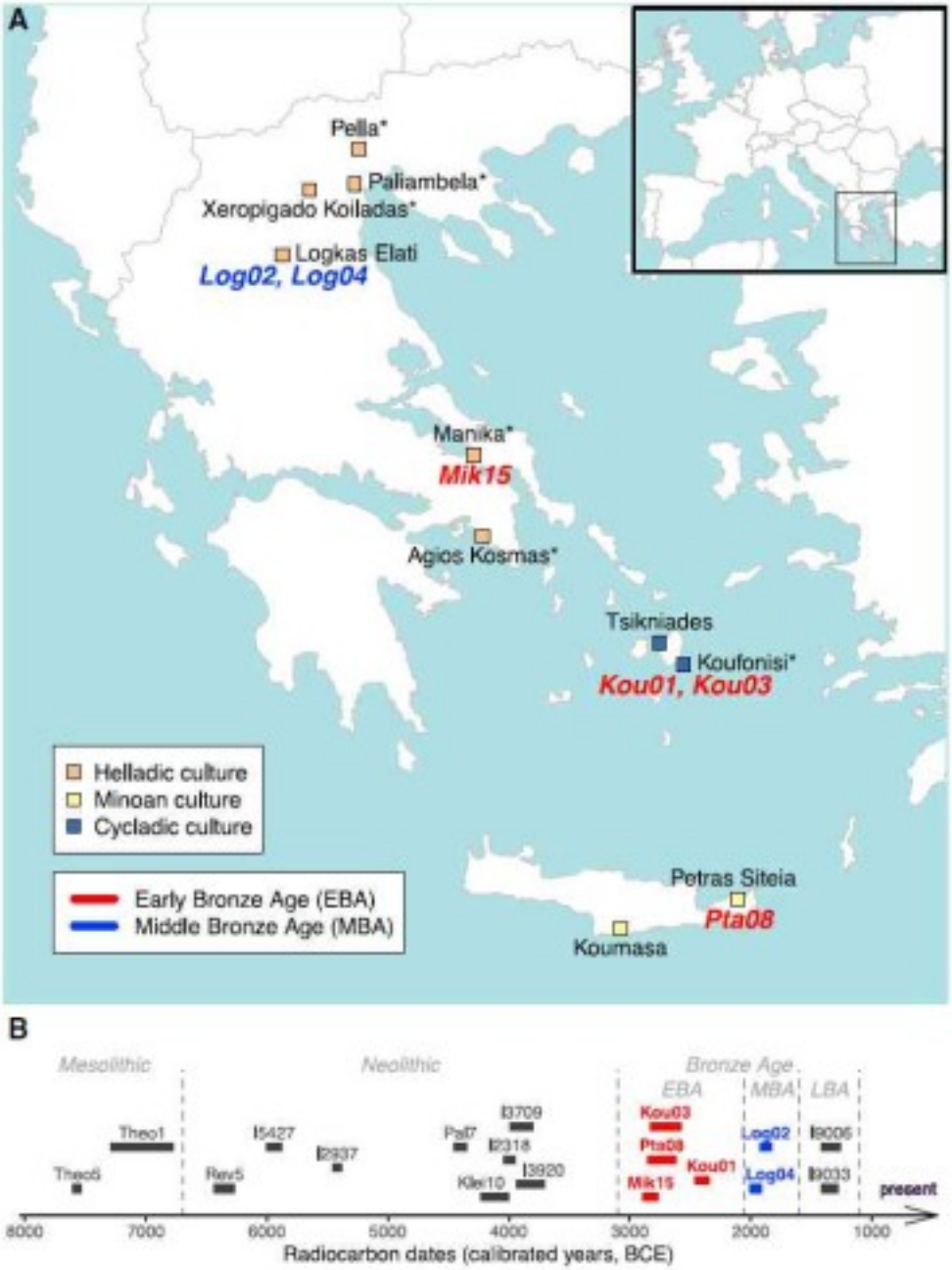
Геномная история цивилизаций Эгейского моря

Исследовали шесть полных и 11 митохондриальных геномов из региона Эгейского моря эпохи бронзового века (представители элладской, кикладской и минойской цивилизаций). Анализ показал, что население ранней бронзы было генетически гомогенным и получило большую долю своего генофонда от неолитических популяций эгейского региона с включением миграционных потоков из Анатолии и с Кавказа. В среднем бронзовом веке регион испытал генетическое влияние степной миграции. Население эгейского региона бронзового века стало основой формирования генофонда современных греков.

