



Манахов П.Д.^{1, 2)}

¹⁾МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра антропологии, Ленинские горы, д. 1, ст. 12, Москва, 119234, Россия

²⁾МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и музей антропологии, ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЕВРОПЫ И ВОСТОЧНОЙ АЗИИ В ТЕЧЕНИЕ СРЕДНЕВЕКОВОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА И МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

Введение. Настоящий обзор посвящен исследованиям в области климатической истории Евразии последних 1500 лет.

Материалы и методы. Рассматриваются и сравниваются результаты работ по палеоклиматологии, большая часть которых опубликована в течение последних 15 лет. Кратко описываются методы, с помощью которых получены реконструкции климатов прошлого – палинологический, дендрохронологический, гляциологический (на основе изучения ледниковых кернов).

Результаты. Описываются современные реконструкции климата территории Европы и Восточной Азии в течение двух важнейших климатических событий прошлого тысячелетия – средневековой теплой эпохи X–XIII вв. и малого ледникового периода XV–XIX веков. Приводится информация о влиянии климатических условий этих эпох на жизнь и хозяйственную деятельность населения Европы и Китая.

Заключение. Сравнение реконструкций, происходящих из разных регионов Евразии подтверждают глобальный характер, который носили потепления и похолодания в эти эпохи, а также связь между многолетними метеорологическими явлениями в Европе и Азии.

Ключевые слова: реконструкция климатических условий прошлого; средневековая теплая эпоха; малый ледниковый период; Европа; Восточная Азия; палеоэкология; палеоклиматология

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-3-12

Введение

Изменения климатических условий в историческое время и воздействие, которое они оказывали на жизнь и хозяйственный уклад человека, интересовало ученых на протяжении всего XX в. По мере накопления и систематизирования данных, полученных как из письменных источников, так и с помощью различных методов – палеопалинологического, дендрохронологического, гляциологического и других – было установлено, что на территории Европы в течение

последних 1500 лет наблюдалось две эпохи – теплая, продолжавшаяся примерно с VIII по XIII в., и холодная, пришедшая на смену первой и продолжавшаяся с XV в. и вплоть до середины XIX в. [Masson-Delmotte et al., 2013; p. 409]. В климатологической литературе за ними закрепились названия «средневекового климатического оптимума» (или «средневековой теплой эпохи») и «малого ледникового периода» (МЛП).

Привлечение данных по истории климатических условий в других частях земного шара позволило установить, что подобные продолжи-

тельные теплые и холодные эпохи существовали и за пределами Европы. Тем не менее, вопрос о том, носили ли эти изменения климата повсеместный и одновременный характер, долгое время оставался предметом дискуссий. В настоящее время многие исследователи сходятся во мнении, что процессы потепления и похолодания на протяжении последних 2000 лет в разных частях света протекали различно и несинхронно [Neukom et al., 2019]. Тем не менее, усредненные мировые реконструкции и компьютерные симуляции климатических условий позволяют говорить о глобальном (хотя и не всегда одновременном) характере этих феноменов по крайней мере для внетропических территорий Северного полушария [Клименко, 2001; Mann et al., 2009; Masson-Delmotte et al., 2013].

В свете этого особый интерес вызывает сравнение данных по реконструкциям изменений климатических условий на территории Европы и Восточной Азии, в частности, территории современного Китая. Помимо обширного (хотя и происходящего в основном из горных регионов) дендрохронологического материала, на котором основано до 90% локальных реконструкций климатических условий [Shi et al., 2012], для территории Восточного Китая известно большое количество письменных источников (как правило, разнообразных хроник и путевых заметок), содержащих в себе сведения о многолетних погодных наблюдениях [Chu et al., 2012; Hao et al., 2020a], а изучение отложений пещер и озер Южного Китая предоставляет любопытные данные о характере течения средневекового климатического оптимума и малого ледникового периода в тропических широтах Северного полушария.

Исследований на русском языке, обобщающих результаты реконструкций климатических условий в глобальном масштабе, на данный момент все еще немного, и многие из них (в частности, посвященная климату средневековой теплой эпохи монография В.В. Клименко, 2001 г.) основываются на данных, полученных в 1970–1990-х годах. Таким образом, одной из главных целей данного обзора служит познакомить русскоязычного читателя с более современными реконструкциями климата прошлого, созданными в течение последних 15–25 лет.

Данный обзор ориентирован в первую очередь на специалистов в области антропологии и антропоэкологии, занимающихся проблемой адаптации человека к климатическим условиям, поскольку для успешного проведения та-

кого рода исследований необходимо понимание исторической динамики локального климата, в условиях которого формировались и проживали исследуемые популяции на протяжении последних тысячелетий. Особенно важно это в свете недавних исследований, результаты которых позволяют предположить, что некоторые морфологические адаптации к климатическим условиям, в частности, в строении носовой полости и лицевого черепа в целом, могут проявиться в популяции в относительно краткие сроки – в течение 500 лет [Manakhov, Evteev, 2023]

Материалы и методы

Материалом послужили данные из открытых источников. Статьи исследователей за последние 15–25 лет получены в запросе поисковых систем Google Scholar, eLIBRARY.RU и Web of Science по следующим ключевым словам «Medieval Warm Period», «Little Ice Age», «climate reconstruction», «paleoclimatology», «Europe», «East Asia», «China». Всего в анализ вошло 77 статей и монографий на русском, английском и китайском языках, в публикации цитируются основные результаты 45 работ, наиболее полно реконструирующих климатические условия исследуемых эпох и исследующих их влияние на жизнь человека.

