

ДРЕВНЕЙШИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА РАССЕЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В АРКТИКЕ

Свидетельства расселения человека в Арктике в эпоху, предшествовавшую последнему максимуму оледенения, т.е. ранее 28 тысяч лет назад (т.л.н.), чрезвычайно редки (здесь и далее используются калиброванные значения возраста, если не указано иное). Фактически эти данные стали доступны лишь в последние двадцать лет в связи с обнаружением в заполярной области континента двух важных объектов — местонахождения стоянки Мамонтова Курья на реке Уса в Европейской Арктике (П.Ю. Павлов, 1992 год) и Янской стоянки на западе Яно-Индибирской низменности в арктической Восточной Сибири (В.В. Питулько, в 2001 году). В данном контексте обнаружение следов человека, современных находкам мамонтов, и в центральной части Сибирской Арктики могло бы быть ожидаемым. Однако на п-ове Таймыр, где в результате системных поисков Л.П. Хлобыстиным в 70–80-е годы XX века были открыты десятки археологических объектов каменного века, никаких следов пребывания человека, датируемых ранее середины голоцена, выявлено не было, несмотря на наличие там великолепной базы пищевых ресурсов на протяжении всех предшествовавших тысячелетий, включая морскую изотопную стадию (МИС 3). В то же время оказались обнаружены некоторые признаки, допускающие предположение о заселении этой территории около 14–13 т.л.н.

Ранее считалось, что человек начал осваивать арктическую область земного шара лишь на рубеже голоцена. Эти представления связывались с находками на стоянке Берелёх, которая, с момента ее открытия Н.К. Верещагиным в 1971 году, на протяжении десятилетий оставалась древнейшим свидетельством расселения человека к северу от полярного круга. Древность Берелёха (14 т.л.н.) существенно уступает возрасту Янской стоянки, который на основании множества радиоуглеродных датировок культурного слоя оценивается как ~32–31 т.л.н. Возраст Мамонтовой Курьи определен по бивню мамонта с насечками как ~40 т.л.н. К сожалению, эта цифра не бесспорна, поскольку люди могли собирать и использовать более древние костные остатки мамонтов, не одновременные эпизоду прошлого присутствия людей в этой местности. Однако, так или иначе, эти материалы позволяют говорить о присутствии человека в Арктике, по крайней мере на заключительном этапе МИС 3, в интервале 32–28 т.л.н. или даже несколько ранее 32 т.л.н. (общая продолжительность МИС 3 — от 60 до 28 т.л.н.). Результаты новейших исследований существенно удлиняют историческую летопись этих событий.

В январском номере журнала Science за этот год опубликованы материалы, свидетельствующие о том, что человек жил в Арктике под 72° с.ш. уже 45 т.л.н., т.е. в первой половине МИС 3 (Pitulko V.V., Tikhonov A.N., Pavlova E.Y., Nikolskiy P.A., Kuper K.E., Polozov R.N. Early human presence in the Arctic: Evidence from 45,000-year-old mammoth remains // Science. 2016. Vol. 351. № 6270. doi:

10.1126/science.aad0554.). Основанием для такого заключения послужили результаты углубленного исследования трупа мамонта, найденного в августе 2012 года на восточном берегу Енисейского залива в трех км к северу от метеорологической станции Сопочная Карга (71° 52' 09,2" с.ш., 82° 40' 16,6" в.д.). Раскопки Сопкаргинского мамонта были проведены осенью того же года группой под руководством А.Н. Тихонова (Зоологический институт РАН).

