Генетический анализ представителей трипольской культуры из пещеры Вертеба (Тернопольская обл., Украина)

На youtube канале «Археология, история, генетика — исследования» опубликован видеоматериал **по статье о генетическом анализе древних людей из пещеры Вертеба в Украине, представляющих трипольскую культуру. Ниже Вы можете познакомиться с текстовым вариантом этой работы, который специально для сайта прислал автор ролика и создатель канала Александр Личман.**

Введение

Процесс неолитизации в Европе привел к серьёзным технологическим и культурным сдвигам, которые включали в себя новые методы ведения хозяйства. Существуют две основные группы моделей, которые объясняют процесс неолитизации. Модели демической диффузии описывают неолитизацию как процесс колонизации земледельцами, который был движим экспоненциальным ростом населения, характерным для неолита. Вторая группа моделей – аккультурации – описывает процесс, в котором, по крайней мере, переход к земледелию мог практиковаться местными охотниками-собирателями после периода (той или иной продолжительности) взаимодействия с соседними, пришлыми земледельцами.

Последние генетические данные показывают, что неолитизация Северо-Западной Анатолии, Эгейского бассейна и через Дунайский коридор происходила, главным образом, за счет демической диффузии, т.е. миграции населения. Анатолийские земледельцы достигли Балкан и других регионов Юго-Восточной Европы в седьмом тысячелетии до нашей эры и впоследствии распространились дальше через Средиземное море, а затем через Дунайский коридор, существенно вытеснив коренное мезолитическое европейское население.

Gronenborn/Horejs/Börner/Ober 2021.2 (RGZM/ÖAI)

В отличие от Центральной Европы, области Восточной Европы, включая Украину, Молдову, Западную Россию и Румынию, не занимались сельским хозяйством до позднего неолита (~ 4500 г. до н. э.), хотя различные оседлые и полуоседлые группы охотников-собирателей этих регионов начали использовать глиняную посуду еще в 8500 г. до н. э.

Археологическая общность Триполье-Кукутень представляет собой группу нескольких взаимосвязанных археологических культур среднего неолита/энеолита на территории ряда областей современных Украины, Молдовы и Румынии. Этот комплекс простирается от Южных Карпат до Днепра и назван в честь типовых памятников Кукутень в Яссы (Румыния) и Триполье (Обуховский район Киевской области). Культуры Кукутень и Триполье имеют общие корни в культуре Прекукутень; самые ранние стоянки археологической общности Триполье-Кукутень обнаружены в предгорьях Карпат, а самые ранние радиоуглеродные даты (от периода Прекукутень II) относятся примерно к 4800 г. до н.э. Археологическая общность Триполье-Кукутень возникла в результате взаимодействия нескольких дунайских неолитических групп, о чем свидетельствует сходство в строительстве домов, керамических стилях и производстве каменных артефактов.

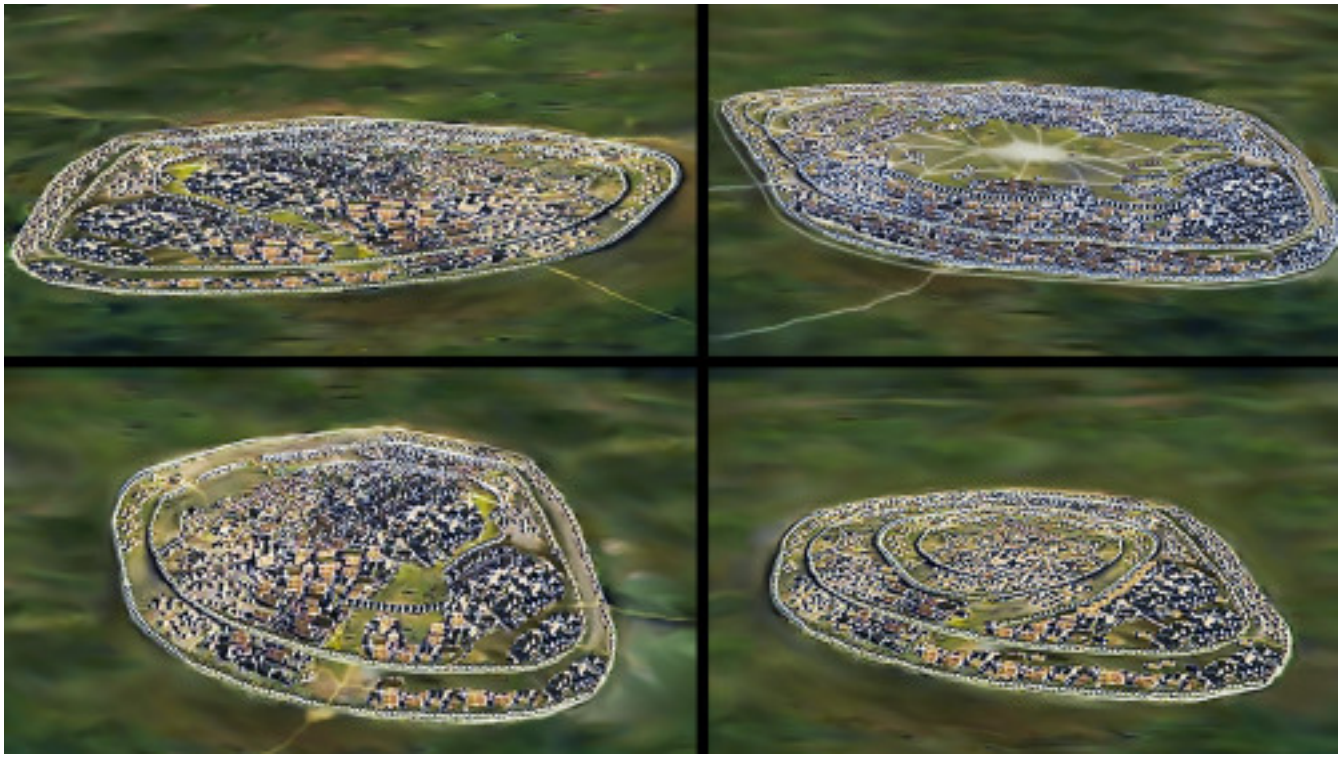
Хронология трипольской культуры в Украине по Рассамакину и Менотти (2011).

Фаза	Датировка
A	5100/5000–4700/4600 гг. до н. э.
BI	4700/4600–4400/4300 гг. до н. э.
BI/II	4400/4300–4200/4100 гг. до н. э.
BII	4200/4100–3900 гг. до н. э.
CI	3900–3450/3350 гг. до н. э.
CII	3450/3300–3000/2900 гг. до н. э.

Rassamakin, Y., & Menotti, F. (2011). Chronological Development of the Tripolye Culture Giant-Settlement of Talianki (Ukraine): 14C Dating vs. Pottery Typology. Radiocarbon, 53(4), 645-657. doi:10.1017/S0033822200039102

После возникновения этого культурного комплекса в Карпатском предгорье археологическая общность Триполье-Кукутень расширяла свой ареал и в конечном итоге заняла территорию, охватывающую большую часть современных территорий Украины, Молдовы и Румынии. Первые раннетрипольские (Триполье А) стоянки отошли от культуры Прекукутень ~ 4500 г. до н. э. в долине реки Днестр. Более поздние перемещения населения, происходящие со среднего периода (Триполье BI) и далее, привели к тому, что трипольская культура распространилась на Волынь на западе и Днепр на востоке. Считается, что эта территориальная экспансия была вызвана в первую очередь демографическим ростом, связанным с успешной стратегией земледелия и животноводства, с поиском новых пахотных земель для возделывания. Однако некоторый рост населения мог быть результатом включения в состав трипольцев местных групп охотников-собирателей, например, представителей буго-днестровской культуры. Другим каналом увеличения населения могла быть аккультурация переселенцев после краха неолита в Румынии, Венгрии и Болгарии.

В средние и поздние периоды трипольской культуры (Триполье от BII до CI; 4100–3400 гг. до н. э.) некоторые группы трипольской культуры основали чрезвычайно крупные поселения в Центральной Украине, которые достигли размеров 100–320 га. Быстрый демографический рост трипольцев на рубеже 4 тысячелетия до н. э. потребовал освоения новых территорий, ускорив миграцию в ранее периферийные районы. Гипотезы возникновения мегапоселений разнообразны. Они могли быть защитным ответом на угрозы, исходящие от степных скотоводов или же от конкурирующих популяций внутри самой археологической общности Триполье-Кукутень. Они могли и просто быть временным эпизодом компактного скопления поселений из-за крупномасштабной миграции из Приднестровья.