Большинство рассматриваемых в данном обзоре работ опирается на три основных метода реконструкции климатических условий прошлого – палеопалинологический, дендрохронологический и гляциологический (на основе изучения ледниковых кернов).

В рамках палеопалинологического метода (или «метода пыльцевых спектров») анализируется состав пыльцы, сохраняющийся в различного рода отложениях – аллювиальных, озерных, морских, и т. д. Лучше всего пыльца сохраняется в торфе и озерных отложениях. По видовому составу пыльцы, захороненной в конкретном слое и по процентному соотношению этих видов растений (с поправкой на уровень их пыльценосности) делается вывод о составе растительности окрестных территорий в период накопления данного горизонта, а по нему, в свою очередь, реконструируются климатические условия местности в прошлом [Борисов, 1965, с. 14].

В рамках дендрохронологического метода изучается изменчивость годового прироста древесины («древесных колец»), по которой возможна реконструкция климатических условий в

прошлом (засух, похолоданий и т. д.). Ценность метода заключается в том, что с его помощью можно анализировать не только материалы, отобранные из живых растений (обычно специальным образом высверливаемых радиальных кернов), но и археологические находки и строительные материалы (например, бревна, из которых сложены срубы и деревянные церкви XVIII–XIX вв.).

Метод реконструкции палеоклимата на основе ледниковых кернов основан на изучении соотношения изотопов кислорода ^{18}O и ^{16}O в ледниковом льде. Так как вода, содержащая большое количество «легкого» изотопа ^{16}O быстрее переходит в газообразное состояние, чем вода, содержащая «тяжелый» изотоп ^{18}O , осадки, проливающиеся над сушей, будут содержать значительное количество ^{16}O . Таким образом, в холодные периоды доля осадков, выпадающих в виде снега в полярных и высокогорных регионах и в дальнейшем сохраняющихся в виде льда в ледниках, будет выше, чем в теплые периоды, и слои, заложенные в это время будут отличаться пониженным соотношением $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. В теплые периоды, характеризующиеся таянием ледников, напротив, значительное количество воды, содержащей изотоп ^{16}O , будет высвобождаться и вместе со стоком попадать в океан [Рыбак, 2006].

При сопоставлении результатов палеоклиматических реконструкций, основанных на различных данных и различных регионах, следует учитывать, что в разных работах используются разные определения «современных» климатических переменных – в одних работах в качестве современных температур рассматриваются температуры конца XIX – первой половины XX в., в других – второй половины XX в. В нашем обзоре для всех упоминаний реконструкций древних температур мы приводим информацию о том, с температурами какого периода они сравниваются.

Результаты и обсуждение

Средневековый климатический оптимум

Согласно реконструкциям среднегодовых температур, полученным прежде всего на основе анализа годовых колец деревьев, в период примерно с 830 по 1100 г. по всему Северному полушарию наблюдалась эпоха повышенных температур [PAGES..., 2013]. Пик средневекового климатического оптимума по Северному полушарию в целом относится скорее к 950–1049

гг. [Christiansen, Ljunqvist, 2012], однако многолетние флуктуации среднегодовой и среднесезонных температур и хронологическая принадлежность отдельных пиков в разных частях света несколько расходятся.

В настоящее время на территории Западной Европы в рамках средневековой теплой эпохи отмечается два пиковых периода: в X в. и в конце XII – начале XIII в., разделяемые относительно прохладным периодом в XI в. [Клименко, 2001; Lamb, 1977; Luterbacher et al., 2016]. В оба этих теплых периода средние летние температуры превышали аналогичные показатели для конца XIX в. более, чем на $0,5^\circ\text{C}$. Для Восточной Европы также отмечаются два пиковых теплых периода в X–XI вв. и в конце XII – начале XIII в., однако выявляются они прежде всего по реконструкциям среднегодовых и средних зимних температур; кроме того, в отличие от Западной Европы, потепление в первый пиковый период было заметно более выраженным – средние годовые температуры около 980 г. примерно на $0,7^\circ\text{C}$ выше показателей для второй половины XX в., в то время как около 1180 г. – всего лишь на $0,4^\circ\text{C}$. Как и в случае Западной Европы, эти два пика разделяются продолжительным периодом холодных зим в 1050–1150 гг. [Слепцов, Клименко, 2005].

Реконструкций изменчивости количества осадков в период средневекового климатического оптимума для территории Европы до сих пор довольно мало, однако существующие данные позволяют говорить о том, что по крайней мере в Центральной Европе в X и XIII–XIV вв. наблюдались плювиальные условия, а в XI–XII в. – аридные [Büntgen et al., 2011; Cook et al., 2015; Hao et al., 2020b]. Для территорий Северной и Северо-восточной Руси также реконструируется повышенное количество осадков в период средневековой теплой эпохи по сравнению с современностью, однако Южная Русь и страны Средиземноморья в X–XIII вв. часто страдали от засух [Клименко, 2001].

