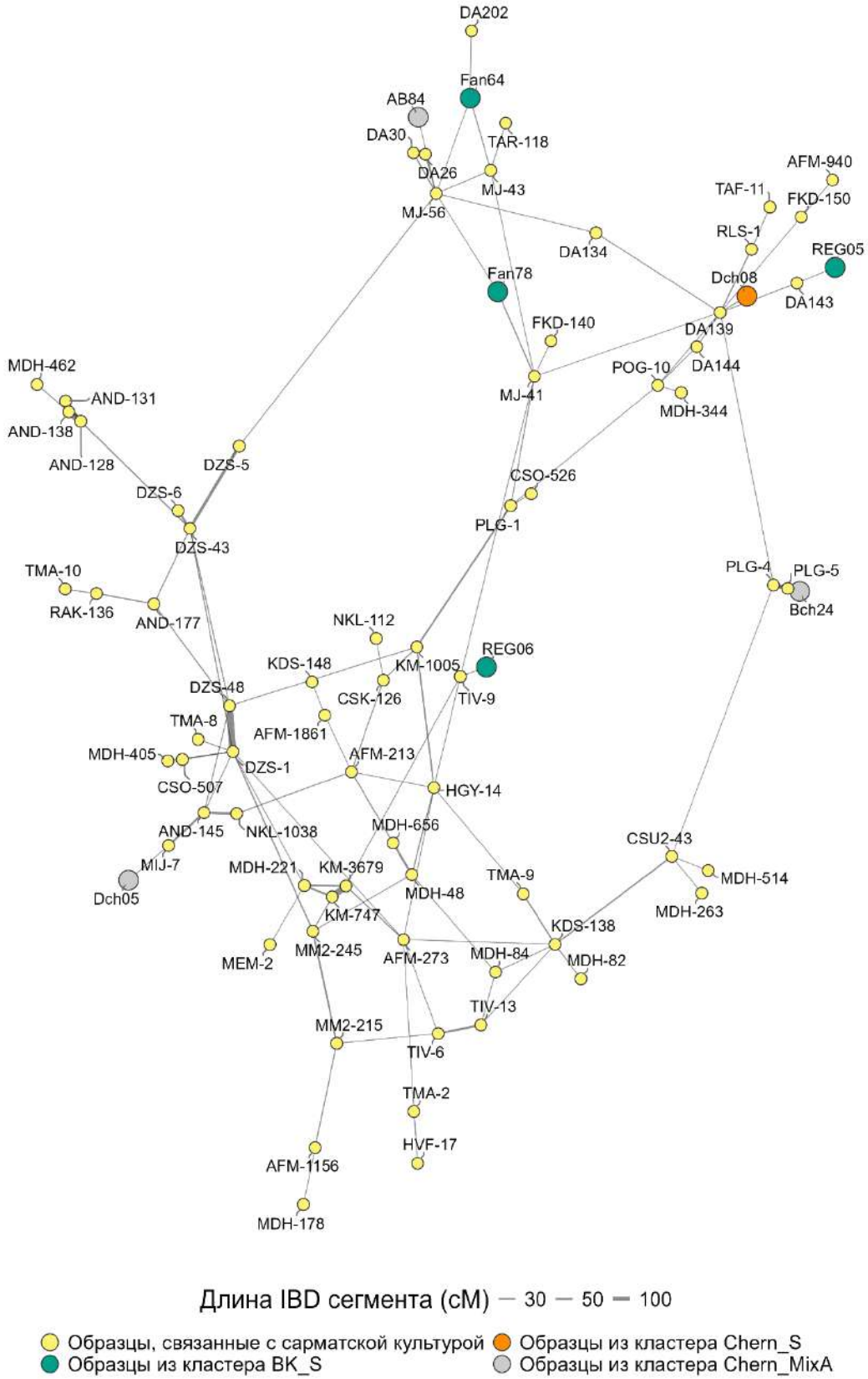


Рисунок 8 – Визуализация сетей связей длинных сегментов IBD для выборки, включающей индивидов черняховской культуры из генетических кластеров Chern_S, BK_S, Chern_MixA и носителей сарматской культурной традиции

5. Chern_J – малый генетический кластер, образующий «южный» конец генетического градиента черняховской выборки и демонстрирующий сходство генетического профиля со средиземноморскими группами (рис. 9).