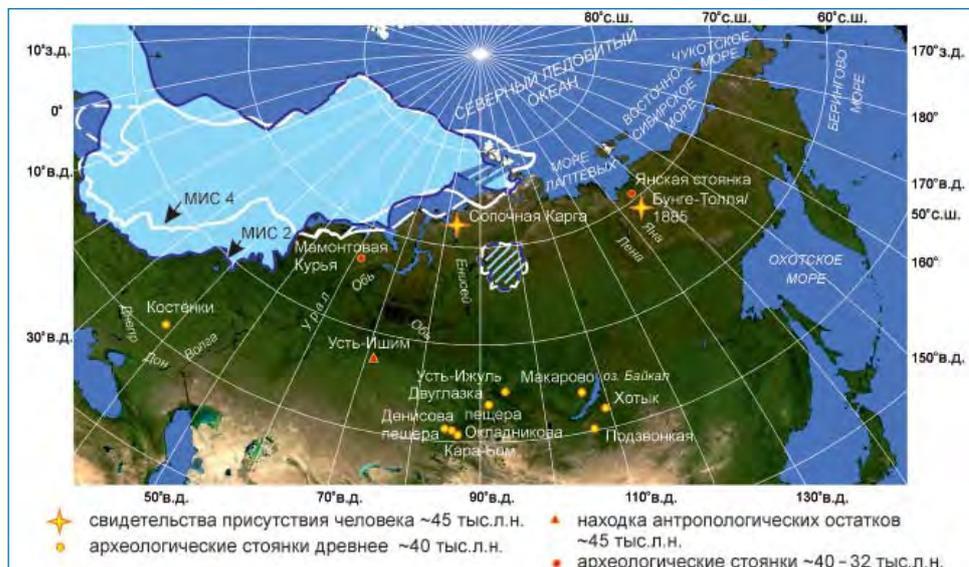
Изучение условий залегания туши и сохранность материала свидетельствовали, что остатки мамонта оказались захоронены вскоре после гибели животного на прирусловой отмели под аллювиальными осадками. Геологическое строение разреза места находки исключало возможность переотложения материала после его захоронения.

Данное заключение впоследствии в полной мере подтвердили результаты радиоуглеродного датирования как непосредственно туши мамонта, так и перекрывающих отложений, чей возраст контролирует возраст остатков мамонта. На основании этих датировок возраст туши мамонта может составлять более 40 тыс. лет. По различным органическим субстанциям, принадлежащим туше мамонта, получено несколько радиоуглеродных датировок (календарный возраст древнейшей из них лежит в пределах 49150–47100 л.н.). На основании всех четырех дат геологический возраст мамонта из Сопочной Карги может быть принят на уровне ~45000 лет назад, но может быть и несколько древнее, поскольку обсуждается возраст образцов, измеренный на пределе возможности корректного применения радиоуглеродного метода.

При раскопках было выяснено, что труп мамонта лежал на правом боку, при этом голова с правым бивнем находилась наиболее глубоко в толще отложений, а продольная ось тела была направлена под небольшим углом к береговому обрыву. Мягкие ткани сохранились частично, в основном на правой стороне туловища. Внутренние органы, за исключением фрагмента сердца и полового члена, не сохранились. Биологический возраст животного, на основании состояния зубной системы, составляет около 15 лет. Высота тела живого мамонта в холке, рассчитанная А.Н. Тихоновым по диаметру передней

Местонахождения и стоянки верхнего палеолита Северной Евразии, возраст которых превышает 40000 лет.

Сплошной белой линией показаны максимальные пределы распространения ледника около 60000 лет назад, голубым фоном обозначено положение края ледника в эпоху последнего ледникового максимума около 20000 лет назад, штриховкой обозначены области потенциального распространения ледника.



стопы и длинным костям конечностей, могла быть от 230 до 245 см. Интересной физической особенностью животного является изначальное отсутствие одного из бивней (левого), что не помешало мамонту выжить и достичь половой зрелости. Правый бивень — слабоизогнутый, тонкий. Большое количество жира, сохранившееся в области холки (жировой горб), свидетельствует, что мамонт находился в хорошей физической форме, кормные условия были удовлетворительными, а гибель произошла, вероятно, осенью или в начале зимы.

Таким образом, мамонт из Сопочной Карги является, в строгом смысле, не столько находкой тела мамонта, сколько сохранившимся с исключительной полнотой скелетом мамонта с небольшим количеством мягких тканей. Полнота скелетных элементов существенно превосходит недавние аналогичные находки на Таймыре, известные как Кастыктахский мамонт и мамонт Жаркова, изучение которых организовали соответственно И.И. Кириллова и Д. Моль.