Трипольские мегапоселения

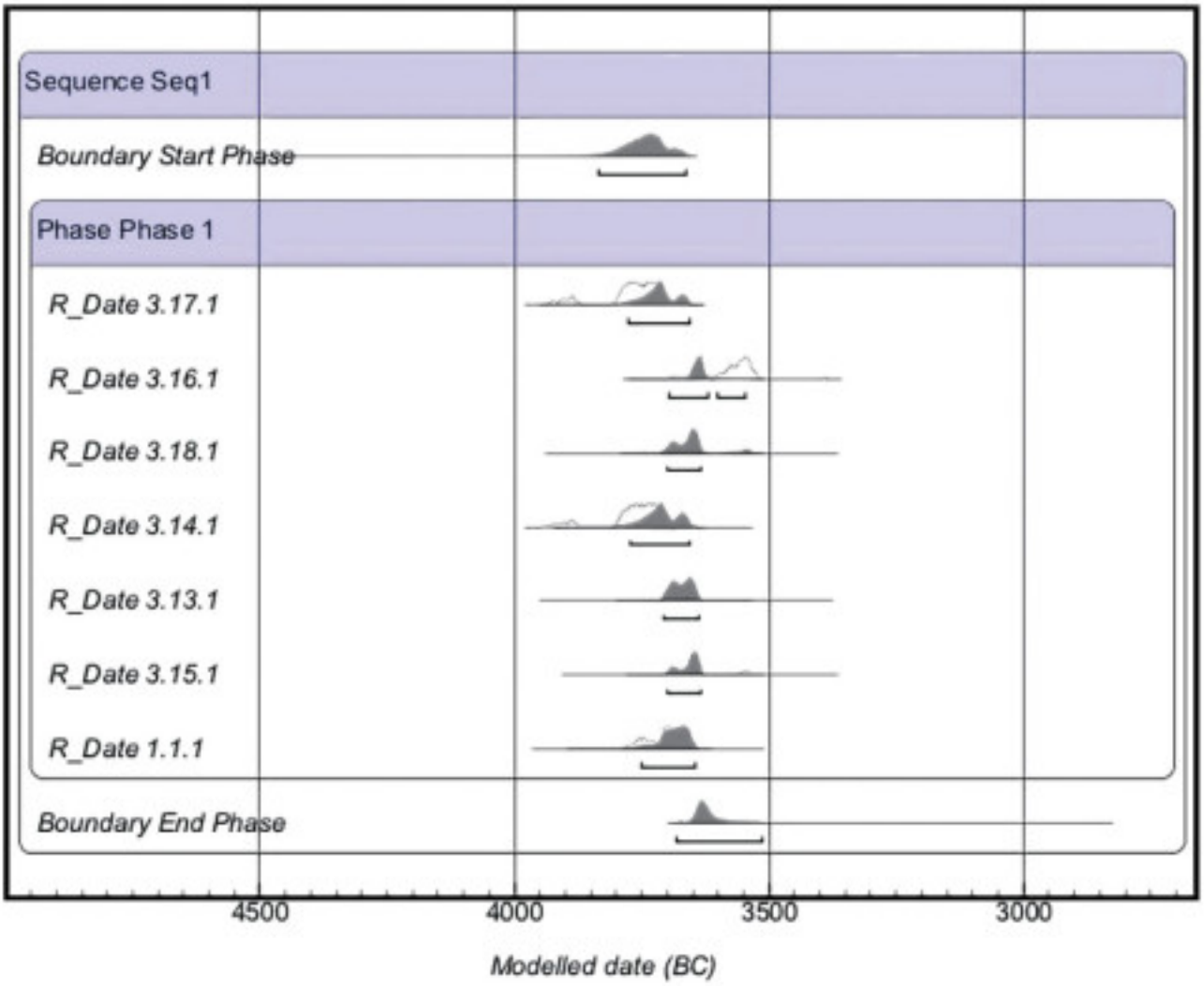
Однако, несмотря на высокую плотность поселений в Западной и Центральной Украине, здесь обнаружено крайне мало захоронений. Лишь несколько кладбищ позднетрипольского периода были раскопаны в 1960-х и 1970-х годах, например, Чапаевка на территории Украины и Выхватинцы в Приднестровье. Хотя эти памятники дают некоторое представление о погребальных обрядах трипольцев, они ограничены по временному охвату и не подвергались современным лабораторным исследованиям.

> **Пример по могильнику в Выхватинцах:**
>
> Положение скелетов в могилах различно — наряду с преобладающими погребениями в скорченном положении на левом или на правом боку отмечено также несколько случаев погребений на спине, с согнутыми и поднятыми в коленях ногами. Ориентировка довольно устойчива — наибольшее число погребенных положено головой на северо-восток, с небольшим отклонением к востоку. В погребальном инвентаре численно преобладает керамика, представленная двумя типами: сосудами из розовой глиняной массы, украшенными черной и красной росписью; и нерасписными сосудами слабого обжига, орнаментированными веревочными оттисками. Формы и стиль росписи керамики — типичные для позднего Триполья. Число сосудов в погребениях различно — от 1 до 8, чаще — 2-5. Помимо керамики, в мужских погребениях обнаружены роговые мотыги, кремневые вкладыши для серпов, костяные шила, а также каменный топор, кремневый нож, медное шило, глиняная и костяная антропоморфные статуэтки. Женские погребения сопровождались в основном сосудами, лишь в одном были найдены два пряслица и раковина. Выделяется своеобразием инвентарь детских погребений. Кроме сосудов, здесь были найдены антропоморфные глиняные погремушки; антропоморфные женские статуэтки были положены также главным образом в детские могилы. Помимо этого, обнаружены пряслица, бусы из раковин, кремневые отщепы, пластины, костяное шило.
>
> *М. С. Великанова «Палеоантропология Прутскоднестровского междуречья» (Издательство «Наука», 1975 г)*

Чтобы лучше понять происхождение, связи и разнообразие населения археологической общности Триполье-Кукутень, авторы исследовали палеоантропологические образцы из трех камер на участке пещеры Вертеба в Тернопольской области Украины — одном из немногих мест, где они обнаружены.

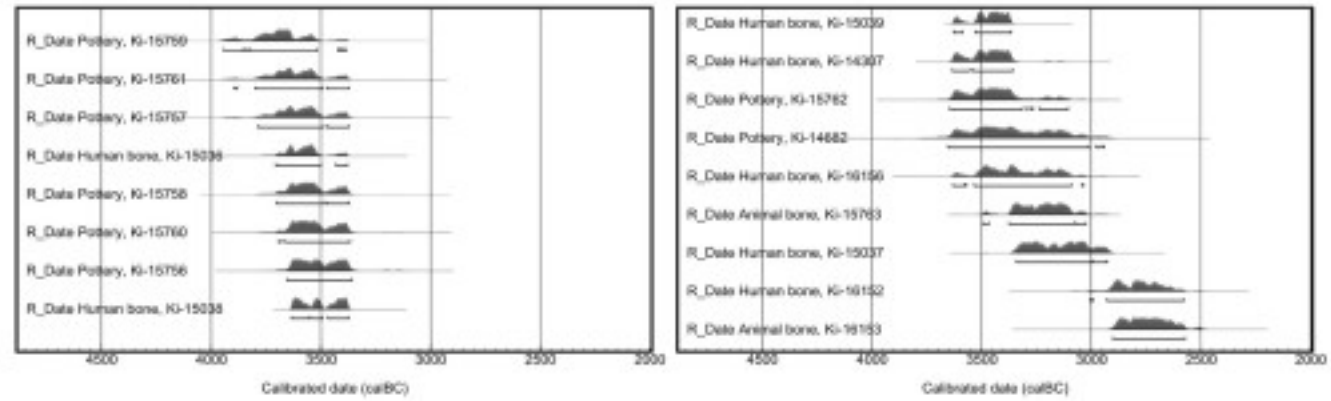
Фото: Педагог Светлана — CC BY-SA 4.0, commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=92007799

Результаты исследования методами масс-спектрометрии углерода-14 из останков людей и фауны указывают на присутствие трипольцев в пещере Вертеба в интервале между 3950 и 3520 гг. до н. э.



Lillie, M., Budd, C. E., Potekhina, I., Price, T. D., Sokhatsky, M., & Nikitin, A. G. (2017). First isotope analysis and new radiocarbon dating of Trypillia (Tripolye) farmers from Verteba Cave, Biche Zolote, Ukraine. Documenta Praehistorica, 44, 306–324. doi.org/10.4312p.44.18

По характеру керамических комплексов, присутствующих в пещере, и результатам жидкостно-сцинтилляционного метода анализа углерода-14 с более низким разрешением можно предположить, что заселение продолжалось в течение некоторого времени в период позднего Триполья (CII) и перехода к раннему бронзовому веку.



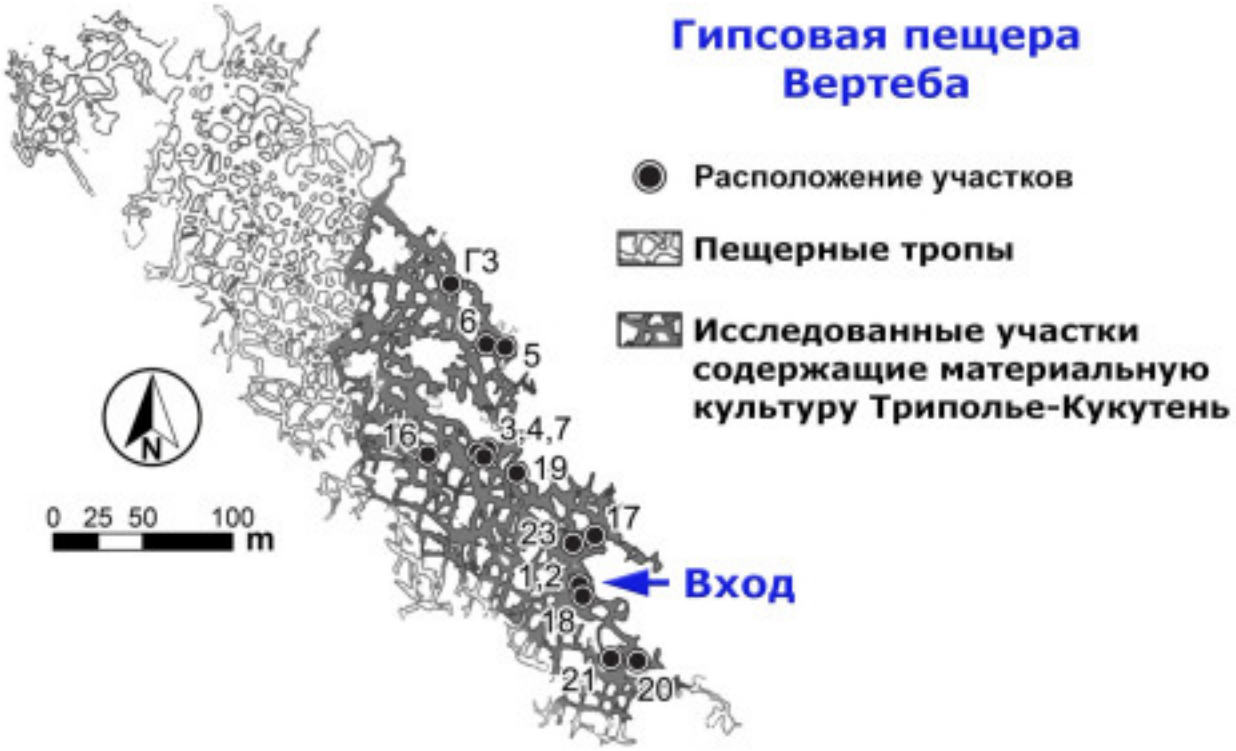
Alexey G. Nikitin, Mykhailo P. Sokhatsky, Mykola M. Kovaliukh, Mykhailo Y. Videiko: Comprehensive Site Chronology and Ancient Mitochondrial DNA Analysis from Verteba Cave -a Trypillian Culture Site of Eneolithic Ukraine

