
ПРИРОДА И ОБЩЕСТВО

А. М. СЛЕПЦОВ, В. В. КЛИМЕНКО

ОБОБЩЕНИЕ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ И РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 2000 ЛЕТ

В последние десятилетия значительно возрос интерес к изучению климата прошлого. Обусловлено это целым рядом причин. Первая и наиболее очевидная заключается в том, что без знания закономерностей изменчивости климата в прошлом невозможно предсказать климатические условия будущего. В условиях современного мира, когда климат на нашей планете подвержен стремительным изменениям, вполне объяснимо желание узнать, что ждет нас в ближайшем будущем. Другая причина повышенного внимания к данной проблеме обусловлена интересом к мировой истории человечества, которая, как уже доказано, неразрывно связана с колебаниями климата. В настоящее время существует несколько принципиально различных подходов к решению проблемы реконструкции климата прошлого: математическое моделирование, анализ исторических письменных источников, использование палинологических, дендрохронологических, гляциологических и других методов. Сейчас становится очевидным, что применение любого подхода в отдельности по различным причинам малоперспективно с точки зрения получения результатов, которые могли бы представлять интерес для непосредственного практического использования. С другой стороны, именно сейчас наука достигла такого уровня, когда стало возможным собрать, проанализировать и объединить все известные данные, комплексно используя упомянутые подходы. Попытки воссоздать историю



климата Восточной Европы предпринимались в прошлом неоднократно. Однако ряд существенных недостатков, таких как отсутствие комплексного подхода, слабое взаимодействие специалистов, владеющих разными методиками восстановления климатических характеристик, не дает возможности использовать даже эти работы как надежный компас для определения действительной картины изменений климата в прошлом. В настоящей работе сделана попытка обобщенной реконструкции климата Восточной Европы (Русской равнины) на основе данных из четырех различных источников: инструментальных данных, исторических свидетельств, палинологических и дендрохронологических сведений.

Анализ литературных данных (источники: см. Приложение 1). По результатам работы с литературой удалось сделать следующие основные выводы:

1. Наиболее значительными климатическими событиями последнего тысячелетия на территории Восточной Европы являлись средневековая теплая эпоха (СТЭ) (примерно X–XIII вв.) и малый ледниковый период (МЛП) (XIV–XIX вв.), однако точные хронологические рубежи этих периодов до сих пор не установлены.

2. В течение средневековой теплой эпохи и малого ледникового периода имели место значительные колебания температуры как в декадном, так и в вековом масштабах времени. Вместе с тем имеются серьезные разногласия по поводу дат, масштабов и характера даже значительных климатических событий.

3. До сих пор не предпринималось попыток реконструкции климата Восточной Европы с достаточно высоким временным разрешением на основе критического анализа и обобщения всей имеющейся палеоклиматической информации. Кроме упоминавшихся выше причин, это связано еще и с тем, что климатические ряды представляют собой неоднородный массив данных, для обработки которого требуется применять нестандартные математические и статистические методы.

4. Плотность палеоклиматической информации возрастает по мере приближения к современной эпохе и после 1200 г. является достаточной для построения среднедекадных реконструкций основных климатических параметров.

5. Климатические реконструкции, полученные путем изучения и анализа исторических документов, оказываются весьма достоверными и хорошо согласуются с другими данными.

6. Периоды значительных потеплений и похолоданий в основном происходили синхронно по времени во всех рассматриваемых регионах.

7. Допустимо рассматривать всю территорию Русской равнины как единый регион для построения обобщенной температурной реконструкции климата, однако это утверждение неверно для реконструкции количества осадков, которая должна выполняться отдельно для территорий, лежащих севернее и южнее примерно 55 градуса северной широты.

8. Анализ летописных источников, относящихся к Византийской империи, позволил достаточно надежно восстановить характер колебания климатических условий в течение весьма длительного периода истории, измеряемого, по крайней мере, семью веками. Подтверждены и уточнены некоторые границы климатических эпох: средневекового оптимума, достигшего своего максимального температурного значения в конце X века и закончившегося к середине XII в.; малого ледникового периода, влияние которого отмечено в конце XVI – начале XVII вв.

Анализ данных полевого исследования (см.: Клименко В. В., Климанов В. А., Сиринов А. А., Слепцов А. М. Изменения климата на западе европейской части России в позднем голоцене // Доклады РАН. 2001. Т. 376. № 5. С. 679–683). Реконструкция климата Западнодвинской низины была проведена на основании полученных в результате полевого исследования торфяных проб с помощью известного информационно-статистического метода, широко применяемого в палинологической практике.

Основой для отбора палеоклиматических данных, используемых в дальнейшей работе, стал всесторонний сравнительный анализ и экспертная оценка с целью исключения возможных ошибок имеющихся палеореконов и устранения чрезмерного влияния какой-либо одной группы данных.