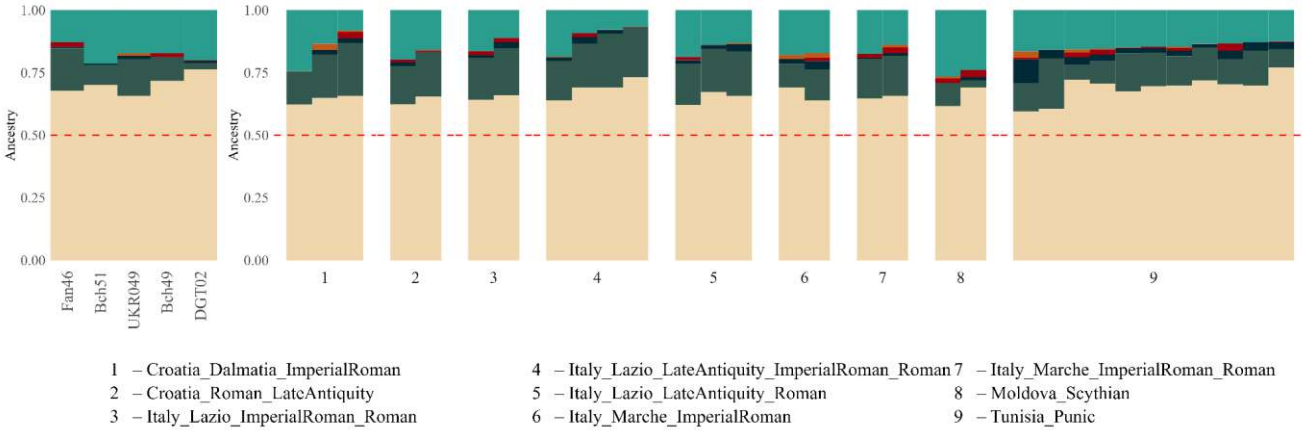


Рисунок 9 – Визуализация результатов анализа ADMIXTURE для группы Chern_J совместно с популяциями железного века и римского времени. Названия групп на рисунке соответствуют номенклатуре, принятой в базе данных AADR v.66.0. Обозначения генетических компонент соответствует рисунку 4

F4-тесты выявляют систематическое смещение Chern_J в сторону средиземноморско-ближневосточного полюса относительно Chern_B и UkrEIA_ThracianHallstatt – группы индивидов с территории современной Украины среднегальштатского периода. При этом индивид UKR049 из ранее опубликованных исследований черняховской культуры, отнесённый в данной работе к кластеру Chern_J, допускает проксимальное моделирование на 100 % из популяции UkrEIA_ThracianHallstatt.

Для черняховской генетической группы Chern_J и индивида Fan46 (Фанагория, классический период) при проведении теста *f4*(Mbuti.DG, X; Chern_J, Fan46) значимых отклонений не выявлено ни в одном из 235 сравнений (все значения в диапазоне $|Z| \leq 2{,}6$). Распределение Z-оценок также не демонстрирует систематических смещений. В контексте исторических событий и хронологического разрыва между носителями черняховской культуры и населением Фанагории классического периода, полученный результат свидетельствует о сближении генетического профиля образца Fan46 с группами Средиземноморья, что косвенно согласуется с его предполагаемой связью с ионийскими группами (переселенцами из материковой Греции в Малую Азию).

6. Dur_C – генетический кластер, выделенный в группе готов-тетракситов.

По результатам F3-outgroup-анализа наибольшее аллельное сходство Dur_C выявлено с популяциями Южной Европы и Средиземноморья; менее выраженные сигналы зафиксированы для групп Центральной Европы и Кавказа. Пространственно-временное моделирование mobest для датированного радиоуглеродным анализом индивида DGT01 локализует максимумы вероятности генетического сходства в группах Закавказья и Восточной Анатолии.

F4-анализ с группами, обладающими сходным генетическим профилем, а также географически и исторически близкими к нему, демонстрирует статистическую неразличимость Dur_C с BK_A, меотами и зарагижскими аланами эпохи переселения народов, что указывает на их принадлежность к единому генетическому континууму (рис. 10). При этом кластер BK_B смещен к средиземноморскому полюсу (вероятно, вследствие дополнительной анатолийской примеси), а Russia_Alan несёт восточноевразийский компонент, отсутствующий у Dur_C. Таким образом, Dur_C занимает промежуточное положение между этими полюсами. Оценка различий с меотской выборкой требует осторожности ввиду её представленности единственным индивидом.