На территории Восточной Азии в этот же хронологический период происходили аналогичные процессы. Так, для Центрального и Восточного Китая, как и для Европы, отмечается два пиковых периода, характеризующихся повышенной средней зимней и среднегодовой температурой: в X–XI вв. и в XIII в., причем в 1240-х годах средние зимние температуры превосходили аналогичные показатели для первой половины XX в. не менее, чем на $0,8^\circ\text{C}$. Для провинции

Цинхай и на территории Тибетского плато в целом, а также для Северо-восточного и Юго-восточного Китая второй пик теплого периода отмечается, как и в Европе, в конце XII – начале XIII в. Оценка разницы между среднегодовыми температурами этих пиков и второй половины XX в. колеблется в пределах 0,5–1,0°C для первого пика [Hao et al., 2020b] и 0,3–0,5°C для второго [Ge, Wu, 2011; Hao et al., 2020a; Liu et al., 2021; Zhao et al., 2024].

По уровню влажности и количеству осадков в период средневекового климатического оптимума в Китае четко выделяются три области – северо-западная, включающая в себя территории современного Синьцзян-Уйгурский и Тибетский автономные районы, а также большую часть провинции Цинхай и Внутренней Монголии, и северо- и юго-восточные, граница между которыми проходит примерно по реке Хуайхэ. Северо-западная область подвергается влиянию западных ветров умеренного пояса, в то время как обе восточные находятся в зоне муссонов. В XI–XIV вв. для северо-западной и юго-восточной области были характерны скорее аридные условия, в то время как для северо-восточной – скорее плювиальные [Chen et al., 2015].

Таким образом, несмотря на определенные различия в реконструируемых температурах периода средневекового климатического оптимума для Европы и Восточной Азии, для обоих этих регионов наблюдаются одни и те же теплые и холодные периоды, хотя и несколько смещенные относительно друг друга – как в масштабах внутри региона (например, между Северным и Южным Китаем) так и между регионами (между Восточной Азией и Западной Европой).

Многолетние периоды повышенной среднегодовой и среднесезонной температуры оказывали огромное влияние на жизнь средневекового населения Евразии, прежде всего – в области сельского хозяйства. Широко известны свидетельства успешного многолетнего ведения виноградарства на территории Англии вплоть до 53° с. ш. [Lamb, 1977, p. 460]. Виноградарство в Англии пришло в упадок к XV в. и вновь начало практиковаться только в 1950–1960-х годах, в основном в южных графствах. Существуют также письменные и археологические свидетельства успешного выращивания злаковых культур скандинавскими поселенцами в Южной Гренландии [Lamb, 1977; Henriksen, 2016]. Как и в случае с виноградарством в Англии, возмож-

ность зерноводства в открытом грунте на территории Гренландии вновь возникла только в XX веке.

Как в Европе, так и в Китае теплые пики средневекового климатического оптимума были отмечены значительной скоростью роста населения, несколько снижавшейся в прохладные периоды. Так, население большинства регионов Европы в период 1000–1300 гг. выросло в 2 и более раз: Британских островов – с 2 до 5 млн человек [McEvedy, Jones, 1978, p. 49], Франции – с 6 до 16 млн [там же, p. 57], Германии – с 3,5 до 9 млн [там же, p. 57], Руси – с 3,5 до 7,5 млн [там же, p. 81]. Аналогичные процессы наблюдались и во Внутреннем Китае: в 1000–1200 гг. его население выросло с 60 до 115 млн человек [McEvedy, Jones, 1978, p. 171; Lee, Zhang, 2010].

Малый ледниковый период

Хотя традиционно начало малого ледникового периода относят к XV в., данные современных комплексных реконструкций и симуляций палеоклиматических условий отодвигают начало процессов похолодания в Европе и Восточной Азии дальше в прошлое, в XIII–XIV вв. [Ge et al., 2013; PAGES..., 2013; Wanner, 2022].

Пик глобального малого ледникового периода (МЛП) приходится на XVII в., когда среднегодовые температуры были ниже температур XX в. примерно на 1,1°C [Christiansen, Ljungqvist, 2011], однако, как и в случае средневекового климатического оптимума, протекание этой эпохи было неодинаково на различных территориях и далеко не всегда характеризовалось однозначно низкими температурами. Так, в течение «раннего» МЛП в Европе наблюдалось два пика похолодания, отличавшихся очень холодными, влажными летами и зимами по сравнению с современными – в первой половине XV и в XVI–XVII вв. Эти пики разделяются кратковременным периодом потепления в 1500–1540 гг. [Lamb, 1977; Luterbacher et al., 2016].