Весной 2013 года остатки Сопкаргинского мамонта были доставлены в Зоологический музей РАН (Санкт-Петербург) в блоке мерзлого грунта, где они были окончательно освобождены от вмещающих отложений и изучены нами с археологической точки зрения при участии группы коллег из различных научно-исследовательских учреждений России. При осмотре костей на них был выявлен ряд необычных повреждений. По крайней мере часть из них — перимортальные и могли быть получены животным исключительно в результате контакта с человеком. Имеются и некоторые постмортальные повреждения, которые появились сразу же после гибели мамонта. Фактически можно утверждать, что животное было убито человеком в результате произошедшего охотничьего эпизода, частично разделано и использовано, а затем, по какой-то причине, оставлено.

Перимортальные повреждения представлены на левой скуловой кости, левой лопатке, пятом левом и втором правом ребре. Несомненные постмортальные повреждения отмечены на кончике правого бивня и нижней челюсти.

Повреждения на пятом левом ребре и левой скуловой кости выглядят наиболее впечатляюще. На внутренней поверхности скуловой кости обнаружено небольшое отверстие, заполненное частицами осадка, кость равномерно патинирована и не имеет следов свежих повреждений. Эта необычная патология была изучена средствами компьютерной томографии (К.Э. Купер, Институт ядерной физики им. Будкера, СО РАН, Новосибирск).

По форме пробоины можно предположить, что орудие, проделавшее ее в теле кости, имело несколько уплощенные симметричные очертания (в сечении на уровне входного отверстия — короткая ось 3,4 мм, длинная — 5,1 мм) и было довольно острым (высота равностороннего треугольника при ширине основания 5,1 мм составляет 3,42 мм).

Представляется, что в данном случае было использовано крупное массивное каменное острие с линзовидным поперечным сечением. На твердость материала орудия косвенно указывает большой объем разрушений костей черепа, уничтоженных при нанесении удара (при этом острие сохранило свои боевые свойства и оказалось способно пробить поверхность скуловой кости с внедрением в нее на 3,5 мм). Удар, очевидно, был очень сильный и был нанесен животному сзади слева, в направлении сверху вниз. Такое возможно только в том случае, когда животное лежит на земле.

Само по себе повреждение является, вероятно, следствием промаха при нанесении удара в основание хобота, случившегося, возможно, вследствие конвульсивного движения головы животного или оборонительных движений хоботом, из-за чего не было возможности нанести удар во фронтальной плоскости и добить мамонта. Подобный специфический при-

ем, по свидетельству С.Ф. Кулика, донныне практикуется аборигенами Африки в качестве «удара милосердия» при охоте на слонов. Помимо болевого шока, результатом данного действия является обильное кровотечение, вызывающее скорую смерть животного.

Необходимость добить раненое животное на охоте возникает в случае, если ему уже нанесены достаточные повреждения. Следы таких повреждений имеются на скелетных элементах грудной области мамонта во множестве. Среди них — поврежденные ребра и левая лопатка. Наиболее примечательно повреждение на пятом левом ребре, возникшее в результате рассекающего удара, нанесенного спереди и несколько сверху, по нисходящей траектории. Удар пришелся по касательной, но был достаточно сильным для того, чтобы пробить шкуру и мышцы и повредить кость. Подобный, но менее сильный удар пришелся во второе правое переднее ребро и также оставил повреждение на кости.