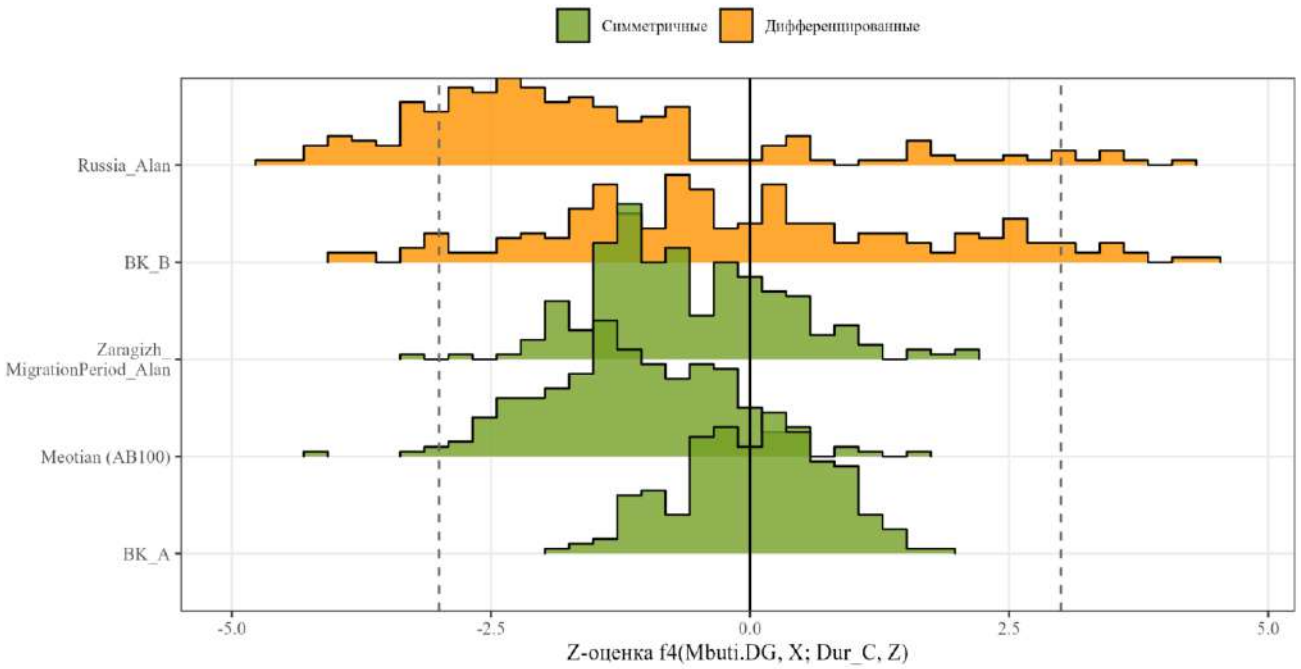


Рисунок 10 – Распределение Z-оценок F4-статистики в конфигурации *f4*(Mbuti.DG,X;Dur_C,Z) при сравнении Dur_C с боспорскими, аланскими и меотской группами. Для каждой группы Z показано распределение результатов по 217 референсным популяциям X. Отрицательные значения указывают на более тесное родство референсной популяции с Dur_C, положительные – на её более тесное родство со сравниваемой группой Z. Сплошная вертикальная линия соответствует нулевому отклонению, пунктирные линии – порогам |Z|=3. Зелёным обозначены группы, классифицированные как симметричные относительно Dur_C, оранжевым - группы с выраженной дифференциацией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое комплексное историко-генетическое исследование направлено на изучение генетической истории населения черняховской культуры в контексте этнокультурных взаимодействий населения Понто-Каспийской степи и сопредельных регионов.

В ходе работы использована антропологическая коллекция костных образцов индивидов, археологически связываемых с черняховской культурой, группой готов-тетракситов и населением Боспорского царства – носителей эллинской и греко-варварской культурных традиций. Применение малодеструктивной методики отбора костного материала, разработанной в рамках диссертационной работы, обеспечило вовлечение в научный оборот ранее недоступных образцов и, соответственно, расширение эмпирической базы популяционно-генетического анализа. Научная значимость полученного материала обусловлена, прежде всего, расширением географического охвата выборки и включением в неё генетического материала из памятников, ранее не представленных или представленных фрагментарно в мировой научной литературе. Итоговый массив геномных данных, полученных в ходе диссертационного исследования, включает генотипы 99 черняховских и 33 боспорских индивидов, а также 16 индивидов, ассоциируемых с готами-тетракситами.