В то же время для Русской равнины картина складывается несколько иная – хотя на основании палинологических и исторических источников можно выделить аналогичные западноевропейским климатические процессы: продолжительный период низких летних температур в 1550–1650 гг., а также период экстремально холодных зим в XV в., и промежуточный период некоторого потепления в первой половине XVI в., причем наиболее низкие среднегодовые

температуры отмечаются скорее на рубеже XVII и XVIII в. Кроме того, XV век для Русской равнины отмечался большой вариабельностью среднесезонных температур – холодные (вплоть до отклонения в $-1,2^{\circ}\text{C}$ относительно температур второй половины XX в.) зимы соседствовали как с относительно теплыми, так и с относительно холодными (отклонения от $+0,5^{\circ}\text{C}$ до $-0,5^{\circ}\text{C}$ относительно второй половины XX в.) летними периодами [Слепцов, Клименко, 2005]. Неустойчивость климатических условий Восточной Европы этого периода отмечается в летописных источниках, в частности, в летописях Великого княжества Литовского, причем особенно холодным называется период 1430–1450 гг. [Субботин, 2024].

Помимо упомянутых двух «суб-пиков» малого ледникового периода (МЛП) существует и третий, относящийся к первой половине XIX в. и представляющий собой последний продолжительный холодный период МЛП [Christiansen, Ljungqvist, 2011]. С ним, в частности, связывается последний максимум продвижения альпийских ледников, наблюдавшийся ок. 1860 г., за которым последовало их стремительное отступление, продолжавшееся на протяжении всего XX в. [Nussbaumer et al., 2016]. В качестве других проявлений этого холодного периода можно рассматривать низкие среднегодовые и среднесезонные температуры, реконструируемые в XIX в. для Русской равнины [Слепцов, Клименко, 2005], Восточной Европы [Büntgen et al., 2013] и ряда других территорий Евразии и Северной Америки [Lamb, 1977].

На территории Восточной Азии также наблюдается высокая вариабельность в характере протекания малого ледникового периода (МЛП). В Китае в целом отмечается несколько пиков низких среднегодовых температур, более или менее параллельных таковым в Европе: во второй половине XV в., на рубеже XVI и XVII вв., во второй половине XVIII в. и в середине XIX в. [Ge et al., 2013; Zhou et al., 2019]. Согласно большинству реконструкций, наиболее холодными были периоды низких температур XVII и XIX в., однако хронология региональных пиков различается. Так, для территорий Северо-восточного Китая наиболее продолжительные и холодные периоды приходятся скорее на XVI и XIX в. [Chu et al., 2012; Liu et al., 2021]. В восточной части Тибетского нагорья (провинция Цинхай) и на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района климатические условия на про-

тяжении всего МЛП имели довольно нестабильный характер и значительно различались по сезонам, хотя пиковый холодный период XVI–XVII вв. отмечается и на этих территориях [Li et al., 2022; Yao et al., 2023].

При этом результаты палеопалинологических, дендрохронологических и гляциологических исследований показывают, что для аридных регионов Центральной Азии, в частности, для Таримской впадины, период 1400–1850 гг. характеризовался заметно большей влажностью и количеством осадков, чем предшествующих и последующий временные периоды [Liu et al., 2011; Chen et al., 2019]. Заметно выше современного был объем стока рек, берущих свое начало в горах Куньлуня, Тянь-Шаня и Памира – Тарима, Сырдарьи и Амударьи, – что отражается в письменных источниках XV–XVI веков. С этим увеличением стока связывается и повышенный по сравнению с современными данными уровень Каспийского и Аральского морей в тот же временной период [Chen et al., 2006]. Процессы повышения обводнённости и влажности климата Центральной Азии, по всей видимости, начались еще во второй половине XII в., в переходную эпоху между средневековым климатическим оптимумом и малым ледниковым периодом, и хронологически совпадали с завоевательными походами монголов, из-за чего в исторической и климатологической литературе порой выдвигаются предположения о том, что на успех Чингисхана и его наследников могли повлиять климатические условия их эпохи [Putnam et al., 2016; Di Cosmo, 2024].

На территории Юго-восточного Китая пики пониженных температур наиболее соответствуют средним реконструкциям по всей территории Китая – холодные пики отмечаются здесь на рубеже XVI–XVII вв., во второй половине XVIII в. и на рубеже XIX и XX веков. [Chang et al., 2020]. Здесь эти периоды похолодания были сопряжены с многолетними засухами [Zhao et al., 2024]. Существование аналогичных засушливых периодов в пики похолодания отмечается также и для Северной Африки и Сахеля [Lamb, 1977, p. 469], однако для Восточного Китая это явление связывается скорее с многолетним ослаблением восточноазиатского муссона начиная с XIV в., в свою очередь, вызванным продолжительным переходом феномена Эль-Ниньо – Южного колебания (ЭНЮК) в фазу «Ла-Нинья» [Cook et al., 2010; Lan et al., 2020; Zhao et al., 2024].