Бронзовый век – эпоха радикальных изменений в социальной, политической и экономической областях; регион Эгейского моря – часть Средиземноморья, включающая Грецию, западную Анатолию и Крит, был активно вовлечен в эти изменения. К данному периоду относятся минойская цивилизация на Крите (3200/3000 – 1100 до н.э.), элладская на материковой Греции (3200/3000 – 1100 до н.э.), включая микенскую (1600-1100 до н.э.), кикладская – на Кикладских островах (3200/3000 – 1100 до н.э.) и культуры западной Анатолии (3000 – 1200 до н.э.). Их объединяет специализация сельского хозяйства, строительство крупных городов (взрыв урбанизации в поздней бронзе), интенсивная торговля и прочее. В позднем бронзовом веке здесь возникает ранняя форма письменности — у минойцев линейное письмо А, у микенцев — линейное письмо В (считающееся прототипом греческого языка). Археология выдвигает несколько гипотез возникновения этих цивилизаций. Генетическое происхождение носителей данных культур и их вклад в современное население эгейского региона остается спорным.

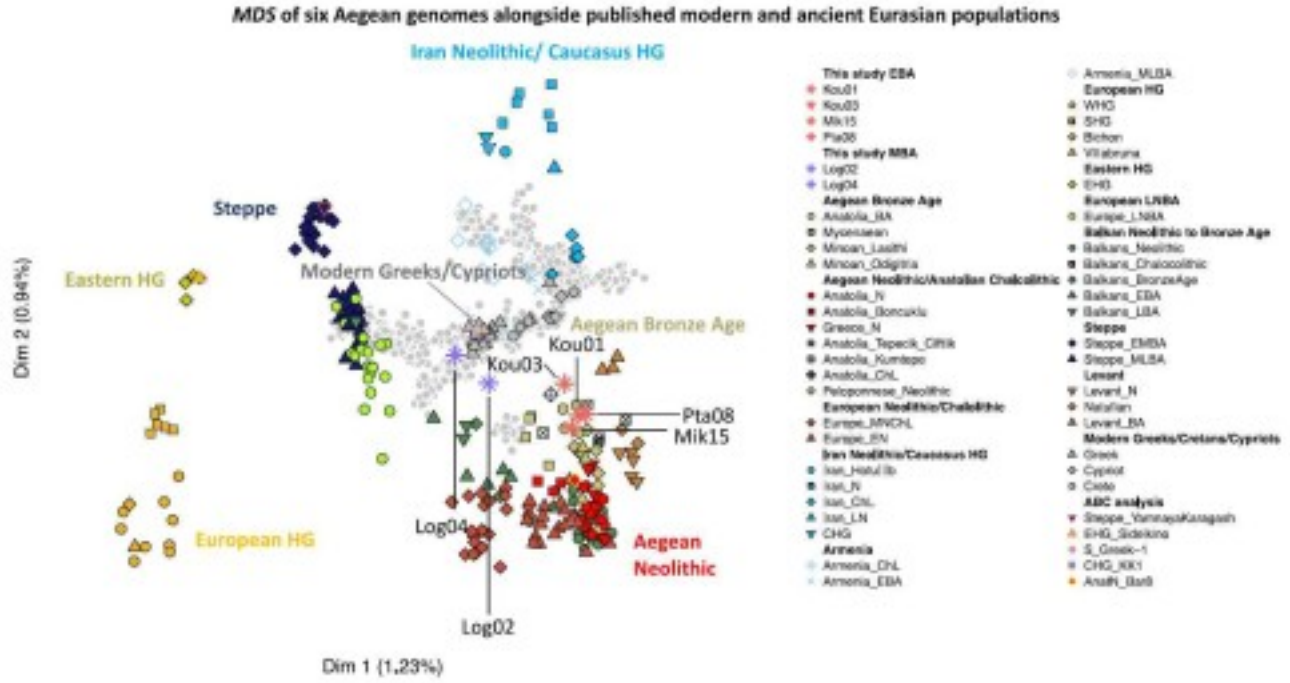
Этой проблеме посвящена статья международной группы генетиков, опубликованная в журнале Cell. Авторы секвенировали шесть полных геномов из региона Эгейского моря (четыре генома ранней и два генома средней бронзы) и 11 митохондриальных геномов; среди них были носители минойской, элладской (включая микенскую) и кикладской культур. Полные геномы секвенировали с покрытием от 2,6x до 4,9x и проанализировали на панели 1240K SNP.