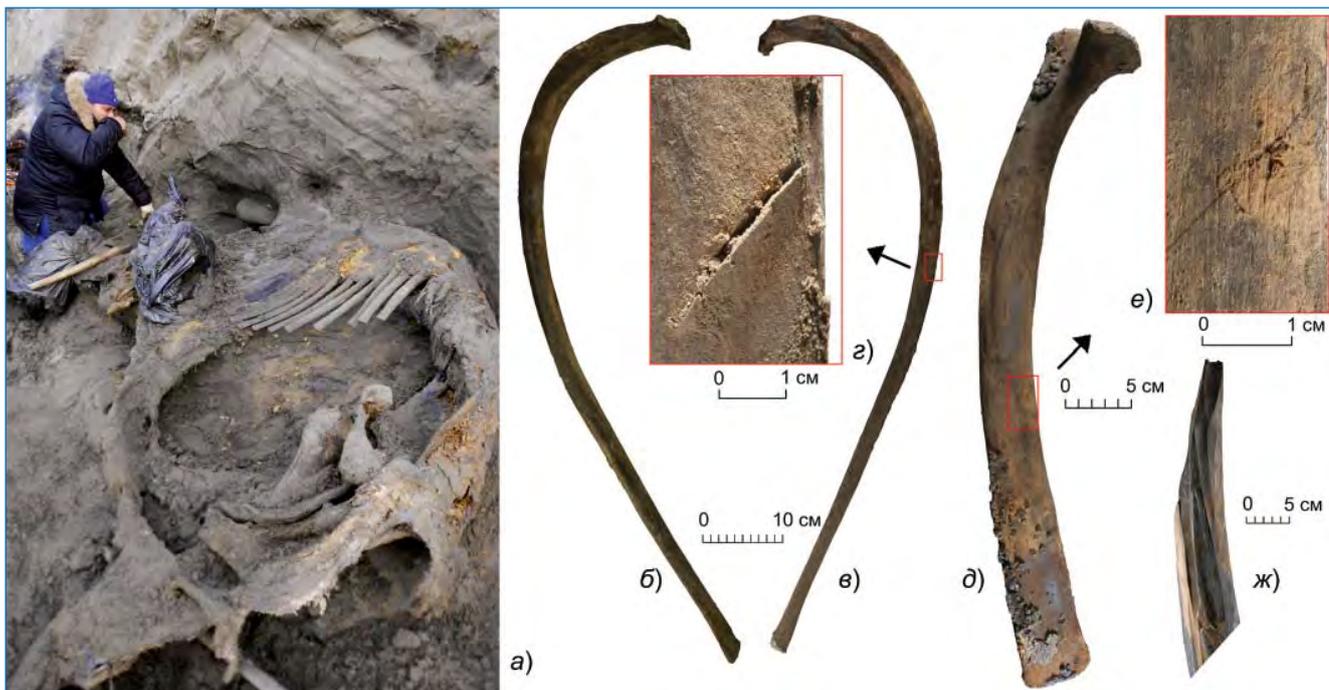
Мамонт из Сопочной Карги получил также, как минимум, три попадания в левую лопатку. Два из них, судя по локализации выбоин у верхнего по положению в скелете края лопатки справа от гребня, были нанесены орудием, пробившим шкуру и мышцы по нисходящей траектории, двигаясь сбоку-сверху. Так же как и в случае с ребрами, это, очевидно, следы воздействия, оставленные относительно легкими метательными копьями.

Гораздо более мощный удар оставил повреждение на гребне левой лопатки. Можно предполагать, что он был нанесен тяжелым копьём спереди, в результате чего были пробиты шкура и мышцы плеча, а гребень лопатки был пробит практически насквозь. В результате удара сформировалась сетка трещин, кость частично оказалась выгнута в направлении удара. Учитывая положение лопатки в скелете мамонта и расчетную высоту данного животного в холке, можно заключить, что точка поражения находилась на высоте примерно 1,5 м, т.е. на уровне плеча взрослого человека. Таким образом, имеющиеся свидетельства не оставляют сомнений в том, что мамонт из Сопочной Карги погиб в результате встречи с человеком.

Документальные свидетельства охоты на мамонтов, даже в гораздо более поздние эпохи — большая редкость и известны в немногих памятниках палеолита — например, в Костёнках (Восточно-Европейская равнина) и Луговском (Западная Сибирь), однако они являются наиболее многочисленными и выразительными в материалах Янской стоянки. Скорее всего, стратегия и тактика охоты на мамонтов напоминала практику этнографически современных аборигенов Африки, описанную еще Ливингстоном как «копейный град». Мишенью в таком случае является грудной отдел в целом, что позволяет поразить на выбор различные жизненно важные органы (легкие, сердце, печень) и вызвать опасное кровотечение или же просто ограничить подвижность животного многочисленными ранениями, ни одно из которых по отдельности не является фатальным. Повреждения, наблюдаемые на костях мамонта из Сопочной Карги, наглядно убеждают в существенной древности подобной тактики охоты на этих животных.

Среди постмортальных повреждений наиболее интересны следы антропогенного воздействия, отмеченные на правом бивне. Можно было бы ожидать их присутствие в основании бивня — вблизи альвеолярной области, как следствие попытки отделения бивня рубящими ударами и сломом, что является обычной практикой. В данном случае они, напротив, локализованы на кончике бивня, с которого снято несколько сравнительно тонких щепков, в основном с внутренней стороны и с боков, т.е. на поверхностях, наиболее удобных при положении бивня в альвеоле.