Совокупность результатов анализов, полученных с использованием методов hapROH, ancIBD, PCA, ADMIXTURE, qpWave, F3- и F4-статистик, а также пространственно-временного моделирования генетического сходства методом mobest, указывает на значительную внутреннюю неоднородность черняховской выборки. Эти данные совместимы с представлением о черняховской культурной общности как об открытой социальной среде, включавшей людей с различными генетическими профилями, и согласуются с точкой зрения о её полиэтничном характере. Анализ аутосомных и однородительских маркеров позволил выделить не менее семи

генетически отличных групп, а также выявить выраженные процессы метисации по генетико-географическим линиям Южная Европа – Балтика в рамках одной культурной среды.

Впервые для территории Восточной Европы римского времени выявляется генетически однородная группа (Chern_N), показывающая выраженную генетическую связь с группами Балтийского побережья и с фиксируемым родством с индивидами-носителями вельбаркской культурной традиции. Также в составе черняховской культуры выделены генетические группы, показывающие связь с популяциями балкано-дунайского (Chern_B) и средиземноморско-ближневосточного (Chern_J) регионов. Для группы Chern_J была показана генетическая связь с отдельными индивидами из фанагорийской выборки, что для последних согласуется с историческими данными о длительных контактах Боспора с населением Средиземноморья.

Наиболее многочисленный генетический кластер (Chern_C) в составе черняховской культуры демонстрирует генетическую связь с восточноевропейскими индивидами железного века и средневековья. Вместе с тем для отдельных индивидов из группы установлено генетическое родство с представителями вельбаркской культуры Центральной Европы, а также зафиксирован генетический вклад из популяций балкано-дунайского региона. В совокупности данные обстоятельства позволяют предполагать, что большая часть населения черняховского социума сформировалось на базе восточноевропейских групп с привнесением иных генетических компонент в результате миграционных процессов. Необходимо отметить, что среди индивидов, для которых показана прямая генетическая связь с образцами из группы Chern_C, также присутствуют образцы из Фанагории римского времени.

Помимо этого, среди носителей черняховской культуры были обнаружены индивиды (Chern_S), статистически неотличимые от генетической группы с территории Боспорского царства (BK_S), включающей в себя индивидов IV–III вв. до н.э. из Елизаветовского городища и индивидов I–V вв. н.э. из Фанагории. Для данных групп, а также для индивидов из генетических групп Chern_MixA и Chern_MixB выявлена генетическая связь с сарматской метапопуляцией и скифами Подонья. Полученные данные для вышеперечисленных генетических групп (включая генетический кластер Chern_C) указывают на существование в позднеантичный период генетического потока, вероятно, с территорий распространения черняховских традиций в греко-варварское культурное образование северопричерноморско-кавказского региона.

Генетико-исторический анализ группы, относимой по археологическим данным к локальному северопричерноморскому варианту восточногерманских групп – готам-тетракситам, выявил на основе анализа аутосомных маркеров выраженную генетическую связь с населением Боспорского царства, тогда как отчётливых признаков родства с индивидами черняховской общности зафиксировано не было. Выявленное сходство пула материнских линий в выборках носителей черняховской культуры и готов-тетракситов может отражать общую, в более отдалённом прошлом, генетическую историю обеих групп с популяциями Понто-Каспийской степи. Полученные результаты позволяют рассматривать готов-тетракситов с выраженным восточногерманским культурным компонентом в контексте генетической преемственности от местного причерноморско-кавказского населения в условиях генетической изоляции.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты свидетельствуют о том, что население Понто-Каспийского региона в период IV в. до н.э. – IX в. н.э. не представляло собой совокупность изолированных и культурно замкнутых групп. Оно характеризовалось сложными разнонаправленными связями, формировавшимися в зоне взаимодействия населения Северной Европы, Средиземноморья, Кавказа и евразийских степей, в том числе внутри ареала черняховской культуры.