Помимо этого, масс-спектрометрия также выявила отложения в разных местах пещеры, относящиеся к мезолиту (7950–7490 гг. до н. э.), бронзовому веку, железному веку и средневековью.

Site	L/F	Lab #	Sample #	Taxon	Element	Age	Fraction modern	^{14}C (BP)	2σ date	
7	F.7A	OS-115766	C14-VC10	*Lepus europaeus*	Thoracic vertebra	A	0.54	5000 ± 25	3946–3774	cal BC
7	L.6	OS-115767	C14-VC04	*Bos primigenius*	Sacrum	A	0.35	8490 ± 45	7591–7497	cal BC
7	L.4	CC-167138	C15-VC08	*Homo sapiens*	Proximal phalanx	A	0.53	5040 ± 25	3930–3877 (18%) 3805–3707 (81%)	cal BC
7	L.5	CC-167136	C15-VC07	*Homo sapiens*	Zygomatic	A	0.34	8765 ± 30	7955–7705 (98%) 7697–7681 (2%)	cal BC
16	L.1	CC-165564	C15-VC02	*Canis familiaris*	Scapula	A	0.54	4965 ± 20	3790–3695	cal BC
17	Ob.	CC-165566	C15-VC04	*Canis familiaris*	Femur	A	0.74	2460 ± 15	754–681 (44%) 670–609 (23%) 595–481 (34%) 442–434 (1%)	cal AD
18	Sf.			*Equus sp.*	Distal phalanx	S	—	—	—no result—	
19	L.1	CC-165565	C15-VC03	*Gallus gallus*	Humerus	A	0.93	585 ± 15	1311–1359 (72%) 1387–1408 (28%)	cal AD
20	Ob.	CC-167136	C15-VC06	*Sus scrofa domesticus*	Maxilla	A	0.54	4965 ± 25	3793–3693 (95%) 3682–3664 (5%)	cal BC
20	L.1	CC-169197	C16-VC15	*Gallus gallus*	Innominate	A		–2470 ± 20	modern	
20	L.1			Caprine	Femur	A	—	—	—no result—	
20	L.2			Caprine	Femur	A	—	—	—no result—	
20	L.2	CC-169199	C15-VC13	*Homo sapiens*	4th metacarpal	A	0.54	4900 ± 20	3704–3648	cal BC
20	L.6	CC-167135	C15-VC05	*Sus scrofa domesticus*	Maxilla	A	0.54	4955 ± 25	3784–3688 (89%) 3686–3661 (11%)	cal BC
23	L.1	CC-169198	C16-VC11	*Emys orbicularis*	Plastron	A	0.53	5065 ± 20	3949–3891 (38%) 3884–3798 (62%)	cal BC
Г3	Sf.	CC-167139	C15-VC09	*Homo sapiens*	Parietal	A	0.85	1315 ± 25	656–780 (76%) 741–766 (24%)	cal AD
Г3	L.1	CC-169196	C16-VC17	*Canis familaris*	Metapodial	A	0.73	2505 ± 20	778–730 (22%) 692–659 (17%) 651–543 (61%)	cal BC
Г3	L.3	CC-169195	C16-VC12	*Homo sapiens*	2nd metacarpal	A	0.54	4900 ± 20	3704–3648	cal BC

Ledogar, S., Karsten, J., Madden, G., Schmidt, R., Sokohatskyi, M., & Feranec, R. (2019). New AMS Dates for Verteba Cave and Stable Isotope Evidence of Human Diet in The Holocene Forest-Steppe, Ukraine. Radiocarbon, 61(1), 141-158. doi:10.1017/RDC.2018.52

Останки людей были извлечены из трех отдельных камер пещеры: участок 7, участок 17 и участок 20. Каждая из этих камер содержит материальную культуру, соответствующую археологической общности Триполье-Кукутень.



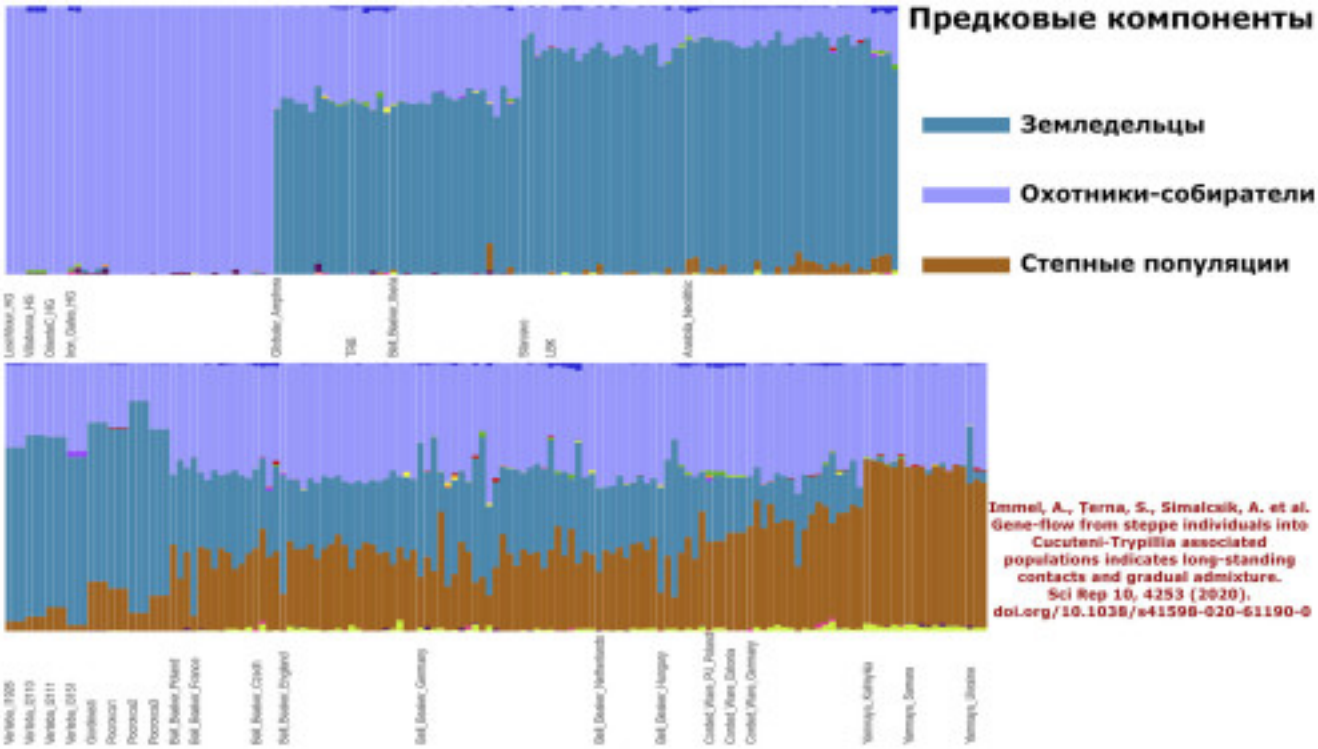
Однако захоронения в пещере носят вторичный характер, а нарушения, вызванные деятельностью человека в древности и процессом перемешивания останков животными или растениями, усложняют реконструкцию использования пещеры и хронологии. Большинство изученных образцов в этом исследовании происходят из участка 7, который был подробно задокументирован с помощью анализа керамики и радиоуглеродного датирования, причем пик использования этого участка древним населением датируется периодами CI и CII трипольской периодизации (~ 3900-3350 гг. до н. э.).

Интерпретации использования пещеры разнообразны: в качестве временного убежища, места проведения ритуалов или же погребения. Имеются дополнительные сведения, подтверждающие гипотезу о жертвах конфликтов или же человеческих жертвоприношений.