Фасетки, образованные несколькими последовательными снятиями, перекрывают друг друга. Эти следы не могут быть



Раскопки Сопкаргинского мамонта (а) и свидетельства травматического воздействия орудий древнего человека, наблюдаемые на костных остатках Сопкаргинского мамонта: на пятом левом ребре (б, в – вид ребра спереди и сзади, г – крупный план участка с рассечением), на втором правом ребре (д – общий вид, е – участок с повреждением), обработанный кончик бивня (ж).
 Фото А.Н. Тихонова; лабораторная фотосъемка – П.И. Иванов.

результатом никакого естественного процесса или тафономии. Межфасеточные ребра не имеют следов сглаживания, а остаточная толщина бивня на оконечности обработанной части настолько мала (~3 мм), что он не мог бы сохраниться в таком виде, если бы повреждение было прижизненным.

Можно предположить, что целью такой операции являлось получение тонких длинных щепок бивня, имеющих острый край и пригодных в качестве разделочных орудий в местности, где каменное сырье надлежащего качества не всегда было доступно. Кончик бивня имеет относительно более толстый слой цемента, который достаточно прочен и образует острый режущий край при отделении отщепы, который далее может быть использован в качестве режущего инструмента и/или скребла. Подобные предметы встречаются, хотя и не часто, на стоянках каменного века Сибирской Арктики, причем именно в тех районах, где каменное сырье для крупных режущих орудий является большой редкостью. В любом случае, это единственное разумное предположение, с помощью которого можно объяснить наличие участка бивня, модифицированного в таком стиле.

Таким образом, в результате раскопок туши мамонта вблизи полярной станции Сопочная Карга близ устья Енисея и изучения обстоятельств его смерти выявлен несомненный факт эпизода расселения человека в Арктике около 45000 л.н. На данный момент это древнейшее свидетельство такого рода не только на п-ве Таймыр, но и в Арктике в целом.

Как широко эти люди расселялись в Арктике и кем они были? Обычно, при обнаружении в этом регионе следов деятельности человека, чей возраст существенно превышает древность ранее известных, их объявляют свидетельством начального расселения человека в Арктике. Возраст Сопкаргинского мамонта и связанного с ним эпизода человеческой деятельности в центральной части Евразийской Арктики почти удваивает имеющуюся летопись заселения человеком этой области планеты, но и он, как установлено, для Арктики не уникален.

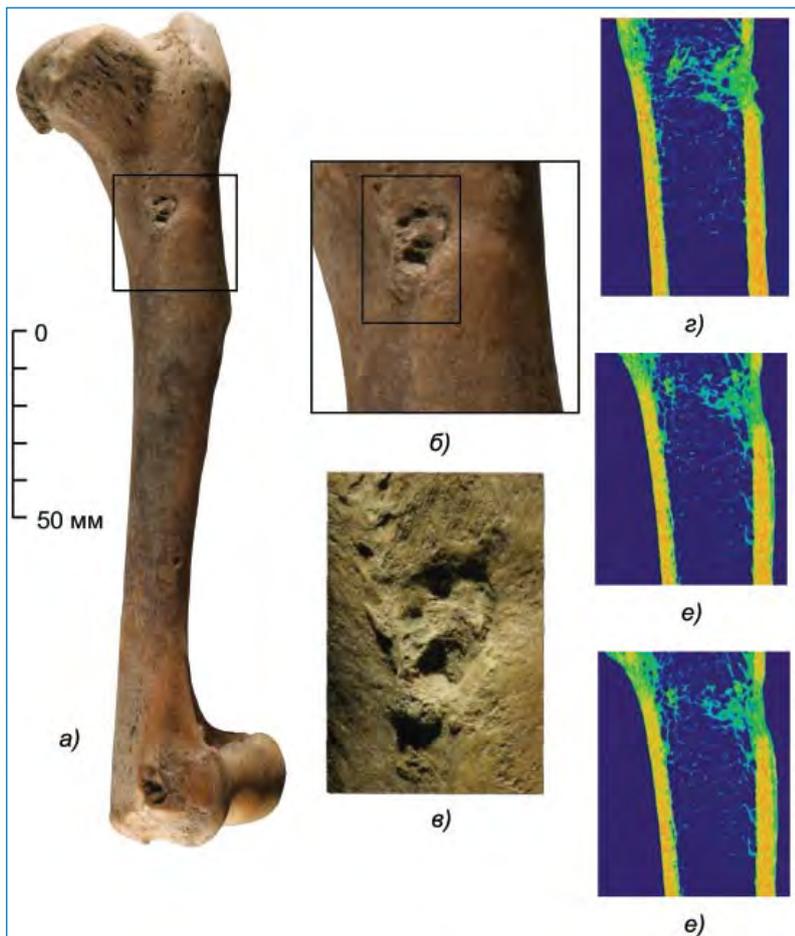
В том же 2012 году на р. Яне в восточной Сибирской Арктике на местонахождении позднеплейстоценовой фауны