В то же время результаты иных исследований, напротив, демонстрируют, что в течение XV–XIX вв. на территории муссонного Юго-восточного Китая господствовали плювиальные условия, в то время как средневековый и современный периоды оказались более засушливыми [Chen et al., 2015]. Следует, правда, отметить, что эта работа объединяет данные по большому числу палеоклиматических реконструкций, и засухи на территории Юго-восточного Китая могли иметь локальный характер. Во всяком случае, на территории Северо-восточного Китая засушливые условия, сопровождавшие похолодания, были выражены значительно сильнее – сильные засухи 1638–1641, 1756–1768 и 1876–1878 гг. гораздо больше затронули районы Китая, лежащие севернее 30 параллели с. ш. [Cook et al., 2010]. В целом, на протяжении последних 2000 тысяч лет на территории Внутреннего Китая засухи происходили чаще в холодные периоды, чем в теплые, что дополнительно подтверждает связь с ослаблением восточноазиатского муссона в этих хронологических промежутках [Lee, Zhang, 2010]

Реконструкции средних многолетних температурных аномалий относительно начала XX в. для упомянутых выше пиковых холодных периодов варьируют от $-0,1$ до $-0,4^{\circ}\text{C}$ в зависимости от конкретного пика, территории и используемых методов реконструкции [Ge et al., 2013; Zhou et al., 2019; Liu et al., 2021].

Как и в случае средневекового климатического оптимума, наибольшее влияние на жизнь человека малый ледниковый период (МЛП) оказал в хозяйственной сфере. В течение XVII в., то есть, в период наибольшего похолодания, во многих странах Западной Европы свирепствовал вызванный регулярными неурожаями голод. По оценкам, приведенным в книге А. Кросби «Колумбов обмен» [цит. по Lamb, 1977, р. 472], в течение XVII–XVIII вв. во многих регионах Африки и Евразии, за исключением Китая и территорий Османской империи и Русского царства численность населения либо сокращалась, либо длительное время находилась примерно на одном и том же уровне, в чем Х.Г. Лэм усматривал влияние климатических условий этого периода, хотя и с оговоркой, что наиболее четко эта связь отмечается только для Европы [Lamb, 1977, pp. 471–473].

Большое внимание исследователей привлекает вопрос существования связи между климатическими условиями малого ледникового

периода и главными событиями китайской истории XVII в. – падением династии Мин (1644) и манчжурским завоеванием Китая (1644–1683). Одной из основных причин крушения Минского государства являлась затяжная крестьянская война 1628–1647 гг., охватившая весь Северо-восточный Китай. Вызвана она была как непомерным налоговым гнетом, так и тяжелым голодом, от которого Китай страдал дважды в период правления императора Ваньли (1570–1620): в 1586–1589 гг. и 1615–1620 гг. Оба этих временных промежутка приходятся на периоды похолодания и засухи, вызванной ослаблением муссона [Brook, 2023, р. 129]. Наконец, на правление императора Чунчжэня (1627–1644) пришелся особенно продолжительный период похолодания и засухи, спровоцировавший дороговизну (в 1641–1642 гг. цены на зерно превышали цены предыдущих голодных периодов вдесятеро) и страшный голод [там же, р. 125, 157]. В данном случае на глобальный пик похолодания XVI–XVII вв. наложился период повышенной вулканической активности в Тихоокеанском регионе 1638–1644 гг., вызвавший выброс большого количества вулканической пыли в атмосферу и переход ЭНЮК в фазу «Ла-Нинья», что, в свою очередь, спровоцировало ослабление восточноазиатского муссона и засуху в Северо-восточном Китае [Brook, 2023, pp. 136–137; Fan, 2023].

Заключение

Важно отметить, что результаты, полученные при реконструкции климатических условий малого ледникового периода в Китае, в целом сходятся с данными, полученными для Европы, хотя, разумеется, для отдельных лет годовые и сезонные температурные аномалии могли достигать -2 и даже -3°C [Luterbacher et al., 2016; Wanner et al., 2022]. Реконструкции температур для Северного полушария в целом показывают более значительные многолетние температурные аномалии, достигающие значений от $-0,7$ до $-1,1^{\circ}\text{C}$ [Christiansen, Ljungqvist, 2011; Masson-Delmotte et al., 2013], что, впрочем, ни в коей мере не может противоречить выводу о глобальности похолодания в этот хронологический период.

Существование связи между климатическими колебаниями в Атлантике и Пацифике и многолетними погодными условиями на территории Китая, во всяком случае, сомнению не подлежит. Если муссонный климат восточного побережья Китая в значительной степени зависит от уже упомянутого выше ЭНЮК, то количество

осадков на территории Синьцзяна, по всей видимости, подвержено влиянию со стороны иного феномена циркуляции атмосферы – североатлантического колебания (САК). Так, в периоды отрицательной фазы САК влажные воздушные массы относятся западными ветрами умеренного пояса через Средиземное море в Среднюю и Центральную Азию, в то время как в периоды положительной фазы САК их путь смещается дальше к северо-востоку от Атлантического океана, в результате чего количество осадков в Центральной Азии понижается. В период средневекового климатического оптимума феномен САК находился в основном в положительной фазе (положительная температурная аномалия в Европе), а в период малого ледникового периода – в отрицательной (отрицательная температурная аномалия в Европе), чем и объясняется более плювиальный характер климата Центральной Азии в XV–XIX вв. [Trouet et al., 2009; Chen et al., 2015; Chen et al., 2019].