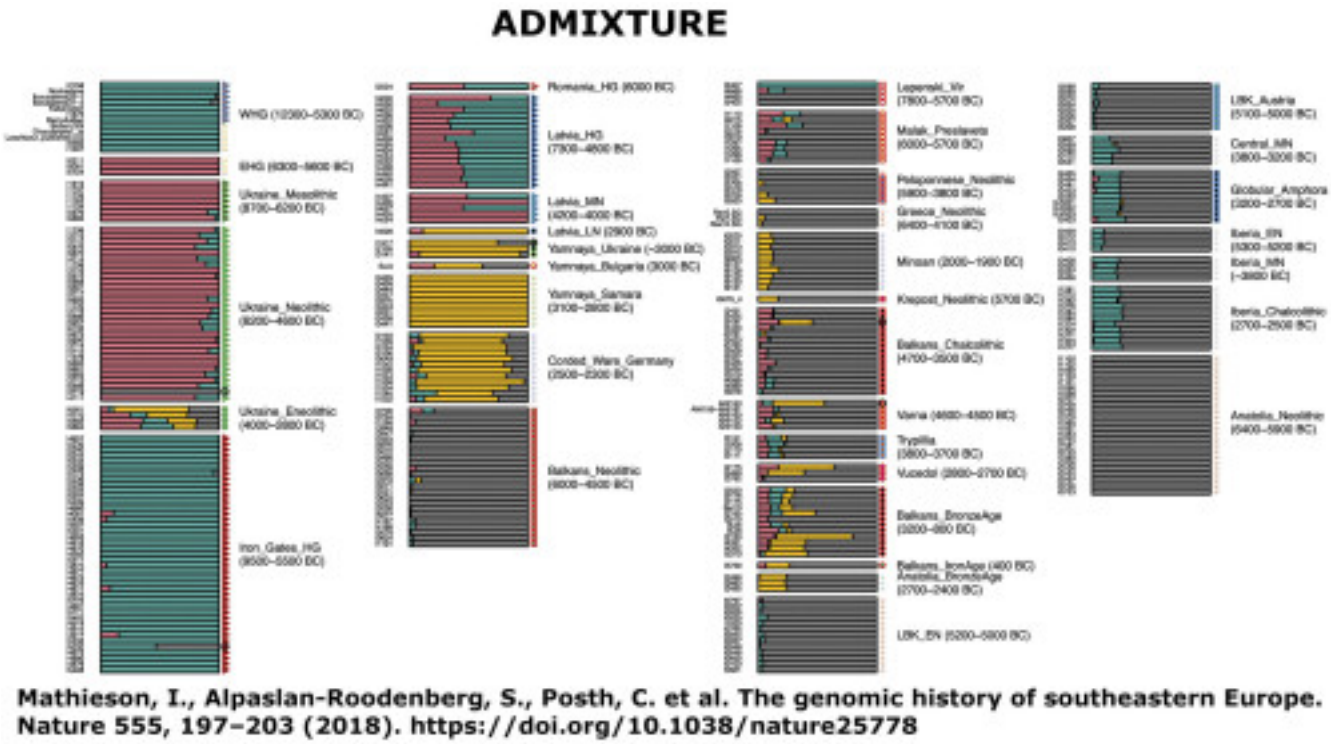
Палеогенетика трипольской популяции до сих пор включила анализ однородительских маркеров мтДНК и полногеномный анализ 8 представителей трипольской культуры.

Митохондриальные гаплогруппы, типичные для древних евразийских земледельческих групп (H, HV, T, K, J), выявлены у образцов из всех трех камер пещеры. В одной из камер обнаружена гаплогруппа W, характерная для степных популяций, связанных с культурами шнуровой керамики и унетицкой культуры Среднего Поволжья.

Полногеномный анализ представителей археологической общности Триполье-Кукутень показал, что предковые генетические компоненты преимущественно (60–80%) относятся к ранненеолитическим земледельческим группам, подтверждая, что ранние земледельцы, заселившие Западную и Центральную Украину, в значительной степени происходили из той же исходной популяции, что и земледельцы Анатолии и Западной Европы. Оставшиеся 40-20% предковых компонент определены с меньшей достоверностью.



Авторы работы 2018 г. [Mathieson et al. https://doi.org/10.1038/nature25778] показали, что этот наследственный генетический компонент присутствовал у западных и восточных охотников-собирателей, населявших этот регион в эпоху неолита.



Полногеномные данные четырех человек, происходящих из двух разных памятников на севере Молдовы (поздний трипольский период, 3500–3100 гг. до н. э., то есть на пять столетий моложе пещеры Вертеба), выявили у них значительный вклад степного населения (хотя и в разных пропорциях). Это может быть объяснено постепенной ассимиляцией местных мезолитических и неолитических групп охотников и собирателей трипольским населением, жившем на территории современной Молдовы и Приднестровья.

Сводная информация об образцах позднего периода трипольской культуры из Молдовы

Sample	Anthropological data	Calibrated years BCE	Genetic sex	mtDNA haplogroup
Gordinești	child 9 yo	3482–3197	F	U4a1
Pocrovca 1	woman 20–25 yo	3364–3138	F	K1a1
Pocrovca 2	woman 35–40 yo	3366–3135	F	T2c1d1
Pocrovca 3	woman 60–65 yo	3341–3114	F	T1a

Immel, A., Țerna, S., Simalcsik, A. et al.
Gene-flow from steppe individuals into Cucuteni-Trypillia associated populations indicates long-standing contacts and gradual admixture.
Sci Rep 10, 4253 (2020). https://doi.org/10.1038/s41598-020-61190-0

Ареал трипольцев расположен таким образом, что они контактировали как с центральноевропейскими, так и со степными популяциями. Археологические свидетельства взаимодействия с населением степей обнаруживаются в обожженной глиняной посуде. Некоторые из них выглядят почти идентично керамике, найденной в степях, в то время как другая керамика сочетает обжиг с декоративными мотивами трипольцев. Обнаружены и символические предметы, находящиеся под влиянием или непосредственно импортированные из степных сообществ. Например, каменные булавы обнаружены на некоторых стоянках среднего и позднего Триполья, а обмен глиняной посудой очевиден уже в Триполье BII.

Несомненно, существовала определенная степень взаимодействия между трипольским населением и днепро-донецкой культурой, в то время как взаимодействие трипольской культуры и последующей ямной, вероятно, было очень кратким.

Тем не менее, некоторые трипольские популяции, вероятно, находились в постоянном контакте со степными популяциями. После 3400 г. до н. э. трипольские мегаполисы были в значительной степени заброшены. Причина этого широко обсуждалась. Одна из гипотез — усиление конфликтов из-за расширения степных культур на запад. Такая гипотеза может найти подтверждение в частых свидетельствах насильственной смерти в пещере Вертеба.

Примеры травм у захороненных в пещере Вертеба (Violence at Verteba Cave, Ukraine: New insights into the Late Neolithic intergroup conflict G.D. Madden, J.K. Karsten, S.H. Ledogar, R. Schmidt, M.P. Sokhatsky doi.org/10.1002/oa.2633)

В данном исследовании авторы реконструировали последовательности генома 20 человек (8 женщин и 12 мужчин), захороненных в пещере Вертеба. Восемь образцов датированы масс-спектрометрией по углероду-14 в интервале от 3790 до 825 гг. до н. э, что соответствует трипольской культуре и позднее. Шесть человек (образцы ВЕРТ-035, ВЕРТ-106, ВЕРТ-031, ВЕРТ-100, ВЕРТ-104 и ВЕРТ-015) датируются поздним энеолитом (3790–3535 гг. до н.э.), один (VERT-113) из Зоны 7 датируется средним бронзовым веком (1960–1770 гг. до н.э.) и один из Зоны 17 (VERT-114) датируется поздним бронзовым веком (980–825 гг. до н.э.).

Информация о радиоуглеродной датировке образцов, из этого исследования

Lab ID	Sample ID	^{14}C age (BP)	±	cal BCE (2σ low)	cal BCE (2σ high)
PSUAMS-3151	VERT035	4960	25	-3790	-3650
PSUAMS-3178	VERT106	4960	20	-3785	-3650
PSUAMS-3177	VERT031	4930	25	-3770	-3645
OxA-40648	VERT100	4929	27	-3770	-3640
PSUAMS-3152	VERT104	4925	25	-3770	-3640
OxA-40647	VERT015	4862	26	-3710	-3535
PSUAMS-3153	VERT113	3545	25	-1960	-1770
OxA-40649	VERT114	2760	23	-980	-825

Используя полученные данные, авторы задались целью ответить на ряд вопросов:

1. Есть ли доказательства метисации с местными охотниками и собирателями, как было предположено в предыдущих работах?
2. Используя расширенный набор данных, можно ли уточнить неолитическую предковую составляющую трипольцев: сходны они с ранними земледельцами из Анатолии, представителями культуры линейно-ленточной керамики или иными?
3. Поскольку трипольцы жили в непосредственной близости от степных популяций, есть ли доказательства генетической близости к ямной или более ранним степным популяциям?
4. Имеет ли население более позднего бронзового века, заселившее регион, генетическую преемственность с представителями археологической общности Триполье-Кукутень из пещеры Вертеба?

