

## Источник чумы в неолите – мегاپоселения трипольской культуры?

Еще один геном чумной бациллы *Y. pestis* из останков неолитических земледельцев, наиболее древний из всех ранее изученных, привел авторов к новой модели распространения чумы по Евразии. Они считают, что источником инфекции могли быть неолитические мегاپоселения трипольской культуры на территории Молдавии, Румынии, Украины. Из них чума могла продвигаться в другие регионы по многочисленным торговым путям. Таким образом возникли штаммы *Y. pestis* бронзового века, которые, в свою очередь, достигли Европы и Азии с массовой миграцией из евразийских степей. Авторы также предполагают, что ранняя эпидемия чумы стала одной из причин неолитического упадка в Европе.

Новая статья о древней чуме [опубликована в журнале Cell](#), причем, на этот раз, не командой главного «чумного» специалиста Йоханнеса Краузе, а командой Эске Виллерслева, Копенгагенский университет, Дания. В этой работе ученые представили самый древний на сегодняшний день геном чумной бациллы *Yersinia pestis*, возрастом 4900 лет назад, найденный в Швеции, в захоронении неолитических земледельцев.

Исследованное захоронение на западе Швеции с датировкой 5100–4900 лет назад относится к неолитической культуре воронковидных кубков (TRB), в нем были погребены 78 человек. У двух индивидов (Gok2 и Gok4, обе женщины возрастом около 20 лет) авторы работы обнаружили ДНК *Y. pestis*. Наиболее полно они секвенировали геном древней бактерии из образца Gok2 (возраст 4900 лет), его и использовали для дальнейшего анализа.

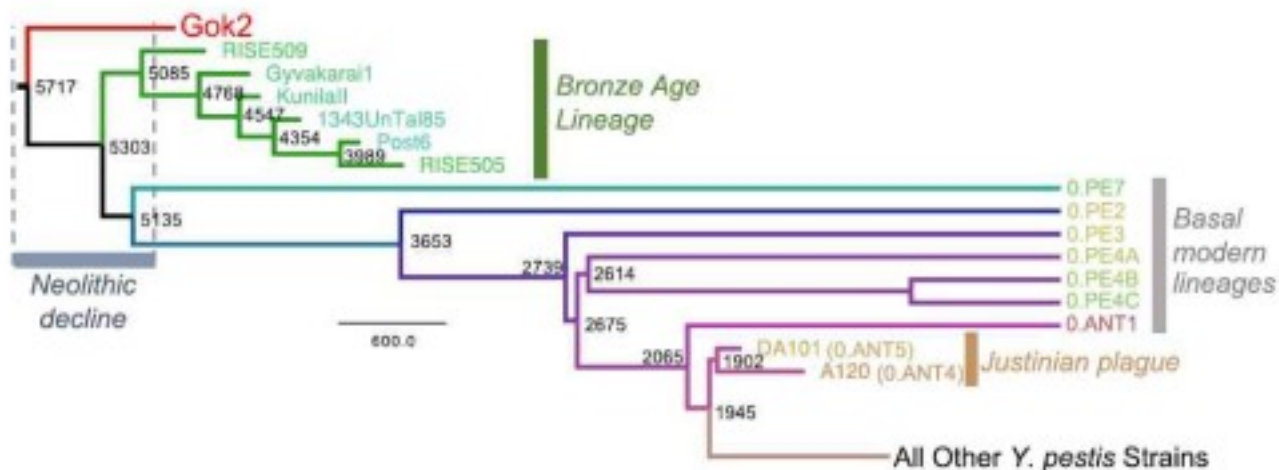


Геномы *Y. pestis*, выделенные из древних образцов. Красным цветом выделены образцы Gokhem2 и Gokhem4, изученные в данной работе; остальные — образцы *Y. pestis* бронзового века.

Чтобы определить филогенетическое положение *Y. pestis* из образца Gok2, ученые использовали данные по 183 геномам *Y. pestis* и по 27 геномам предковой бактерии *Y. pseudotuberculosis*. Прежде всего, они показали, что штамм Gok2 принадлежит линии *Y. pestis* и четко отделен от *Y. pseudotuberculosis*. Gok2 принадлежит к ветви *Y. pestis*, которая предшествовала штаммам *Y. pestis* бронзового века, таким как RISE509 (найденный на Алтае, 4800–4700 лет назад).

Для исследования геномных вариаций, которые отличают Gok2 от штаммов *Y. pestis* бронзового века, ученые проанализировали однонуклеотидные вариации (SNVs) в обеих группах. Они нашли, что из 28 однонуклеотидных вариаций 10 имеются практически во всех штаммах *Y. pestis*, а 15 оказались исключительно у Gok2. То есть штамм Gok2 и штаммы бронзового века принадлежат к разным независимым линиям *Y. pestis*. Кроме того результаты показали, что обе эти линии исчезнувшие и не представлены в современных штаммах чумной палочки.

Для реконструкции генетической истории *Y. pestis* исследователи применили метод молекулярных часов, чтобы оценить время расхождения между линиями. Выяснилось, что Gok2 отделилась от других линий примерно 5700 лет назад, ветвь штаммов бронзового века – около 5300 лет назад, а ветвь, к которой принадлежат все известные современные штаммы – 5100 лет назад. Построенное филогенетическое дерево *Y. pestis* изображено на рисунке.