В рамках дискуссии о возможных причинах и степени глобальности средневекового климатического оптимума и малого ледникового периода (МЛП) следует отметить, что прохладный период XI–XII вв., наблюдаемый как для Европы, так и для Восточной Азии, хронологически совпадает с минимумом Оорта, периодом пониженной солнечной активности, продолжавшимся с 1010 по 1050 г. В то же время второй теплый период конца XII – начала XIII в. совпадает с периодом высокой солнечной активности в 1100–1250 гг. [Hao et al., 2020a, 2020b]. В то же время, несмотря на многочисленные предположения, связывающие глобальный холодный пик МЛП XVII в. с другим продолжительным периодом пониженной солнечной активности – минимумом Маундера 1650–1715 гг. – современные исследователи предполагают, что значительные колебания температур в отрицательную сторону в течение МЛП связаны скорее с выбросами вулканического пепла в атмосферу и уменьшение солнечной активности оказывало на климат планеты меньшее влияние, чем предполагалось ранее [Owens et al., 2017].

Суммируя все вышесказанное, следует заключить, что, несмотря на существование определенных различий в характере протекания средневекового климатического оптимума и малого ледникового периода между Европой и Восточной Азией, в обеих частях света пики похоло-

даний и потеплений оказываются более-менее синхронизированы, что отмечалось в том числе и в обзорных работах китайских авторов [Ge et al., 2013]. В действительности наибольшие несоответствия в климатических условиях в ту или иную эпоху наблюдаются не между частями света, но между отдельными регионами, и обусловлены они в основном локальными метеорологическими процессами, которые, однако, в большой степени зависимы от глобальных многолетних колебаний (САК, ЭНЮК).

Благодарности

Автор высказывает глубокую благодарность директору НИИ и Музея Антропологии МГУ имени М.В. Ломоносова, академику, д.и.н. Бужиловой Александре Петровне за помощь в подготовке дизайна исследования.

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова.

The author expresses great gratitude to the director of the Lomonosov Moscow State University Research Institute and Museum of Anthropology, academician of RAS, Doctor of Historical Sciences Buzhilova Aleksandra Petrovna for her help in the preparing the design of the study.

The study was conducted under the state assignment of Lomonosov Moscow State University.

Библиография

- Борисов А.А. Палеоклиматы территории СССР. Л.: Издательство Ленинградского Университета. 1965.
- Клименко В.В. Климат средневековой теплой эпохи в Северном полушарии. М.: Изд-во МЭИ. 2001.
- Рыбак О.О. Выделение климатического сигнала из изотопного ряда в ледовом керне. // Изв. ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2006. № 4. С. 104–108.
- Слепцов А.М., Клименко В.В. Обобщение палеоклиматических данных и реконструкция климата Восточной Европы за последние 2000 лет // История и современность, 2005. № 1. С. 118–135.
- Субботин А.А. Описание климата XIV–XV вв. в летописях и хрониках Великого княжества Литовского // Вестник Удмуртского университета, 2024. Т. 34. № 3. С. 627–632.

Информация об авторе

Манахов Павел Дмитриевич, ORCID ID: 0000-0002-1192-006X, poul.manakhov@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.06.2025,
принята к публикации 25.07.2025

¹⁾*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Anthropology Department, Leninskiye gory, 1-12, Moscow, 119234, Russia*

²⁾*Lomonosov Moscow State University, Research Institute and Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia*

THE RECENT RECONSTRUCTIONS OF THE CLIMATIC CONDITIONS OF EUROPE AND EAST ASIA DURING THE MEDIEVAL WARM PERIOD AND LITTLE ICE AGE: A SCIENTIFIC REVIEW

Introduction. *The following review concerns the research of Eurasian climate history during the last 1500 years.*

Materials and methods. *The results of paleoclimatological studies published during the last 15 years are examined and compared, including the brief outline of the methods of the reconstruction of past climates employing various proxies, including pollen, tree rings and ice cores.*

Results and discussion. *The recent reconstructions of the climate of the Europe and Eastern Asia during the most important climatic events of the past millennium – the Medieval Warm Period (10th–13th cc.) and the Little Ice Age (15th–19th cc.) are described. The influence of the climatic conditions of these time periods on the lives and economic activities of the human populations in Europe and China.*

Conclusion. *The comparison of the reconstructions originating from the various regions of Eurasia demonstrates the global extent of the warm and cold periods and the existence of the connections between perennial meteorological events in Europe and Asia.*

Keywords: reconstruction of past climate; Medieval Warm Period; Little Ice Age; Europe; Eastern Asia, paleoecology, paleoclimatology