Необходимость в полевых палинологических исследованиях была обусловлена тем, что до сих пор неясны точные хронологические рубежи многих палеоклиматических явлений

последних тысячелетий и налицо острый дефицит *количественной* палеоклиматической информации. Так, ряд климатически и исторически важных районов, например запад Европейской территории России (ЕТР), остается малообеспеченным палеоклиматическими данными.

Изучение торфяного разреза в центре верхового болота Усвятский Мох (Западнодвинский р-н Тверской области, 56° с. ш., 32° в. д.) позволило с высокой точностью реконструировать климатические условия западной части ЕТР и сделать попытку уточнить временные параметры основных палеоклиматических эпизодов последних тысячелетий голоцена.

Палеоклиматические реконструкции по отобраным торфяным образцам были сделаны на основе палинологических данных с использованием информационно-статистического метода. Результаты представлены на рис. 1*.

Калибровка палеоданных по результатам инструментальных наблюдений позволила построить подробные палеоклиматические кривые за последние 600 календарных лет, используя датирование исключительно на основе измеренных скоростей торфонакопления, составлявших в среднем 1,3 мм/год в течение этого периода (рис. 2).

Судя по представленным данным, пик средневекового оптимума приходился на рубеж первого и второго тысячелетий. В отличие от существующих палеоклиматических реконструкций, относящих экстремум температуры, как правило, к началу XI века, наши данные показывают, что максимум, по крайней мере в исследуемом регионе, достигался в конце X в. В нашем исследовании этот пик датируется 1100 л. н., что в календарной шкале времени соответствует примерно 970 году. Такую точку зрения подтверждают и зарубежные исследования, и многочисленные исторические данные.

Наиболее холодными периодами были первая четверть XV в., конец XVII и XVIII вв. Следует, однако, отметить, что несмотря на одинаковую величину похолоданий в нашей реконструкции ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отклонениях от нормы 1951–80 гг.), на самом деле масштабы этих климатических изменений были различны. С учетом исторических данных можно предположить, что именно в декаду 1690–1700 гг.

* Здесь, как и везде далее, аномалии отсчитаны от среднеклиматических значений за 1951–1980 гг.

наблюдалось максимальное понижение температуры. Второй по величине минимум, скорее всего, имел место в XV в., а похолодание конца XVIII в. следует поставить на третье место среди всех холодных эпизодов последнего тысячелетия.

Что касается теплых периодов, то после пика средневекового оптимума максимальное потепление неантропогенного характера произошло в двадцатых годах XIX в., а третье по величине – в конце XII в.

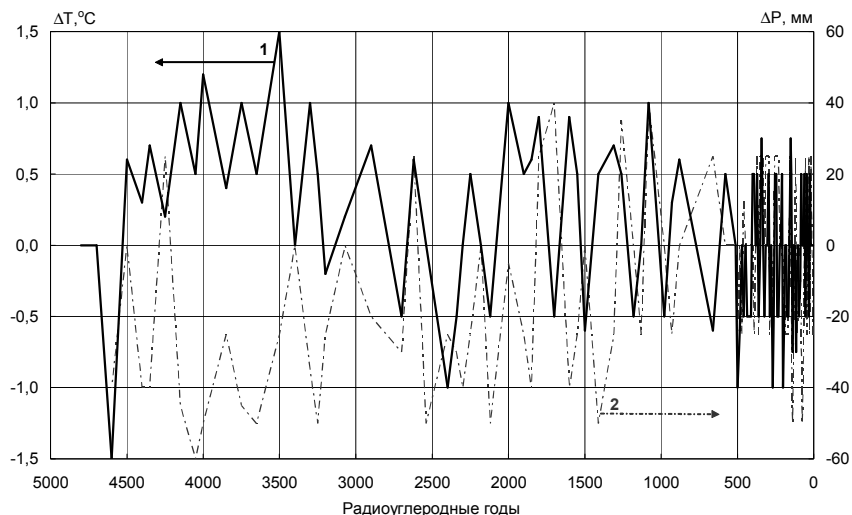


Рис. 1. Аномалии среднегодовой температуры (1) и осадков (2) по торфяному разрезу болота Усвятский Мох за последние 5000 лет