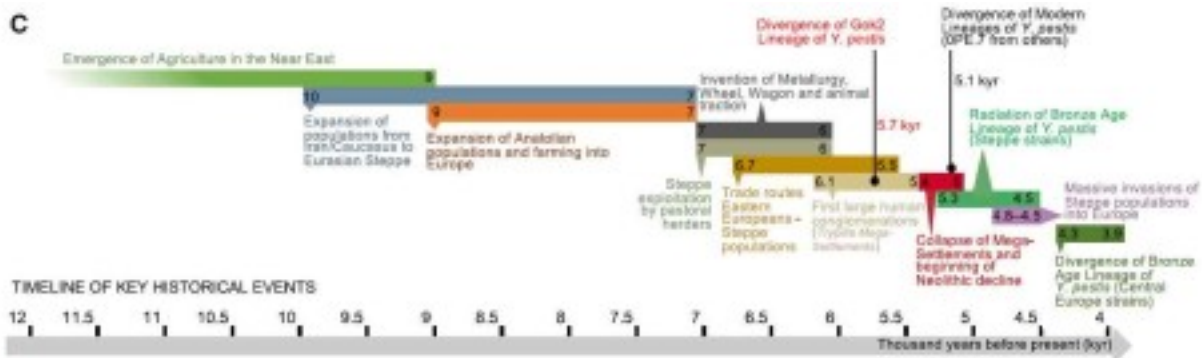
Филогенетическое дерево *Y. pestis*. Штамм Gok2 обозначен красным, штаммы бронзового века – зеленым цветом. Разными цветами – современные линии *Y. pestis*. Серый пунктир обозначает границы периоды неолитического упадка.

Исследователи объединили данные по времени разветвления и по филогении линий *Y. pestis* с данными по палеогенетике, миграциям и археологии древних популяций в Евразии, чтобы построить новую модель распространения чумы в неолите и бронзовом веке. По [гипотезе Краузе](#) основным двигателем чумы была массовая миграция из степей, случившаяся около 4800 лет назад. Чума распространялась со степной миграцией как на запад, так и на восток, и по степям с мигрирующими кочевниками из причерноморско-каспийских степей дошла до Центральной Европы и Сибири. Но Виллерслев и его соавторы отнесли первую волну чумы к более древним временам.

Они обращают внимание на первые неолитические мегапоселения в Европе, находившиеся на территории современных Молдовы, Румынии и Украины, относящиеся к трипольской культуре (6800-5000 лет назад). Эти поселения насчитывали от 10 до 20 тысяч человек, и в них создавались подходящие условия для распространения инфекционных болезней. Около 5400 лет назад мегапоселения перестают строиться по неизвестным причинам, специалисты называют этот период «неолитическим упадком» (Neolithic Decline), в это же время по всей Европе происходит снижение численности популяций. Считается, что основной причиной упадка стало истощение ресурсов. Но, по мнению авторов работы, распространение чумы тоже могло сыграть свою роль.

Середина 6-го тысячелетия назад характеризовалась стремительным развитием технологических инноваций, в том числе металлургии, и ростом коммуникаций и торговли. Развивались контакты между населением трипольской культуры и степных регионов. В соответствии с предложенной авторами моделью, в течение периода неолитического упадка в Европе, от 6000 до 5000 лет назад, *Y. pestis* разветвилась на множество линий, распространившихся по Евразии. Это произошло еще до массовой миграции из степей. Вероятно, инфекция распространялась по разветвленной сети торговых путей, связывавших поселения трипольской культуры с другими регионами, что облегчалось появлением колесного транспорта и использованием тягловой силы животных. Возникли штаммы *Y. pestis* бронзового века. И уже потом популяции степных кочевников ямной культуры, инфицированные этими штаммами, распространили чуму на восток, в Сибирь, и на запад, в Европу. Таким образом, с массовой степной миграцией авторы связывают не первое, а второе пришествие чумы.

Что касается индивида из Швеции Gok2, принадлежащего к культуре воронковидных кубков, то генетики ссылаются на археологические данные о контактах между трипольской культурой и культурой воронковидных кубков. Эти контакты могли стать и путями распространения инфекции. Исходя из этого, они предположили, что штамм *Y. pestis*, найденный у Gok2, произошел от линии, которая изначально возникла в трипольской культуре.



Хронологическая схема исторических событий и событий на эволюционном древе *Y. pestis*.

Хотя нет непосредственных доказательств патогенности древней *Y. pestis*, рассуждают авторы, ее присутствие в зубах останков из захоронения указывает на высокое содержание бактерии в крови. Вероятно, именно она стала причиной смерти людей. В геноме бактерии исследователи нашли ген, который указывает на ее способность вызывать легочную чуму – наиболее смертельно опасную разновидность болезни. Ученые выдвигают гипотезу, что эта ранняя форма чумы могла привести к масштабной эпидемии, которая стала одной из причин неолитического упадка в Европе.



Предложенная модель распространения чумы из мегапоселений трипольской культуры (обозначены синей звездой) по Европе и евразийским степям. Пути миграций *Y. pestis* показаны красными линиями, стрелки указывают на направления туда и обратно. Цветные спектры обозначают соотношения компонентов в геномах *Y. pestis* в разных регионах.

текст Надежды Маркиной

**Источник:**

Emergence and Spread of Basal Lineages of *Yersinia pestis* during the Neolithic Decline

Nicolás Rascovan, Karl-Göran Sjögren, Kristian Kristiansen, Rasmus Nielsen, Eske Willerslev, Christelle Desnues, Simon Rasmussen

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.11.005>