Полученные результаты

Однородительские маркеры (мтДНК и Y-хромосомы)

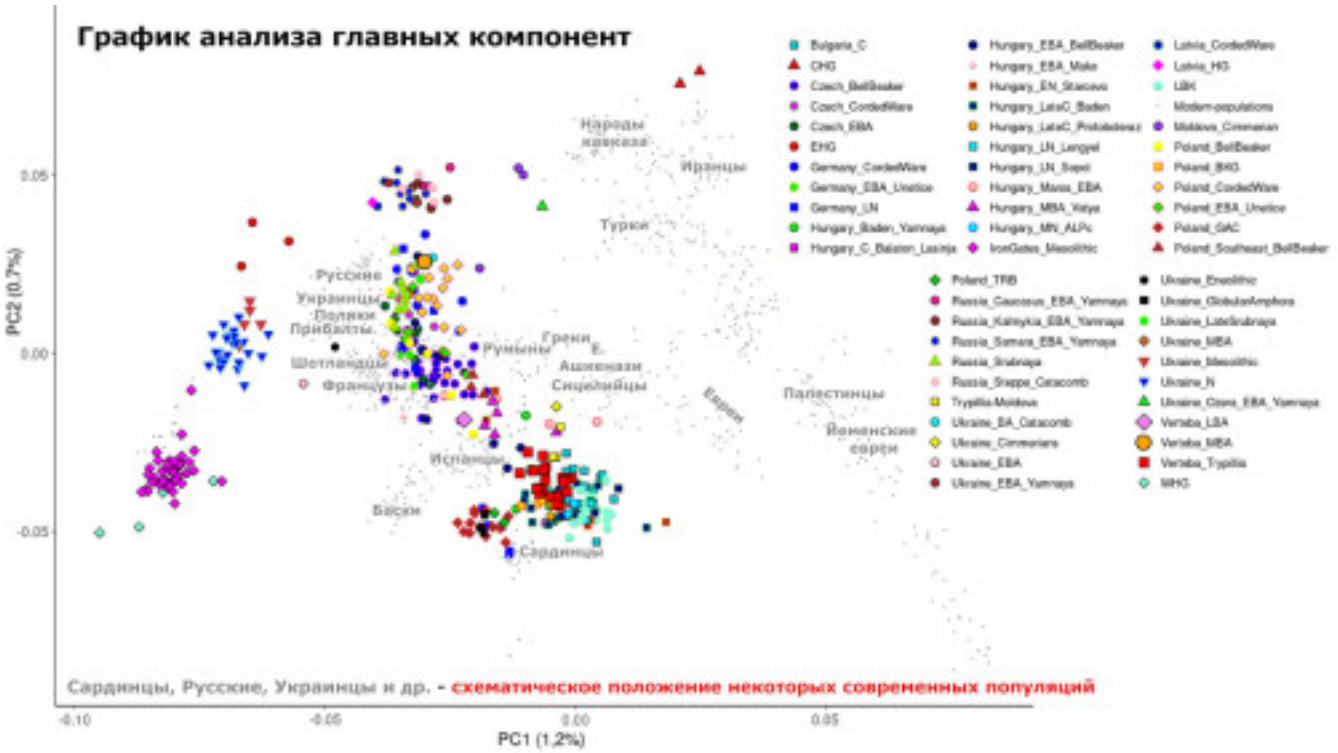
Проанализированные образцы эпохи энеолита относятся к гаплогруппам митохондриальной ДНК T2b, H, HV, K1, N1, J1, U5 и T2c. У представительницы среднего бронзового века (VERT-113) определена гаплогруппа HV, типичная для таких неолитических культур, как культура линейно-ленточной керамики к востоку от Дуная – Альфёльда, а также для жителей европейского бронзового века. Представительница позднего бронзового века (VERT-114) демонстрирует гаплогруппу T2, также связанную с многими культурами бронзового века. В целом эти гаплогруппы обычно встречаются в европейских популяциях эпохи неолита и бронзового века.

У мужчин выявлены гаплогруппы Y-хромосомы G2a, C1a и I2 (более подробно в таблице), которые также были выявлены в популяциях неолита и бронзового века Европы. При этом как гаплогруппы мтДНК, так и гаплогруппы Y-хромосомы всех образцов из Вертебы полностью согласуются с ранее опубликованными данными.

Образец	Участок	Калиброванные даты	Пол по генетике	мтДНК	Y-хромосомы
VERT113	Site 7	1960–1770 до н. э. (2σ)	Ж	HV+16311	–
VERT107	Site 17	нет данных	М	T2c1d1	G2a2b2a3
VERT105	Site 17	нет данных	М	H+152	G2a2b2a3
VERT104	Site 7 / Area 1	3770–3640 до н. э. (2σ)	М	U5a2+16362	G2a2a1
VERT103	Site 7 / Area 1	нет данных	М	J1c5	C1a
VERT100	Site 7	3770–3640 до н. э. (2σ)	М	J1c2	G2a2a1a
VERT015	Site 17	3710–3535 до н. э. (2σ)	Ж	H	–
VERT008	Site 17	нет данных	Ж	T2b+16362	–
VERT028	Site 7 / Area 1	нет данных	М	K1a1b1	I2a2a1
VERT029	Site 7 / Area 1	нет данных	М	H15a1	G2a2a1a
VERT030	Site 7 / Area 1	нет данных	М	T2b	G2a2b2a3
VERT031	Site 7 / Area 1	3770–3645 cal BCE (2σ)	М	N1a1a1a	G2a2a1a3~
VERT033	Site 7 / Area 2	нет данных	М	H40	I2a1a2a
VERT035	Site 7 / Area 2	3790–3650 до н. э. (2σ)	Ж	J1c2	–
VERT111	Site 20	нет данных	Ж	K1b1+(16093)	–
VERT114	Site 17	980–825 до н. э. (2σ)	Ж	T2	–
VERT115	Site 17	нет данных	Ж	T2	–
VERT117	Site 17	нет данных	М	K1a2	I2c
VERT118	Site 17	нет данных	Ж	K1a2	–
VERT106	Site 17	3785–3650 до н. э. (2σ)	М	U5a	?

Полногеномные данные

На график анализа главных компонент вместе с 20 геномами из пещеры Вертеба авторы поместили 729 представителей современных популяций из Европы, а также 478 ранее опубликованных древних генома.

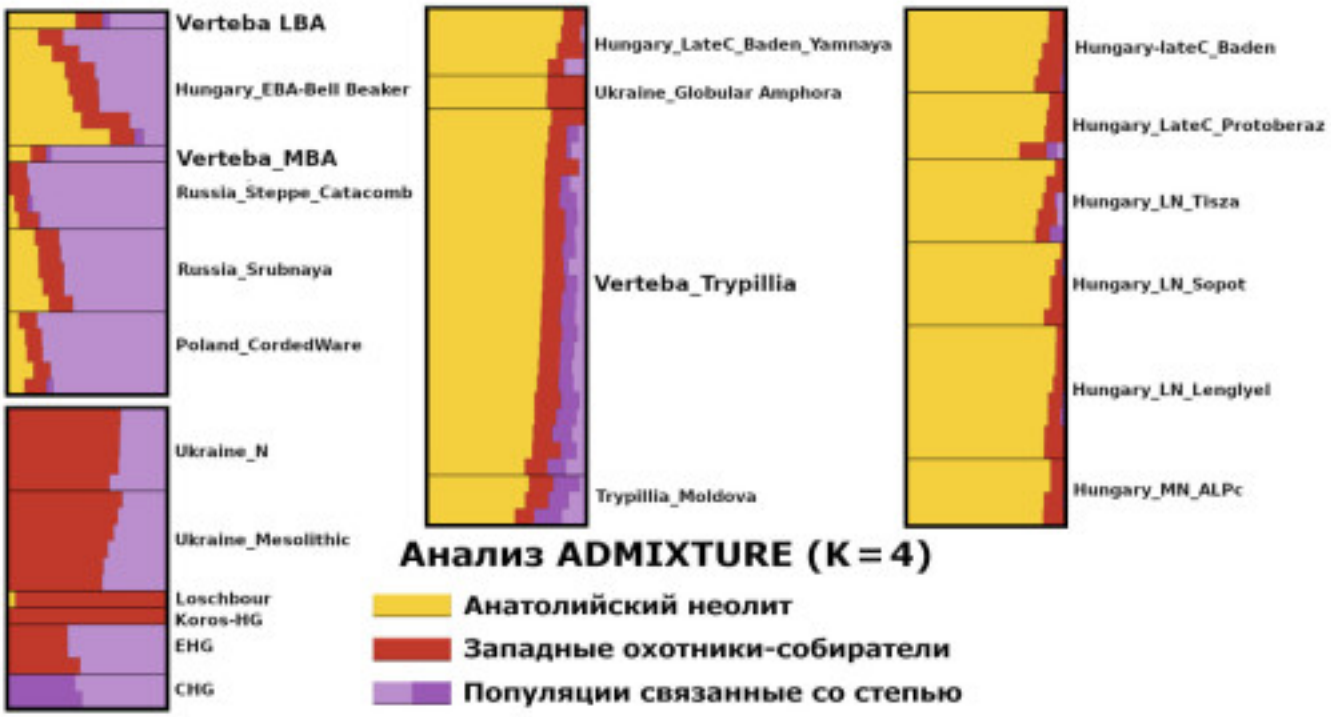


18 из 20 человек из Вертебы тесно связаны с европейскими популяциями эпохи неолита и энеолита: культура линейно-ленточной керамики, средний и поздний неолит Центральной Европы, а также трипольцы из Молдовы.

Анализ главных компонент также показал значительное сходство между 18 новыми образцами из Вертебы и четырьмя другими трипольцами из более ранней работы, также обнаруженных в пещере Вертеба. Поэтому их объединили в 22 образца, пометили на графике как Verteba_Trypillia и в дальнейшем проанализировали совместно.

А вот два генома бронзового века являются явными исключениями. Образец VERT-114 (позднего бронзового века) подпадает под разнообразие представителей культуры колоколовидных кубков и, по-видимому, занимает положение, близкое к чешской, венгерской и польской группам этой культуры. А образец, обозначенный как VERT-113 (среднего бронзового века), близок к европейским популяциям культур шнуровой керамики и срубной, демонстрируя значительное сходство со степным населением. Сразу стоит отметить, что статистический анализ указал на отсутствие доказательств связи со срубной культурой.