Новые данные дополнили ранее опубликованные исследования древних геномов из этого региона. Так, в статье (Lazaridis et al., 2017) представлены 19 геномов (среди них минойцы, микенцы, неолитические образцы с материковой Греции и образцы бронзового века из Анатолии). В статье (Hofmanová et al., 2016) были изучены пять неолитических геномов из северной Греции и северо-западной Анатолии; еще три неолитических генома из эгейского региона и Анатолии представлены в статье (Merve Kılınç et al., 2017).



Географическое расположение индивидов, геномы которых были изучены. Образцы полных геномов обозначены красным (ранняя бронза) и синим (средняя бронза) цветом. Звездочкой обозначены места взятия образцов для мтДНК. Внизу на хронологической шкале показаны датировки данных образцов вместе с другими, опубликованными ранее, с территории Греции.

Данные по шести полным геномам проанализировали в контексте современных и древних популяций Евразии. Анализ многомерного шкалирования показал, что представители элладской, минойской и кикладской культур ранней бронзы (красные звездочки на графике) сходны между собой по генетическому профилю. Они близки к популяциям бронзового века Анатолии, но отличаются от популяций Балкан. Среди современного населения эгейские индивиды ранней бронзы генетически близки к южным европейцам, особенно к населению Сардинии. Индивиды средней бронзы (синие звездочки), как видно по графику, образуют другую группу.



new-3 График анализа многомерного шкалирования по полногеномным данным из Эгейского региона (красные и синие звездочки) в контексте современных и древних популяций Евразии.

Анализ предковых генетических компонентов ADMIXTURE демонстрирует сходство эгейских индивидов ранней бронзы с другими эгейскими и анатолийскими популяциями халколита и ранней бронзы. Обнаруженная геномная гомогенность культур Эгейского моря и западной Анатолии говорит о том, что эгейское население бронзового века использовало море как путь для взаимодействия не только культурного, но и генетического. Интенсивная сеть коммуникаций в этом регионе отражена и в археологических данных.

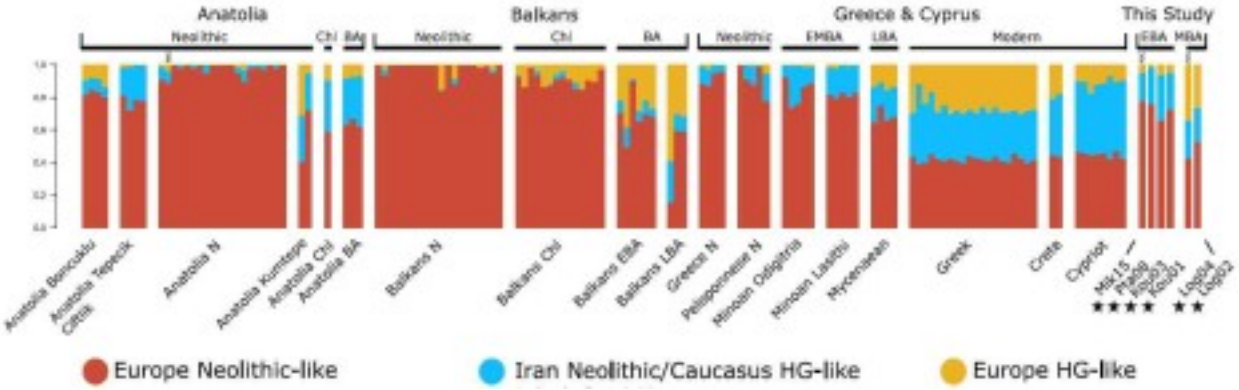


График анализа ADMIXTURE современных и древних популяций, k=3. Красным цветом показан компонент неолитических европейцев, голубым – компонент иранского неолита и кавказских охотников-собирателей, желтым – компонент европейских охотников-собирателей.