(68° 55' 05,2" с.ш., 134° 28' 46,2" в.д.) была сделана уникальная находка. Впервые это место было описано Э.В. Толлем (в 1885 году, в период его участия в экспедиции А.А. Бунге). В память этих замечательных исследователей оно названо нами «Стоянка Бунге–Толля/1885». Здесь найдены многочисленные остатки бизона, носорога и мамонта, а также единичные кости животных других видов и в том числе — левая плечевая кость плейстоценового волка. На ее внешней боковой поверхности была замечена патология, имеющая травматическое происхождение.

Кость была исследована на стандартной рентгеновской установке и средствами компьютерной томографии. Установлено, что патология является результатом травмы, полученной в результате проникающего ранения острым предметом, форма и размеры которого однозначно опознаются в качестве метательного оружия, а сама травма могла быть получена этим животным только в результате контакта с человеком. Признаки заживления раны, по заключению Р.Н. Полозова (Педиатрический университет, Санкт-Петербург), говорят о том, что волк прожил не менее трех месяцев после получения травмы.

Прямое радиоуглеродное датирование данного образца говорит о том, что этот эпизод имел место 44650 ± 950 /–700 (GrA 57022) лет назад, т.е. является близким по времени к таймырскому событию. Два этих эпизода вместе свидетельствуют, что уже на начальных этапах МИС 3 люди расселялись в Арктике достаточно широко, хотя это население вряд ли было многочисленным и оставалось таким еще долго.

На заключительном этапе МИС 3 в различных регионах Арктики этими людьми оставлены определенные следы деятельности, известные сейчас в различном объеме на Мамонтовой Курье (бассейн р. Печоры), Янской стоянке (запад Яно-Индибирской низменности) и других памятниках арктической Сибири. Имеются они и на Таймыре, где заполняют, до некоторой степени, временную лауну между возрастом находки на Сопочной Карге (ранний этап МИС 3) и среднеголоценовой стоянкой Тагенар. Так, в 2008 году на р. Кастыктах, одном из притоков р. Дудыпты, был обнаружен неполный скелет взрос-



Правая плечевая кость плейстоценового волка со стоянки Бунге–Толля/1885: общий вид (а), крупный план участка кости с патологией (б), регенерация кости на месте пробоины (в), томографические срезы (г–е) на разной глубине, хорошо видны фрагменты кортикального слоя кости, внедренные в пробоину вследствие проникающего ранения острым предметом. Лабораторная фотосъемка – П.И. Иванов; компьютерная томография – К.Э. Купер.

лой не крупной самки мамонта. Геологический возраст находки ~30 тыс. лет.

При изучении этих остатков было установлено, что некоторые ребра имеют патологии, не связанные с общим состоянием костной ткани. Повреждения являются прижизненными и расположены соответственно в средней и нижней частях ребер, хотя, по мнению И.И. Кирилловой, возникли не одновременно. Помимо указанных, имеются повреждения и на правой лопатке животного. Характер этих повреждений, на наш взгляд, соответствует следам охотничьего воздействия, наблюдаемым на костных остатках из Янской стоянки и, особенно, мамонта из Сопочной Карги. Костные остатки Кастыктахского мамонта, таким образом, имеют следы, которые вполне однозначно являются свидетельством контакта с человеком и говорят о существовании на Таймыре людской популяции, осуществлявшей охоту на мамонтов в конце МИС 3. Весьма интересно, что во всех трех районах Арктики, где такие следы известны, это происходило приблизительно одновременно, что, возможно, связано с динамикой изменений численности популяций мегафауны, в первую очередь мамонтов, отмечаемой П.А. Никольским, Л.Д. Сулержицким и другими исследователями.