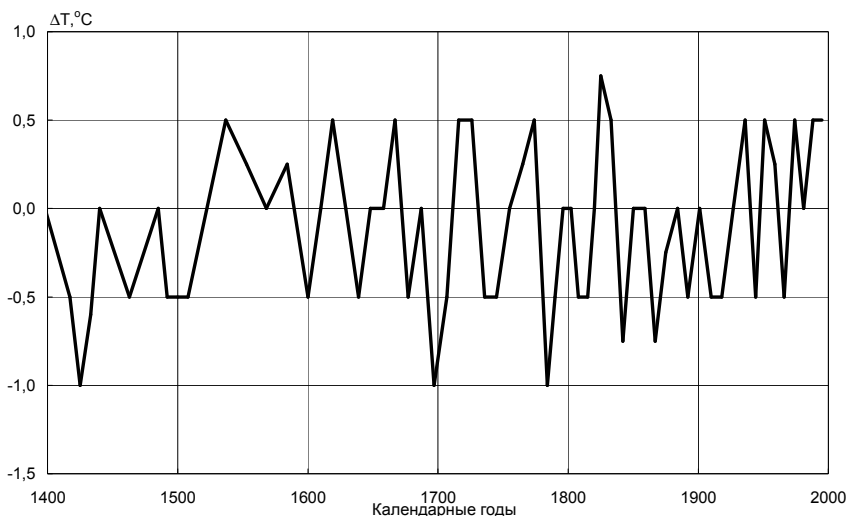


Рис. 2. Аномалии среднегодовой температуры по торфяному разрезу болота Усвятский Мох за последние 600 лет

Отличительная особенность результатов данного исследования заключается, прежде всего, в том, что здесь реконструированы значительные климатические события масштаба декадных колебаний, имевшие место после 1400 г. В среднем, в каждом веке отмечены по 2-3 максимума и минимума температур, что значительно дополняет существующую в настоящее время картину.

Таким образом, в результате анализа данных полевого исследования удалось существенно уточнить основные климатические параметры (температура и годовое количество осадков) для западной части Центрального района России.

Методика расчетов. Комплексная реконструкция климатических условий европейской части России подразумевает обобщение всех надежных данных, содержащих информацию о температуре и количестве осадков. Основой для реконструкции послужили палинологические данные как наиболее подробные и охватывающие широкий спектр территорий. Дендрохронологические данные были использованы в меньшей степени, прежде всего, из-за географических ограничений. Исторические данные применялись как для непосредственного построения реконструкции наряду с палинологическими, так и в качестве калибровочных.

Для построения реконструкции температур на территории Русской равнины мы воспользовались одиннадцатью климатическими рядами, краткие характеристики которых даны в таблице.

Краткие характеристики климатических рядов

№ п/п	Местоположение	Тип данных	Вес	Автор
1	2	3	4	5
1	Усвяцкий Мох (56° с. ш., 32° в. д.)	Палинолог.	1,0	Клименко и др. [1]
2	Северо-Запад России (58–61° с. ш., 30–31° в. д.)	Палинолог.	1.0	Арсланов и др. [2]
3	Ярославская обл., Половецко-Купанское (57° с. ш., 39° в. д.)	Палинолог.	0,5	Климанов [3]
4	Панфилово (55,7° с. ш., 40,5° в. д.)	Палинолог.	0,5	Чернавская [4]
5	Полистово (56,8° с. ш., 30,1° в. д.)	Палинолог.	0,5	Чернавская [4]
6	Центр Русской равнины (56° с. ш., 38° в. д.)	Историч.	1,0	Воронов и др. [5]
7	Центральный регион	Историч.	1,0	Ляхов [6]
8	Северо-Западный регион	Историч.	0,25	Воронов и др. [5]

Окончание табл.

1	2	3	4	5
9	Западный регион	Историч.	0,25	Воронов и др. [5]
10	Юго-Западный регион	Историч.	0,25	Воронов и др. [5]
11	Север Евразии	Дендрохрон.	0,5	Ловелиус [7]

(Источники: см. Приложение 2.)

Аналогичным образом для реконструкции среднего годового количества осадков было отобрано шесть наиболее надежных источников.

Обобщение данных производилось с помощью программы непараметрической регрессии, разработанной специально для поставленной задачи в Лаборатории глобальных проблем энергетики Московского энергетического института (Технического университета).

Следует отметить, что для каждого набора обрабатываемых данных в программе предусмотрен выбор веса, который обусловлен нашей экспертной оценкой, учитывающей их подробность, точность, наличие или отсутствие явных ошибок, о которых можно судить в общем по цельной и достаточно согласованной картине климатических колебаний в масштабе всего европейского континента. Кроме того, манипулируя весами, мы попытались освободиться от чрезмерного влияния данных какой-то одной научной группы. Значения весов для данного конкретного случая указаны в таблице.

Обработка палеоклиматических данных. При обработке палеоклиматических данных сформулированы методические рекомендации и разработаны методики обобщения массива временных рядов, содержащих информацию о климатических параметрах. Оценка вклада антропогенного фактора в динамику современного климата сделана на основе спектрального анализа временных рядов.