При этом все 22 трипольца из пещеры Вертеба содержат наследственный компонент, доминирующий у представителей анатолийского неолита (по методу ADMIXTURE). Это указывает на явную связь с европейскими неолитическими популяциями, как собственно и было показано в предыдущих исследованиях. Однако эти же образцы также демонстрируют присутствие компонентов восточных, кавказских и западных охотников-собирателей. Лишь один образец (I3151), по-видимому, не имеет предков восточных/кавказских охотников-собирателей.



В геноме образца эпохи поздней бронзы (VERT-114, укладывающимся в разнообразие представителей культуры колоколовидных кубков) преобладает компонент анатолийского неолита, но выявлен значительный компонент восточных охотников и собирателей. А геном среднего бронзового века (VERT-113) демонстрирует высокую степень сходства с геномами культуры шнуровой керамики и ямной культуры. При этом хотя моделирование геномов трипольцев свидетельствует об их связи со степными популяциями, статистически (f_4) они не связаны с популяциями ямной культуры из ареалов современных России и Украины.

Моделируя величину вклада различных основных предков, которые могли бы внести свой вклад в генетический портрет трипольцев, показано, что 40% вклада связано с анатолийским неолитом, 20% — с западными охотниками-собирателями и 40% — с кавказскими охотниками-собирателями.

При этом охотники-собиратели юго-восточной Венгрии – Кёрёш (Koros_HG), являются источником западных охотников-собирателей у трипольцев из Вертебы. Также неолит Украины и западные охотники-собиратели являются двумя вероятными источниками генетического пласта, связанного с охотниками и собирателями, для трипольцев из Вертебы, в дополнение к смоделированному компоненту Венгрия-поздний энеолит-ранний бронзовый век-ямная (Hungary_LateC_EBA_Baden_Yamnaya). Это также указывает на очень незначительное присутствие среди предков трипольцев местных охотников-собирателей.

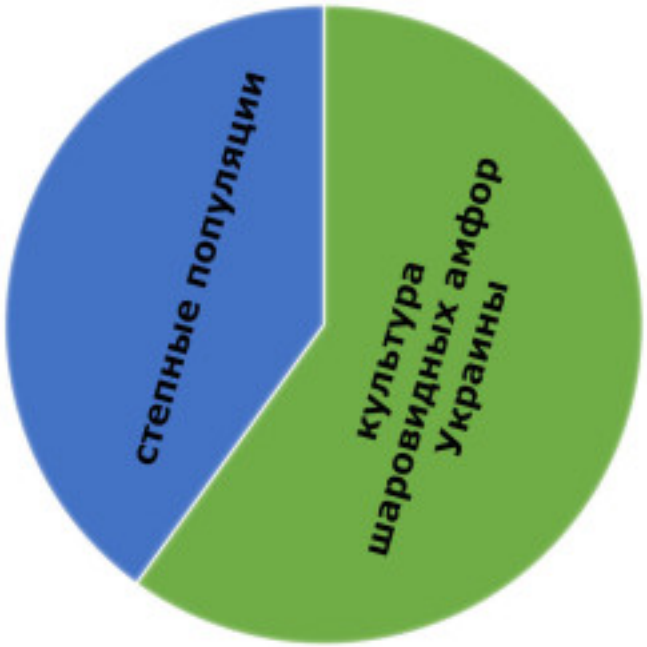
Кстати обратите внимание как происходит замена популяций на одной и той же территории и как сильно современные популяции отличаются от древних, вопреки распространяемым мифам.

Также стоит отметить, что большинство трипольцев из пещеры Вертеба не имеют статистически значимого сходства с молдавской популяцией археологической общности Триполье-Кукутень, но этих различий недостаточно, чтобы считать их разными популяциями.

Образец среднего бронзового века (VERT-113) является единственным, который демонстрирует четкий сигнал степного происхождения, причём наблюдается большая близость к ямной культуре с территории России, а не Украины

Кроме того, это единственный образец, который демонстрирует большую близость к представителям неолита на территории Украины, а не к западным охотникам-собирателям. В его геноме фиксируется до 33% вклад неолита Украины и 66% кавказских охотников-собирателей, что подтверждает большую долю степного происхождения.

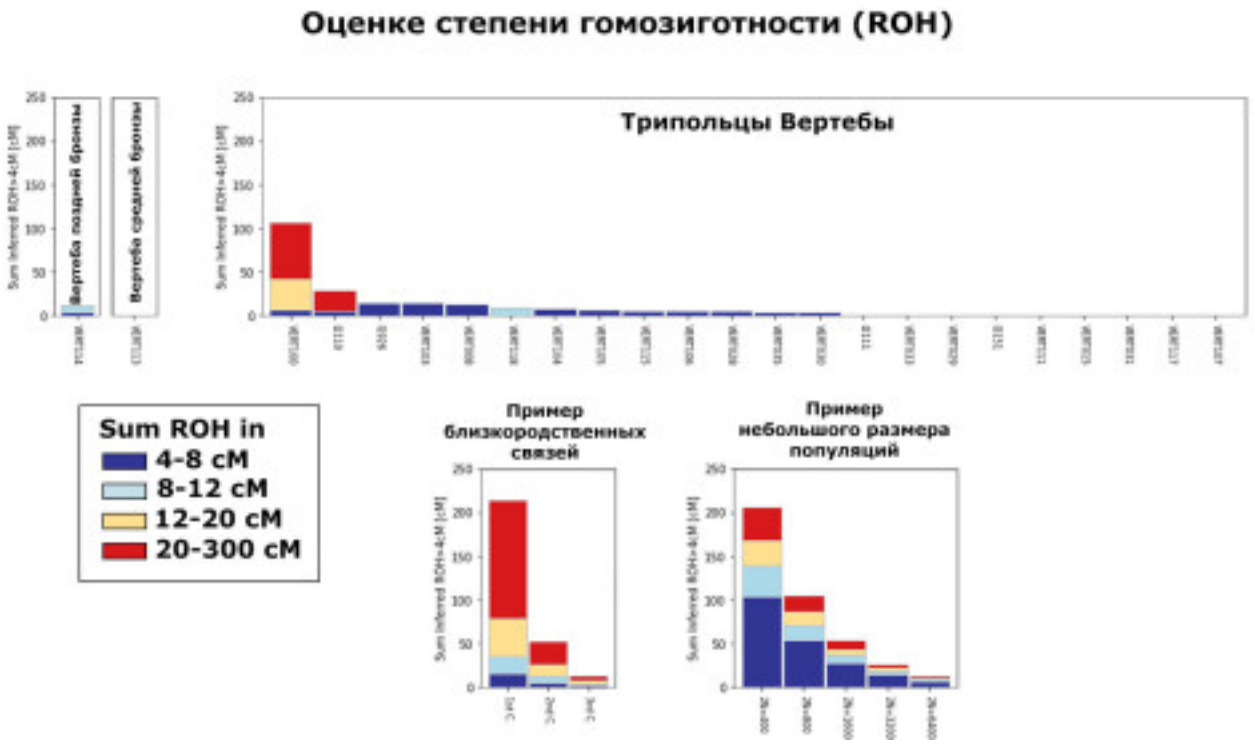
Образец позднего бронзового века (VERT-114) генетически близок к геномам колоколовидных кубков на графике главных компонент и при моделировании «примесей» (ADMIXTURE). Однако, хотя модель с популяцией колоколовидных кубков в качестве единственного источника работает, есть и модели двух источников включающие 60% представителей культуры шаровидных амфор с территории Украины и 40% степных популяций.



Авторы также исследовали возможную связь генома поздней бронзы их Вертебы и киммерийцами, которые обосновались на территории современной Украины около 1000 г. до н. э. Однако геном из Вертебы оказался значительно ближе к носителям культуры колоколовидных кубков, чем к киммерийцам.

Анализ близкого родства в изученных геномах

Размеры гомозиготных участков ДНК указывают, что обитатели Вертебы жили в довольно многочисленных популяциях. Исключением стал образец VERT-100, предки которого, вероятно, были родственниками.



Фенотипические и биохимические особенности

Ни один из проанализированных людей пещеры Вертеба не обладал толерантностью к лактозе.

Лишь два человека, видимо, были темноглазыми, но остальные обладали ДНК-маркером rs12913832, связанным с голубым цветом глаз.

Обсуждение

Генетический анализ 20 человек из пещеры Вертеба, которые датируются четвертым, вторым и первым тысячелетиями до нашей эры, выявил важные генетические изменения как в раннем бронзовом веке, так и в позднем. Эти датировки подтверждены радиоуглеродным датированием образцов 8 человек, поскольку пещера Вертеба многократно использовалась человеком, начиная с мезолита.

Предыдущие анализы митохондриальной ДНК представителей археологической общности Триполье-Кукутень показали их близкое родство по материнской линии с популяциями раннего неолита: гаплогруппы H, HV, T, V, J и K. И в новом анализе, за исключением двух человек с гаплогруппой U5a, все остальные 18 человек, имеют гаплогруппы, сходные с неолитическим населением Центральной Европы. Это разнообразие мтДНК резко контрастирует с населением более ранних неземледельческих неолитических памятников на территории Украины, которые имеют только гаплогруппу U, указывающую на преемственность с мезолитическими охотниками-собирателями.