Природные условия МИС 3 в Евразийской Арктике были благоприятны для развития популяций крупных травоядных позднего плейстоцена, включая популяции мамонтов в различных областях региона. В целом это были открытые безлесые ландшафты тундро-степного типа, северная область «ма-

монтовой степи», с локальным своеобразием («мозаичным» характером), predetermined рельефом, дренажем, инсоляцией, увлажнением для каждого конкретного участка местности. Популяции крупных травоядных составляли практически неисчерпаемый пищевой ресурс, служили субстратом для расселения человека, следы пребывания которого в доледниковую эпоху известны теперь как в Европейской, так и в Сибирской Арктике.

На п-ве Таймыр мамонты обитали на протяжении длительного времени. Реконструированы колебания их относительной численности, которые во многом подобны изменениям численности популяции мамонтов региона Новосибирских о-вов и севера Яно-Индигорской низменности, что позволило сделать вывод о едином типе пространственно-временной динамики популяций мамонтов Сибирской Арктики, управляемой внешним климатическим фактором.

Анализ результатов массового радиоуглеродного датирования костных остатков мамонтов, как было ранее показано Л.Д. Сулержицким, позволяет утверждать, что в эпоху МИС 3 на п-ове Таймыр существовала вполне благополучная, стабильная популяция мамонтов, прекратившая свое существование лишь в начале голоцена. Общая направленность природных изменений в периоды, подобные МИС 3, закономерным образом приводила к формированию в северных областях участков с рефугиумными условиями, благодаря которым могли сохраняться и развиваться в дальнейшем популяции плейстоценовой мегафауны. Такие популяции, занимающие ограниченное пространство, не могли не служить «приманкой» для древнего человека северной Евразии, что в конечном счете на рубеже голоцена оказалось для большинства крупных видов плейстоценовых зверей фаталь-

ным, ибо способствовало их быстрому истреблению людьми. В то же время, как показано П.А. Никольским, в эпоху МИС 3 соседство с человеком, по крайней мере в Сибирской Арктике, не оказывало существенного влияния на численность таких популяций, вероятнее всего, по причине низкой плотности человеческого населения региона.

Данные, на основании которых можно было бы говорить об облике людей, населявших Арктику в начале МИС 3, отсутствуют. Широко известная модель С. Оппенгеймера, основанная на изучении истории митохондриального генома анатомически современных людей, не предполагает наличия в Сибири такого населения к северу и востоку от Байкала ранее 30000–20000 лет назад. Но это всего лишь модель, и, согласно одной из таких моделей, существовавшей до открытия памятников возрастом около 32000 лет назад, заселение Арктики не могло состояться ранее 14000–13000 лет назад. Как было выяснено впоследствии, данная модель всего лишь отражала объем имевшихся сведений, тогда как современная доказательная база расширяет протяженность летописи расселения человека в Арктике далеко за пределы заключительного отрезка позднего плейстоцена.

Искапаемые свидетельства, на основании которых можно было бы оценивать процесс расселения человека по просторам северной области Евразии, крайне фрагментарны. Среди них, прежде всего, полностью отсутствуют какие-либо физические доказательства расселения неандертальцев в областях, близких к полярному кругу (они не встречаются к северу от 48° с.ш.).

Для анатомически современных людей возраст имеющихся известных находок, за редким исключением, не превосходит 25000 лет. Для Европы время расселения нашего вида оценивается, по совокупности данных, не ранее 50000 лет назад. Однако в Восточной Азии в целом известен ряд датированных находок, чей возраст существенно превышает этот временной рубеж.

В этом контексте имеет смысл возраст усть-ишимской находки фрагмента бедренной кости человека (Иртыш, Омская область, Западная Сибирь), по образцу из которой международной исследовательской группой С. Паабо секвенирован геном анатомически современного человека, возраст которого составляет 45000 лет. Эта находка происходит из района, географически довольно близкого к устью Енисея (в 1500 км к юго-западу от него), а в плане геологического возраста принадлежит тому же хроносрезу, что и остатки охоты первобытного человека, открытые близ Сопочной Карги. Как представляется, это совпадение дает некоторые основания связывать древнейшие на данный момент свидетельства присутствия человека в Арктике с расселением анатомически современных людей.