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-3-12

References

- Borisov A.A. *Paleoclimates of the USSR*. Leningrad, LSU Publ., 1965. 112 p. (In Russ.)
- Klimenko V.V. *Climate of the Medieval Warm Period in the Northern Hemisphere*. Moscow, 2001. 88 p. (In Russ.)
- Rybak O.O. Extraction of a climate signal from an isotopic series of an ice core. *Bulletin of Higher Education Institutes. North Caucasus Region. Natural Sciences*, 2006, 54 (4), pp. 104–108. (In Russ.)
- Sleptsov A.M., Klimenko V.V. Generalization of the paleoclimate data and reconstruction of the climatic conditions of Eastern Europe during the last 2000 years. *History and Modernity*, 2005, 1 (1), pp. 118–135. (In Russ.)
- Subbotin A.A. Description of the climate of XIV–XV centuries in annals and chronicles of the Grand Duchy of Lithuania. *The Bulletin of Udmurt University*, 2024, 34 (3), pp. 627–632. (In Russ.). DOI: 10.35634/2412-9534-2024-34-3-627-632.
- Brook T. *The Price of Collapse: the Little Ice Age and the Fall of Ming China*. Princeton, Princeton University Press, 2023. 256 p.
- Büntgen U., Tegel W., Nicolussi K., McCormick M., Frank D. et al. 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility. *Science*, 2011, 331 (6017), pp. 578–582. DOI: 10.1126/science.1197175.
- Büntgen U., Kyncl T., Ginzler C., Jacks D.S., Esper J. et al. Filling the Eastern European gap in millennium-long temperature reconstructions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110 (5), pp. 1773–1778. DOI: 10.1073/pnas.1211485110.
- Chang J., Zhang E., Wang L., Liu E., Yang X. et al. A quantitative temperature reconstruction of the 'Little Ice Age' in southern China. *The Holocene*, 2020, 30 (5), pp. 709–720. DOI: 10.1177/0959683619895578.
- Chen F., Huang X., Zhang J., Holmes J.A., Chen J. Humid Little Ice Age in arid central Asia documented by Bosten Lake, Xinjiang, China. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2006, 49 (12), pp. 1280–1290. DOI: 10.1007/s11430-006-2027-4.
- Chen J., Chen F., Feng S., Huang W., Liu J. et al. Hydroclimatic changes in China and surroundings during the Medieval Climate Anomaly and Little Ice Age: Spatial patterns and possible mechanisms. *Quaternary Science Reviews*, 2015 107, pp. 98–111. DOI: 10.1016/j.quascirev.2014.10.012.
- Chen J., Liu J., Zhang X., Chen S., Huang W. et al. Unstable Little Ice Age climate revealed by high-resolution proxy records from northwestern China. *Climate Dynamics*, 2019, 53 (3–4), pp. 1517–1526. DOI: 10.1007/s00382-019-04685-5.
- Christiansen B., Ljungqvist F.C. Reconstruction of the Extratropical NH Mean Temperature over the Last Millennium with a Method that Preserves Low-Frequency Variability. *Journal of Climate*, 2011, 24 (23), pp. 6013–6034. DOI: 10.1175/2011JCLI4145.1.
- Christiansen B., Ljungqvist F.C. The extra-tropical Northern Hemisphere temperature in the last two millennia: Reconstructions of low-frequency variability. *Climate of the Past*, 2012, 8 (2), pp. 765–786. DOI: 10.5194/cp-8-765-2012.
- Chu G., Sun Q., Wang X., Liu M., Lin Y. et al. Seasonal temperature variability during the past 1600 years recorded