Образцы предыдущих периодов с территории Украины

Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C. et al. The genomic history of southeastern Europe. Nature 555, 197–203 (2018). https://doi.org/10.1038/nature25778

ID образца	Дата	Период	Расположение	Пол	мтДНК	Y-хромосомы
I4110	3634-3377 гг. до н.	Ukraine_Eneolithic	Dereivka	Ж	J2b1	..
I5882	3264-2929 гг. до н.	Ukraine_Eneolithic	Dereivka	Ж	U5a2a	..
I5884	2890-2696 гг. до н.	Ukraine_Eneolithic	Dereivka	M	U5a2b	R1b1a1a2a2
I5876	7040-6703 гг. до н.	Ukraine_Mesolithic	Dereivka	M	U5a2a	R1a
I5885	6392-5927 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	Ж	U5b2b	..
I1733	9000-7500 гг. до н.	Ukraine_Mesolithic	Vasil'evka	Ж	U4b	..
I1734	7446-7058 гг. до н.	Ukraine_Mesolithic	Vasil'evka	M	U5b2	R1b1a(xR1b1a1a)
I1737	8540-8301 гг. до н.	Ukraine_Mesolithic	Vasil'evka	Ж	U5a2	..
I1763	8280-7967 гг. до н.	Ukraine_Mesolithic	Vasil'evka	M	U5b2	I2a1
I1819	8825-8561 гг. до н.	Ukraine_Mesolithic	Vasil'evka	M	U5b2	R1a
I3717	5460-5218 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a2a	I2a2a1b1
I3718	5345-5215 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a1b	R1b1a(xR1b1a1a,xR1b1a1a2)
I4111	4722-4548 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	Ж	U4d	..
I4112	5500-4800 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a2a	R
I4114	5473-5329 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a1	R1b1a
I5875	5291-5060 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U4a1	I2a2a1b
I5881	5218-5059 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a1b	R1
I5883	5208-5003 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U4a	R1b1a(xR1b1a1a,xR1b1a1a2)
I5886	5314-5220 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U4a	I
I5889	5310-4785 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	Ж	U5a2a	..
I5890	5286-5062 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a1b	R1b1a(xR1b1a1a,xR1b1a1a2)
I5891	5465-5310 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U4d	R
I5892	5301-4982 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U4a1	R1b1a
I5893	5374-5226 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	U5a2a	R1b1
I1736	6248-6070 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Vasil'evka	Ж	U5b2b1	..
I3712	5507-5376 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U4b1a	IJ
I3713	5190-4911 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U4b1a	I
I3714	5500-4800 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U4d	I2a2a
I3715	5636-5521 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U2e1	I2a2a1b1
I3716	5469-5328 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U5b2a1a	I2
I5868	5467-5315 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U4d	I
I5870	5475-5344 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U4b1b1	I2a2
I5872	5489-5375 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	U5a2a	I
I5873	5469-5322 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	Ж	U4b	..
I5957	6500-4000 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	M	T2	I
I6133	6500-4000 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	Ж	U5b2a1a	..
I1378	4519-4343 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Vovnigi	M	U4b	I2a2a1b1
I1732	5364-5213 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Vovnigi	Ж	U4b	..
I1738	5473-5326 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Vovnigi	M	U5a2	I2a2a1b1b
I3719	4949-4799 гг. до н.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	M	H1	I2a2a

Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C. et al. The genomic history of southeastern Europe. Nature 555, 197–203 (2018). doi.org/10.1038/nature25778

Разнообразие гаплогрупп мтДНК предполагает, что местное население в значительной степени было заменено населением, связанным с трипольской культурой. Большинство представителей Вертебы имеют Y-гаплогруппу G2a2, которая широко распространена среди европейцев эпохи неолита, связанных с Анатолией.

Примеры образцов с гаплогруппой G2
Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C. et al. The genomic history of southeastern Europe. Nature 555, 197–203 (2018). https://doi.org/10.1038/nature25778

ID образца	Дата	Период / культура	Расположение	Страна	Пол	мтДНК	Y-хромосомы
ANI160	4685-4499 гг. до н. э.	Bulgaria_Varna_Eneolithic2	Varna	Bulgaria	M	H1bg	G2
I0727	6400-5600 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Mentese	Turkey	M	K1a2	G2a
Tep003	6635-6475 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic_Tepecik_Ciftlik.SG	Tepecik Ciftlik	Turkey	M	N1b1a	G2a2a
I0551	3400-3025 гг. до н. э.	Salzmuende_MN	Salzmuende-Schiebzig	Germany	M	U3a1	G2a2a
I0048	5210-5002 гг. до н. э.	LBK_EN	Halberstadt-Sonntagsfeld	Germany	M	K1a26	G2a2a
I0659	5211-4983 гг. до н. э.	LBK_EN	Halberstadt-Sonntagsfeld	Germany	M	N1a1a2	G2a2a
I0723	5995-5845 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Mentese	Turkey	M	X2m2	G2a2a1
I0633	5604-5376 гг. до н. э.	Balkans_Neolithic	Gomolava, Hrtkovci, Vojvodina	Serbia	M	HV	G2a2a1
I5072	5641-5560 гг. до н. э.	Croatia_Impressa_EN	Kargadur	Croatia	M	H7c	G2a2a1
I5077	5207-4945 гг. до н. э.	Sopot_MN	Osijek	Croatia	M	U5a1a2	G2a2a1
I0821	5201-4850 гг. до н. э.	LBK_EN	Halberstadt-Sonntagsfeld	Germany	M	X2d1	G2a2a1
I0634	4710-4504 гг. до н. э.	Balkans_Neolithic	Gomolava, Hrtkovci, Vojvodina	Serbia	M	K1a4	G2a2a1a
I1131	4605-4460 гг. до н. э.	Balkans_Neolithic	Gomolava, Hrtkovci, Vojvodina	Serbia	M	H	G2a2a1a
I2510	2906-2710 гг. до н. э.	Bulgaria_BA	Dzhulyunitsa	Bulgaria	M	H4a1	G2a2a1a2
Klei10.SG	4230-3995 гг. до н. э.	Northern_Greece_Final_Neolithic.SG	Kletios	Greece	M	K1a2	G2a2a1a2
I1099	6500-6200 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Baron, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	T2b	G2a2a1a2a
I1103	6500-6200 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Baron, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	K1b1b1	G2a2a1a2a
I1583	6426-6236 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Baron, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	K1a2	G2a2a1a2a
I0698	6000-5900 гг. до н. э.	Bulgaria_Neolithic	Yabalkovo	Bulgaria	M	H	G2a2a1a2a
RISE374.SG	1866-1619 гг. до н. э.	Maros.SG	Szöreg, Szív Utca	Hungary	M	T2b	G2a2a1a2a
I2792	2872-2582 гг. до н. э.	Croatia_Vucedol	Vucedol Tell	Croatia	M	T2c2	G2a2a1a2a
Iceman.SG	3484-3104 гг. до н. э.	Iceman_MN.SG	Ötz valley, Tyrol	Italy	M	K1	G2a2a1a2a1a
I0744	6402-6243 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Baron, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	J1c11	G2a2b2a
I1295	5800-5400 гг. до н. э.	Balkans_MP_Neolithic	Malak Preslavets	Bulgaria	M	J1c	G2a2b2a
I3879	5800-5400 гг. до н. э.	Balkans_MP_Neolithic	Malak Preslavets	Bulgaria	M	H	G2a2b2a
I9130	2210-1680 гг. до н. э.	Minoan_Odigitria	Phaistos, South-western Crete	Greece	M	U3b3	G2a2b2a
I0746	6067-5892 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Baron, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	I1a or K1a	G2a2b2a1a1c
I2431	4725-4605 гг. до н. э.	Bulgaria_Middle_Chalcolithic	Ivanovo	Bulgaria	M	N1b2	G2a2b2a1a1c1a
I1097	6424-6251 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Baron, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	W1-T119C	G2a2b2a3
I5204	5500-4500 гг. до н. э.	LBK_Austria	Schletz	Austria	M	J1c2	G2a2b2a3
Bon001	8212-7952 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic_Boncuklu.SG	Boncuklu	Turkey	M	U3	G2a2b2b
Bon004	8300-7952 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic_Boncuklu.SG	Boncuklu	Turkey	M	N1a1a1	G2a2b2b
I2532	5715-5626 гг. до н. э.	Romania_EN	Cotatcu	Romania	M	K1a2	G2a2b2b
ANI159-ANI181	4711-4530 гг. до н. э.	Bulgaria_Varna_Eneolithic2	Varna	Bulgaria	M	T2b2b	G2a2b2b
I0676	5979-5735 гг. до н. э.	Macedonia_Neolithic	Govrlevo, Sopi_te, Skopje	Macedonia	M	J1c1	G2a2b2b1
I2521	5619-5491 гг. до н. э.	Bulgaria_Neolithic	Dzhulyunitsa	Bulgaria	M	H	G2a2b2b1a
I1314	3363-1903 гг. до н. э.	Iberia_Chalcolithic	El Mirador Cave, Atapuerca, Burgos	Spain	M	J2a1a1	G2a2b2b1a1

Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C. et al. The genomic history of southeastern Europe. Nature 555, 197–203 (2018). doi.org/10.1038/nature25778

Другие выявленные гаплогруппы — C1 и I2 — также обнаружены среди европейских неолитических популяций. Это указывает на миграцию и мужчин, и женщин, что контрастирует со степными миграциями во время бронзового века.