Вне зависимости от физического облика этих людей наиболее важным в данном случае является их способность выжить в условиях арктической природной среды и широко расселиться в пределах региона уже на раннем этапе МИС 3, видимо, несколько ранее 45000 лет назад. Ключевым условием для этого было, по-видимому, овладение технологиями обработки бивня мамонта, в частности, умение изготавливать из них длинные стержни и острия, способные восполнить дефицит дерева, обычный для условий открытых пространств. Об их культуре в настоящий момент судить трудно — для этого

необходим комплекс находок, т.е. «стоянка», тогда как в настоящий момент мы располагаем лишь свидетельствами присутствия людей в Арктике. Но, несмотря на фрагментарность, они бесспорны.

Эти новые находки примечательны не только тем, что существенно удлиняют летопись расселения людей в Арктическом регионе и меняют представления о границах обитаемого мира в Северной Евразии, где археологические памятники сопоставимого возраста не встречаются к северу от 55° с.ш. Благодаря находкам из Сопочной Карги, эта граница сдвинулась на ~2000 км к северу, с одновременным колоссальным приращением обитаемой территории в восточном направлении, вплоть до западных областей Берингии.

В широком смысле обсуждаемые материалы могут иметь отношение к проблеме первоначального проникновения человека в Новый Свет. Палеогеографические условия МИС 3 характеризуются, в том числе, довольно низким положением уровня океана относительно современного (–80/–60 м), что означает наличие Берингийского моста суши между Евразией и Америкой, где при одновременном сокращении объема оледенения в относительно теплых межледниковых условиях МИС 3, очевидно, существовал безледный коридор. Таким образом, у древних охотников арктической Сибири было достаточно времени, чтобы воспользоваться открытыми перед ними воротами в Новый Свет. Однако воспользовались ли они этой возможностью, на данный момент сказать трудно.

В.В. Питулько (Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург)

ПОИСК И СБОР ВЕЩЕСТВА ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОЛЕВЫМ ОТРЯДОМ УРФУ В РАЙОНЕ ГОРЫ ЛОМОНОСОВА (МАССИВ ВОЛЬТАТ, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

Метеориты — это природные тела, попавшие на Землю из открытого космоса. Материал, из которого они состоят, — это основное доступное вещество внеземного происхождения, представляющее интерес для ученых, работающих в самых разных областях мировой науки. Изучение метеоритного вещества позволяет решать научные задачи в областях планетологии и астрономии, астероидной опасности и астробиологии, минералогии и материаловедения.

В Антарктиде существует особый механизм накопления метеоритов и метеоритной пыли. Огромные площади антарктических ледников являются естественными аккумуляторами космического вещества на протяжении многих миллионов лет. Поскольку ледники находятся в постоянном движении, они не только накапливают в своей толще образцы метеоритов, но и «транспортируют» их. Со временем лед сползает с куполов к океану, неся в своей толще метеориты. Если на пути льда оказываются горы, скальные гряды или нунатаки, лед начинает напирать на них, при этом слои древнего льда поднимаются к поверхности.

Трансформация ледяных языков сопровождается сдуванием снега, эрозией и сублимацией поверхностных слоев льда под действием сильнейших стоковых ветров (200–300 км/ч), в результате чего образуются участки голубого льда, которые хорошо видны на спутниковых снимках поверхности Антарктиды. В результате всех этих процессов содержащийся в толще льда инородный материал, в частности метеориты, оказывается на поверхности ледника и относительно легко обнаруживается на участках голубого льда. Сухой воздух и низкие

температуры обеспечивают сохранность «космических пришельцев» на протяжении многих лет.

Первые находки метеоритов на участке голубого льда были сделаны вблизи гор Ямато, и с 1974 года стартовали ежегодные японские, а с 1976 года — американские метеоритные экспедиции ANSMET (США). За все время работы они нашли уже более 30000 метеоритов, что составляет порядка 2/3 от всех найденных метеоритов на Земле, среди них марсианские и лунные метеориты.

Визуальный поиск метеоритов на участках голубого льда.