- in historical documents and varved lake sediment profiles from northeastern China. *The Holocene*, 2012, 22 (7), pp. 785–792. DOI: 10.1177/0959683611430413.
- Cook E.R., Anchukaitis K.J., Buckley B.M., D'Arrigo R.D., Jacoby G.C. et al. Asian Monsoon Failure and Megadrought During the Last Millennium. *Science*, 2010, 328 (5977), pp. 486–489. DOI: 10.1126/science.1185188.
- Cook E.R., Seager R., Kushnir Y., Briffa K.R., Büntgen U. et al. Old World megadroughts and pluvials during the Common Era. *Science Advances*, 2015, 1 (10), p. e1500561. DOI: 10.1126/sciadv.1500561.
- Di Cosmo N. Climate Variability and Medieval Nomadic Empires: Notes from Case Studies. *Medieval Worlds*, 2024, 21, pp. 32–50. DOI: 10.1553/medievalworlds_no21_2024s32.
- Fan K. The Little Ice Age and the Fall of the Ming Dynasty: A Review. *Climate*, 2023, 11 (3), p. 71. DOI: 10.3390/cli11030071.
- Ge Q., Hao Z., Zheng J., Shao X. Temperature changes over the past 2000 yr in China and comparison with the Northern Hemisphere. *Climate of the Past*, 2013, 9 (3), pp. 1153–1160.
- Ge Q., Wu W. Climate during the Medieval Climate Anomaly in China. *PAGES News*, 2011, 19 (1), pp. 24–26. DOI: 10.22498/pages.19.1.24.
- Hao Z., Wu M., Liu Y., Zhang X., Zheng J. Multi-scale temperature variations and their regional differences in China during the Medieval Climate Anomaly. *Journal of Geographical Sciences*, 2020a, 30 (1), pp. 119–130. DOI: 10.1007/s11442-020-1718-7.
- Hao Z., Zheng J., Yu Y., Xiong D., Liu Y. et al. Climatic changes during the past two millennia along the Ancient Silk Road. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2020b, 44 (5), pp. 605–623. DOI: 10.1177/0309133319893919.
- Henriksen P.S. Norse agriculture in Greenland? Farming in a remote medieval landscape. In: *Ruralia, vol. 10. Agrarian Technology in the Medieval Landscape*. Turnhout, Brepols Publishers, 2016. pp. 237–245. DOI: 10.1484/M.RURALIA-EB.5.110468.
- Lamb H.H. *Climate: Present, past and future. Vol. 2: Climatic history and the future*. London, Methuen, 1977. 826 p.
- Lan J., Xu H., Lang Y., Yu K., Zhou P. et al. Dramatic weakening of the East Asian summer monsoon in northern China during the transition from the Medieval Warm Period to the Little Ice Age. *Geology*, 2020, 48 (4), pp. 307–312. DOI: 10.1130/G46811.1.
- Lee H.F., Zhang D.D. Changes in climate and secular population cycles in China, 1000 CE to 1911. *Climate Research*, 2010, 42 (3), pp. 235–246. DOI: 10.3354/cr00913.
- Li X., Zhang Y., Hou J., Wang M., Fan B. et al. Spatio-temporal patterns of centennial-scale climate change over the Tibetan Plateau during the past two millennia and their possible mechanisms. *Quaternary Science Reviews*, 2022, 292, p. 107664. DOI: 10.1016/j.quascirev.2022.107664.
- Liu W., Liu Z., An Z., Wang X., Chang H. Wet climate during the 'Little Ice Age' in the arid Tarim Basin, northwestern China. *The Holocene*, 2011, 21 (3), pp. 409–416. DOI: 10.1177/0959683610378881.
- Liu Y., Zheng J., Hao Z., Zhang X. Regional differences for temperature changes in Medieval Warm Period and Little Ice Age over Europe and Asia. *Quaternary Sciences*, 2021, 41 (2), pp. 462–473. (In Chin.). DOI: 10.11928/j.issn.1001-7410.2021.02.14.
- Luterbacher, J., Werner, J. P., Smerdon, J. E., Fernández-Donado, L., González-Rouco, F. J. et al. European summer temperatures since Roman times. *Environmental Research Letters*, 2016, 11 (2), 024001. DOI: 10.1088/1748-9326/11/2/024001.
- Manakhov P.D., Evteev A.A. A common ecogeographic trend in the internal nasal cavity variation across Mesolithic to Bronze Age Eastern European and Caucasian populations. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2023, 33 (5), pp. 841–857. DOI: 10.1002/oa.3232
- Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S., Bradley R.S., Hughes M.K. et al. Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 2009, 326 (5957), pp. 1256–1260. DOI: 10.1126/science.1177303.
- Masson-Delmotte V., Schulz M., Abe-Ouchi A., Beer J., Ganopolski J. et al. Information from Paleoclimate Archives. In *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis* (1st ed., pp. 383–464). Cambridge University Press, 2013. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.013.
- McEvedy C., Jones R. *Atlas of World Population History*. London, Allen Lane, 1978. 368 p.
- Neukom R., Steiger N., Gómez-Navarro J.J., Wang J., Werner J.P. No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. *Nature*, 2019, 571 (7766), pp. 550–554. DOI: 10.1038/s41586-019-1401-2.
- Owens M.J., Lockwood M., Hawkins E., Usoskin I., Jones G.S. et al. The Maunder minimum and the Little Ice Age: an update from recent reconstructions and climate simulations. *J. Space Weather Space Clim.*, 2017, 3, A33. DOI: 10.1051/swsc/2017034.
- PAGES 2k Consortium. Continental-scale temperature variability during the past two millennia. *Nature Geoscience*, 2013, 6 (5), pp. 339–346. DOI: 10.1038/ngeo1797.
- Putnam A.E., Putnam D.E., Andreu-Hayles L., Cook E.R., Palmer J.G. et al. Little Ice Age wetting of interior Asian deserts and the rise of the Mongol Empire. *Quaternary Science Reviews*, 2016, 131, pp. 33–50. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.10.033.
- Shi F., Yang B., Von Gunten L. Preliminary multiproxy surface air temperature field reconstruction for China over the past millennium. *Science China Earth Sciences*, 2012, 55 (12), pp. 2058–2067. DOI: 10.1007/s11430-012-4374-7.
- Trouet V., Esper J., Graham N.E., Baker A., Scourse J.D. et al. Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly. *Science*, 2009, 324 (5923), pp. 78–80. DOI: 10.1126/science.1166349.
- Wanner H., Pfister C., Neukom R. The variable European Little Ice Age. *Quaternary Science Reviews*, 2022, 287, p. 107531. DOI: 10.1016/j.quascirev.2022.107531.
- Yao Y., Wang L., Li X., Cheng H., Cai Y. et al. Unexpected cold season warming during the Little Ice Age on the north-eastern Tibetan Plateau. *Communications Earth & Environment*, 2023, 4 (1), p. 182. DOI: 10.1038/s43247-023-00855-w.
- Zhao L., Ma C., Zhang X., Li L., Lu H. Multi-proxy reconstruction of climate changes from the Medieval Climate Anomaly to the Little Ice Age in Southeast China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2024, 655, p. 112510. DOI: 10.1016/j.palaeo.2024.112510.
- Zhou X., Jiang D., Lang X. A multi-model analysis of 'Little Ice Age' climate over China. *The Holocene*, 2019, 29 (4), pp. 592–605. DOI: 10.1177/0959683618824761.

Information about the author

Manakhov Pavel Dmitriyevich, ORCID ID: 0000-0002-1192-006X, poul.manakhov@yandex.ru

© 2025. This work is licensed under a CC BY 4.0 license