Анализ ADMIXTURE показывает, что эгейские популяции раннего бронзового века эгейского региона большую долю в своем геноме получили от неолитического населения. Остальное приходится на компонент иранского неолита и кавказских охотников-собирателей. Относительно его попадания в эгейский регион есть два предположения: либо путем непосредственных миграций, либо через генетический обмен с популяциями анатолийского неолита. Эти данные согласуются с археологическими теориями перехода от неолита к бронзе, которые включают миграции в регион Эгейского моря из Анатолии и с Кавказа.

В Центральной, Северной и Западной Европе на переходе от неолита к бронзовому веку увеличивается генетический вклад

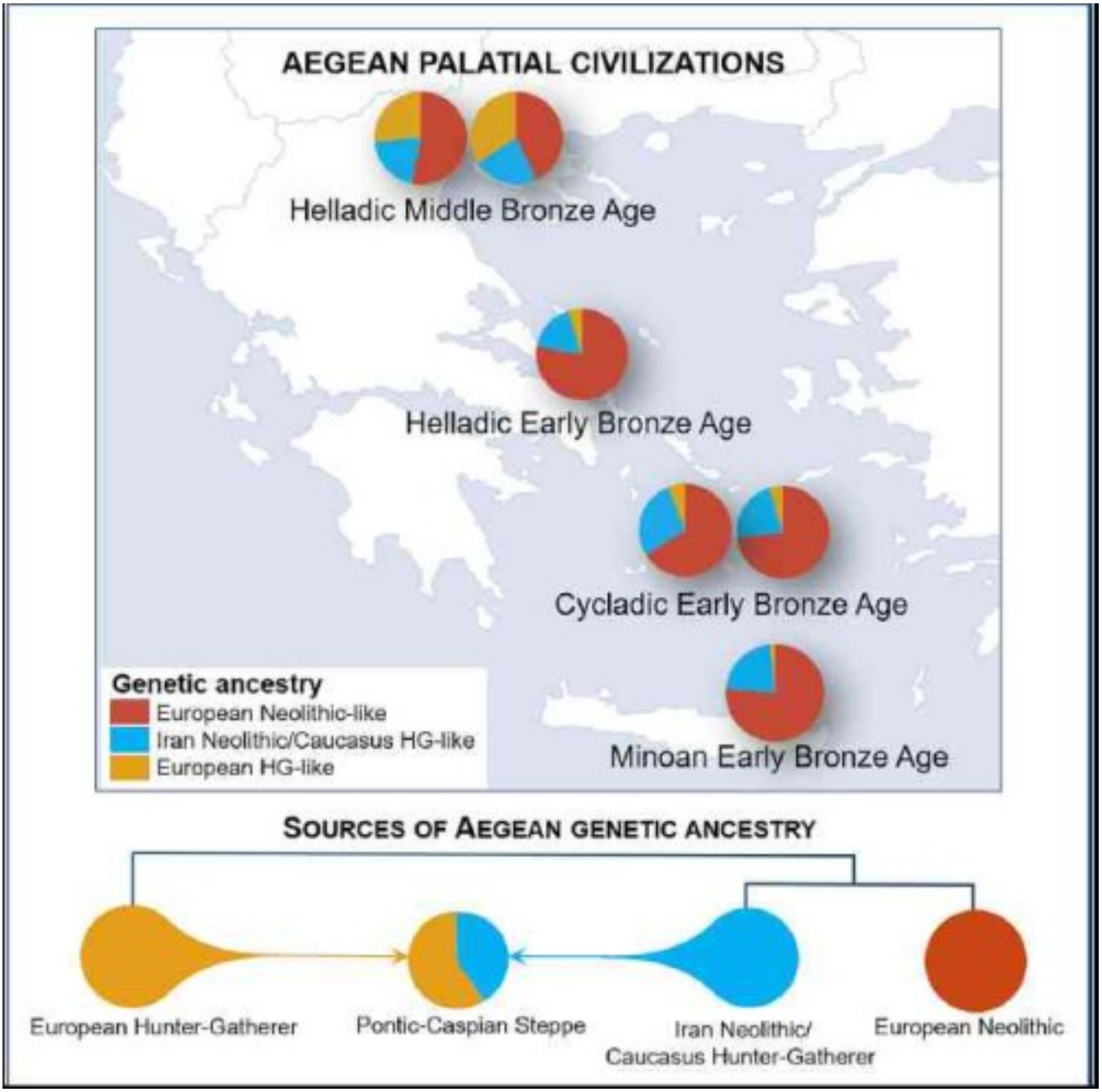
европейских охотников-собирателей. В отличие от них, в эгейских популяциях ранней бронзы этот вклад невелик, он значительно выше в популяциях элладской культуры средней бронзы. Поскольку компоненты европейских и кавказских охотников-собирателей – основные части степного генетического компонента, авторы приходят к заключению, что миграция из понто-каспийских степей внесла вклад в формирование популяций элладской культуры средней бронзы. Степное влияние прослеживается и в популяциях поздней бронзы микенской культуры. Таким образом, в эгейский регион степная волна докатилась позже, чем в прочие регионы Европы. Поскольку степной компонент отсутствует в Сардинии, авторы полагают, что несущие его группы людей не пересекали море (они не были мореплавателями).