Однако выборки из Фанагории и Дюрсо, введённые в анализ в рамках настоящего диссертационного исследования и демонстрирующие генетическую неоднородность населения, в настоящее время ограничены и нуждаются в расширении для более достоверной интерпретации результатов. Открытым остаётся и вопрос о возможном генетическом вкладе индивидов из черняховской культурной общности в формирование славянских культурных групп. Отдельные результаты, представленные в диссертации, могут указывать на существование связи между двумя историческими группами, однако не позволяют дать однозначный ответ. Отчасти данная

проблема обусловлена малой репрезентативностью групп, которые по историко-археологическому контексту достоверно принадлежат раннеславянскому культурному кругу, в современных базах данных, что определяет задачу формирования выборки представителей раннего славянства.

ВЫВОДЫ

1. Сформирована коллекция образцов геномной ДНК из антропологической выборки представителей населения Причерноморско-Каспийской степи, включающей носителей черняховской культуры, готов-тетракситов и жителей Боспорского царства. Показана гетерогенная генетическая структура населения этого региона IV в. до н.э. - IX в. н.э.
2. Получены геномные данные для 99 носителей черняховской культуры из 18 археологических памятников, что впервые покрывает весь ареал черняховской культурной общности и восполняет пробел в информации о генофонде населения степной и лесостепной зоны Восточной Европы позднеримского времени.
3. Получены генетические доказательства исторической гипотезы о полиэтничности населения черняховской культуры на всем её ареале. Показано, что население черняховской культуры представляло собой открытую систему, интегрировавшую индивидов, генетически близких к группам северо-центральноевропейского, балкано-дунайского, средиземноморского и степного происхождения.
4. Обнаружены прямые генетические связи представителей черняховской культуры с носителями вельбаркской культурной традиции, сарматской метапопуляцией и скифами Подонья.
5. Выявлена генетическая связь ряда представителей черняховской культуры с индивидами памятников Боспорского царства (Фанагория и Елизаветовское городище), что указывает на генетическую преемственность части населения Понто-Каспийской степи на протяжении девяти веков.
6. Единичные генетические связи между носителями черняховской культуры и представителями восточнославянских групп указывают на вероятную общность происхождения части черняховского населения и восточных славян.
7. Не выявлено генетической общности готов-тетракситов с представителями черняховской культуры, при этом выявлена генетическая связь готов-тетракситов с частью населения Боспорского царства, представляющей автохтонное древнее население Северного Кавказа

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

1. **Рождественских Е. В.,** Андреева Т. В., Малярчук, А. Б., Адрианова И. Ю., Ходырева Д. С., Евтеев А. А., Бужилова А. П., Рогаев Е. И. Митогеномный анализ представителя черняховской культуры в Среднем Поднестровье и его генетическая связь со славянами в контексте палеоантропологических данных // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2025. – Т. 29, № 5. – С. 722-731. – DOI: 10.18699/vjgb-25-79
2. **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. – DOI: 10.55959/MSU2074-8132-26-3-05
3. **Рождественских Е. В.,** Андреева Т. В., Кунижева С. С., Манахов А. Д., Гашева М. С., Радюш О. А., Решетова И. К., Добровольская М. В., Рогаев Е. И Генетический анализ представителя воинской знати из могильника черняховской культуры Дальний (Выдрин) в Курской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2026. – Т. 30, № 6. – С. 955–963. – DOI: 10.18699/vjgb-26-96

Дополнительные публикации по теме исследования

1. **Рождественских Е. В.,** Манахов А. Д., Андреева Т. В., Кунижева С. С., Малярчук А. Б., Быданов А. С., Савинецкий А. Б., Крылович О. А., Добровольская М. В., Бужилова А. П., Макаров Н. А., Рогаев Е. И. Юноша с хорьком из средневекового могильника Минино на Кубенском озере: археогенетическая идентификация // Краткие сообщения Института археологии. – 2024. – № 274. – С. 348–368. – DOI: 10.25681/IARAS.0130-2620.274.348-368
2. **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. Историческая генетика Фанагории: геномный анализ людей из эллинистического склепа // Краткие сообщения Института археологии. - 2026. - № 282. - С. 309-324. - DOI: 10.25681/IARAS.0130-2620.282.309-324

Материалы диссертационной работы были представлены на следующей конференции:

1. **Рождественских Е. В**. Геномика представителей черняховской культуры с территории Курской области / VII Всероссийский Археологический Съезд / Красноярск. 06-10.10.2025.