Примеры образцов с гаплогруппами C1 и I2
Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C. et al. The genomic history of southeastern Europe. Nature 555, 197–203 (2018). https://doi.org/10.1038/nature25778

ID образца	Дата	Период / культура	Расположение	Страна	Пол	мтДНК	Y-хромосомы
11102	6500-6200 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Barcın, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	K1a3a	C1a2
11096	6500-6200 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic	Barcın, Marmara Region, Northwest Anatolia	Turkey	M	N1a1a1	I2c
Tep006	6345-6215 гг. до н. э.	Anatolia_Neolithic_Tepecik_Ciftlik.SG	Tepecik Ciftlik	Turkey	M	N1a1a1	C1a2
13947	5986-5786 гг. до н. э.	Croatia_Cardial_Neolithic	Zemunica Cave	Croatia	M	K1b1a	C1a2
12529	5726-5575 гг. до н. э.	Bulgaria_Neolithic	Yabalkovo	Bulgaria	M	T1a	I2a2
13715	5636-5521 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	Ukraine	M	U2e1	I2a2a1b1
15888	5500-4800 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic_father_or_son_of_S5875.E1.L1	Dereivka	Ukraine	M	U5b2b1	I2a2
13714	5500-4800 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	Ukraine	M	U4d	I2a2a
15070	5500-4775 гг. до н. э.	LBK_Austria	Schletz	Austria	M	K1a1a	C1a2
15870	5475-5344 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	Ukraine	M	U4b1b1	I2a2
11738	5473-5326 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Vovnigi	Ukraine	M	U5a2	I2a2a1b1b
13716	5469-5328 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Volniensky, Vilnianka	Ukraine	M	U5b2a1a	I2
13717	5460-5218 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	Ukraine	M	U5a2a	I2a2a1b1
10412	5308-5080 гг. до н. э.	Iberia_EN	Els Trocs	Spain	M	N1a1b1	I2a1b1
15875	5291-5060 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic	Dereivka	Ukraine	M	U4a1	I2a2a1b
11496	5211-4992 гг. до н. э.	LBK_Hungary_MN	Apc-Berekalya	Hungary	M	K1a3a3	C1a2
11500	5210-4990 гг. до н. э.	ALPc_MN	Kompolt-Kigyosar	Hungary	M	J1c1	C1a2
13719	4949-4799 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic_outlier	Dereivka	Ukraine	M	H1	I2a2a
11378	4519-4343 гг. до н. э.	Ukraine_Neolithic_son_of_I1732	Vovnigi	Ukraine	M	U4b	I2a2a1b1
11495	4491-4357 гг. до н. э.	Lengyel_LN	Apc-Berekalya	Hungary	M	N1a1a1a	I2a1
10406	3900-3600 гг. до н. э.	Iberia_MN	La Mina	Spain	M	H1	I2a2a1b2
12441	3400-2800 гг. до н. э.	Globular_Amphora_Poland	Kierzkowo	Poland	M	K1b1a1	I2a2a1b
10172	3360-3086 гг. до н. э.	Esperstedt_MN	Esperstedt	Germany	M	T2b	I2a1b1a1
12405	3335-3020 гг. до н. э.	Globular_Amphora_Poland	Kierzkowo	Poland	M	W5	I2a2
12440	3100-2900 гг. до н. э.	Globular_Amphora_Poland	Kierzkowo	Poland	M	H1b	I2
ILK001	2899-2706 гг. до н. э.	Globular_Amphora_Ukraine	Dyatka	Ukraine	M	J1c3	I2a2a1b
ILK002	2890-2694 гг. до н. э.	Globular_Amphora_Ukraine	Dyatka	Ukraine	M	T2b	I2a2a1b2
RISE479.SG	2000-1500 гг. до н. э.	Vatya.SG	Erd	Hungary	M	T2b	I2a2a1a2a
RISE247.SG	1746-1611 гг. до н. э.	Vatya.SG	Százhalombatta-Földvár	Hungary	M	H11a	I2a2a1

Mathieson, I., Alpaslan-Roodenberg, S., Posth, C. et al. The genomic history of southeastern Europe. Nature 555, 197–203 (2018). doi.org/10.1038/nature25778

Данные популяционной генетики показывают, что люди, похороненные в пещере Вертеба в эпоху позднего энеолита (3790-3535 гг. до н. э.), генетически похожи на других, из Молдовы, геномы которых были изучены ранее. Эти наблюдения в целом предполагают, что люди энеолита археологической общности Триполье-Кукутень произошли от того же или близкородственного населения, которое распространило неолит по большей части Европы (в случае с трипольцами конкретно указывая на баденцев из Венгрии), и практически без признаков метисации с более ранним мезолитическим или неолитическим населением с территории современной Украины, связанным с охотниками-собирателями.

Фактически, большинство трипольцев генетически могут моделироваться энеолитическими популяциями из Европы, имеющими степное происхождение, однако четверо из 20 человек могут быть смоделированы как трипольцы из Молдовы.

Результаты моделирования (метод qpAdm) предполагают, что существовали различия в составе предков трипольцев, которые могут быть связаны с долей охотников и собирателей, хотя, как отмечалось выше, эта изменчивость недостаточно существенна, чтобы разделить людей с разных участков на разные популяции.

При этом источником генетического пласта, унаследованного от охотников-собирателей у трипольцев, являются в основном западные охотники-собиратели. Значительная доля предков западных охотников-собирателей, обнаруженная у трипольцев (до 18%), может быть связана с увеличением доли этого компонента и в других популяциях среднего неолита Центральной Европы, вероятно, из-за смешения с популяциями на западе, которые уже имели более высокий компонент западных охотников-собирателей, полученный от неолитических групп, связанных с Анатолией до возникновения археологической общности Триполье-Кукутень.

Это также указывает на то, что неолитические популяции охотников-собирателей на территории Украины не внесли большого вклада в происхождение трипольцев. Кроме того, как и в Молдове, выявлен генетический вклад степного происхождения, но в Вертебе он ниже. Это может быть связано с их разными датировками, если предполагать непрерывный импульс движения с востока на запад, постепенно увеличивающий связь с ямной культурой в течение четвертого тысячелетия до н. э.

А вот геном из среднего бронзового века (VERT-113, 1960-1770 гг. до н. э.) значительно отличается от более ранних трипольцев: для него характерен больший вклад кавказских охотников-собирателей/ямной и восточных охотников-собирателей. Результаты (qpAdm) предполагают связь между геномом VERT-113 и представителями культуры шнуровой керамики из Польши. Кроме того, это единственный геном, который ближе к неолиту Украины, чем к западным охотникам и собирателям. Это позволяет предположить, что популяция, возникшая во втором тысячелетии до н. э., возможно, имела общие черты с популяциями неолита на территории Украины.

Интересно, что у генома поздней бронзы (VERT-114) нет значимой связи с геномом средней бронзы (VERT-113). Геном VERT-114 предполагает связь с культурой колоколовидных кубков, несмотря на то, что этот человек почти на 2000 лет моложе конца этого надкультурного феномена, и с датировкой ближе к киммерийцам или скифам. Это подтверждает данные, приведенные в более ранних работах, о притоке западного населения в степь в конце бронзового века.

Однако для понимания более полной картины необходимо получить ещё больше образцов разных периодов из этого региона.

Результаты новой работы имеют важное значение для понимания процесса неолитизации в Восточной Европе. Поскольку население археологической общности Триполье-Кукутень распространилось с современных территорий Румынии и Молдовы в лесостепные районы Западной и Центральной Украины, оно должно было вступить в контакт с населением, связанным с местной буго-днестровской культурой, чья система жизнеобеспечения была сосредоточена главным образом на охоте, рыбалке и собирательстве. Эта группа, вероятно, представляла собой потомков мезолитических охотников и собирателей. Анализ геномов населения пещеры Вертеба предполагает, что местные мезолитические охотники-собиратели не внесли существенного вклада в генофонд более поздних трипольцев. Иными словами, процесс неолитизации в Западной Украине был в большей степени результатом миграции (демической диффузии), а не принятия местными жителями практики земледелия (аккультурации).

Результаты также подтверждают гипотезу длительно существовавшей границы между оседлыми земледельцами лесостепной зоны и соседними кочевыми скотоводами из Причерноморской степи. Эта граница характеризуется резкими контрастами в материальной культуре и способах жизнеобеспечения и, вероятно, сохранялась благодаря этим факторам и языковым различиям. Отсутствие метисации на этой культурной границе является ключом к пониманию контекста, в рамках которого произошла миграция представителей ямной культуры.

В целом результаты показывают, что пещера Вертеба представляет собой важный погребальный комплекс, соединяющий Восток и Запад. Генетическая структура представителей археологической общности Триполье-Кукутень включает предковые компоненты, связанные как с более ранними западными охотниками-собирателями, так и с земледельцами Ближнего Востока, а также те, которые генетически отличаются от предков молдавских представителей этой общности.

Отсутствие местных предков, связанных с охотниками-собирателями эпохи неолита на территории современной Украины, предполагает, что эти земледельцы в основном заменили местных охотников-собирателей и не смешивались с соседними степными популяциями. Кроме того, в течение бронзового века пещера Вертеба использовалась последовательными волнами кочевников-скотоводов с востока, которые в конечном итоге принесли значительные генетические, а также культурные изменения в Европу и в конечном итоге смешались с местными потомками населения трипольской культуры.

Дополнительные генетические данные из этих и более поздних временных периодов позволят дополнить картину, а также ответить на вопросы хронологии и, возможно, указать, причины краха трипольской культуры.

текст Александра Личмана

Источник:

Gelabert, P., Schmidt, R.W., Fernandes, D.M. et al. Genomes from Verteba cave suggest diversity within the Trypillians in Ukraine. Sci Rep 12, 7242 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-11117-8

https://www.nature.com/articles/s41598-022-11117-8

Видео на youtube канале «Археология, история, генетика — исследования»

https://www.youtube.com/watch?v=3JTP7kke9y8