Сравнивая фрагменты Х-хромосомы и аутосом, исследователи не нашли гендерных особенностей в потоке генов в эгейский регион в ранней бронзе. Напротив, степной генетический поток средней бронзы сюда (как, собственно, и в другие регионы Европы) был преимущественно мужским.

Результаты данной работы выявили генетическое сходство современных греков с индивидами элладской культуры; отсюда можно предположить, что современные популяции с северной Греции и Крита могут быть потомками эгейских популяций ранней бронзы с последующим смешением с популяциями, родственными степным.

Авторы проследили некоторые фенотипические черты изучаемых популяций. Предположительно, у них были коричневые глаза, темно-коричневые или черные волосы и довольно темная кожа. По цвету глаз и волос это соответствует настенным изображениям минойцев на Крите. Что касается кожи, то хотя большая часть аллелей была ассоциирована с темной кожей, у них имелись и аллели, отвечающие за посветление кожи. Ни у одного индивида не было найдено аллеля толерантности к лактозе. Притом что археологические данные говорят о наличии здесь молочного скотоводства, этот пример демонстрирует, как употребление в пищу молока начинается до появления генетической адаптации к нему.

Авторы подчеркивают, что выявленные миграционные волны в эгейский регион предшествовали появлению линейного письма B (1 450 до н.э.) в эпоху микенской культуры на Крите. А также то, что геномные данные говорят в пользу обеих гипотез, возникновения индоевропейских языков: как анатолийской, так и степной.



Доли генетических компонентов европейского неолита (красный цвет), иранского неолита и кавказских охотников-собирателей (голубой цвет) и европейских охотников-собирателей (желтый цвет) в носителях элладской культуры средней бронзы; элладской, кикладской и минойской культур ранней бронзы.

Основные выводы, сделанные авторами данной работы, практически совпадают с выводами статьи (Lazaridis et al., 2017), обзор которой можно прочитать на сайте. Это генетическая гомогенность популяций, ассоциированных с кикладской, минойской и элладской (микенской) цивилизациями и популяций западной Анатолии в раннем бронзовом веке; основную долю своего генофонда они получили от неолитического населения региона. Это генетический вклад иранского неолита и кавказских охотников-собирателей, указывающий на миграционный поток с востока. В среднем бронзовом веке в популяциях эгейского региона появляется степной генетический компонент, указывающий на влияние степной миграции. Что касается современного населения Греции, то авторы подтверждают тезис (Lazaridis et al., 2017) о его происхождении из популяции элладской (микенской) цивилизации; генофонд современных греков сфомировался еще 2000 лет до н.э. в регионе Эгейского моря.

текст Надежды Маркиной

Источник:

Florian Clemente, Martina Unterla, Olga Dolgova et al. The genomic history

of the Aegean palatial civilizations // Cell, 2021, 184, 1–22 https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.03.039

Статья в открытом доступе.