В результате обобщения всех указанных данных впервые была построена реконструкция (рис. 3), описывающая отклонения средней годовой температуры на территории Русской равнины от современных значений, под которыми здесь понимаются климатические нормы 1951–1980 гг. В правой части рис. 3, кроме реконструированных, нанесены также результаты инструментальных наблюдений (по данным четырех длиннорядных станций Санкт-Петербурга, Москвы, Риги и Вильнюса), сравнение которых показывает их вполне удовлетворительное совпадение с обобщенной кривой.

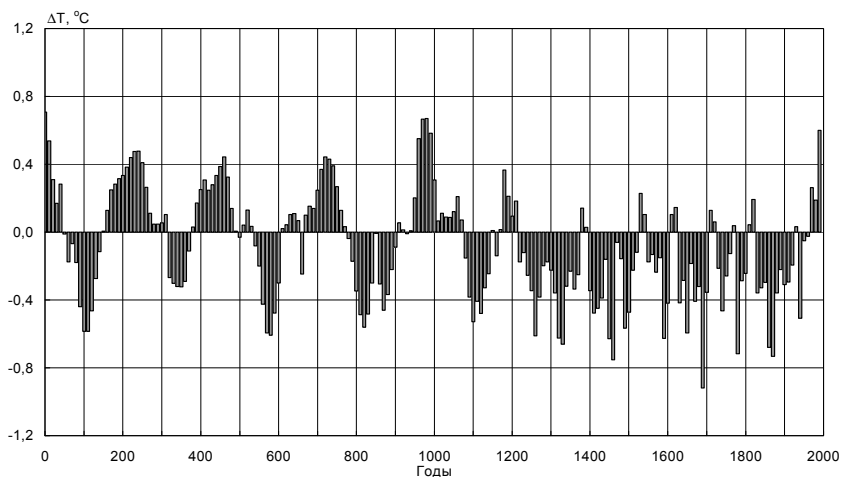


Рис. 3. Отклонения средней годовой температуры воздуха от современных значений для территории Русской равнины (осреднение по 10-летиям)

Анализируя рис. 3, можно сформулировать следующие основные выводы:

– Самым теплым на территории Русской равнины за последние 2000 лет был X в., после которого наметилась очевидная тенденция к похолоданию. Заметим, что после 1200 г. трендовая составляющая климатического ряда лежит в отрицательной области, вплоть до второй половины XX в. Скорость похолодания более чем на порядок величины уступает скорости зафиксированного в течение XX в. потепления.

– Наиболее холодным периодом в истории Российского государства был XV в., при этом самое значительное декадное похолодание было зафиксировано в конце XVII в.

– Интересно, что в течение последнего тысячелетия все четные столетия в исследованном регионе были относительно теплыми, а нечетные – холодными. Это указывает на существование ярко выраженного примерно двухсотлетнего климатического ритма, тесно связанного, по-видимому, с колебаниями солнечной активности.

– В XX в. тенденция похолодания сменяется на противоположную, что может указывать на антропогенное влияние, однако наивысшие температурные отметки позднего

голоцена, и в частности средневекового оптимума, еще не достигнуты.

Описанный выше подход был использован также для обобщения данных по годовым суммам осадков (рис. 4) и сезонным (летним и зимним) температурам (рис. 5, 6).

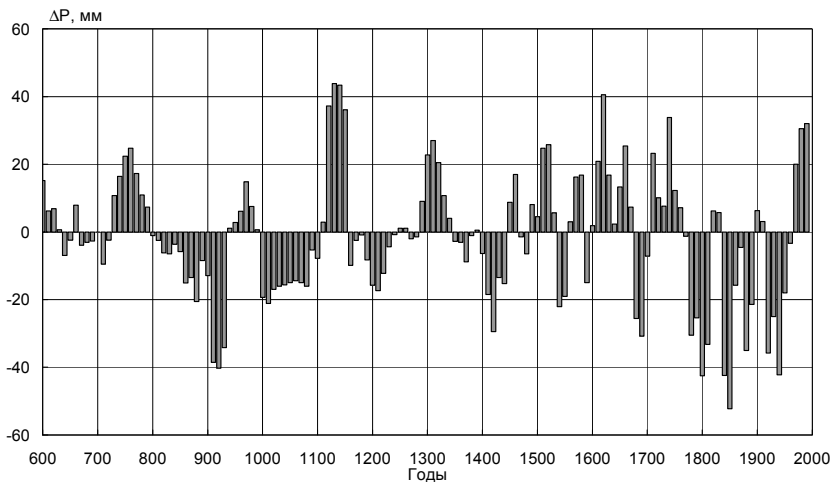


Рис. 4. Отклонения среднего годового количества осадков (осреднение по 10-летиям) от современных значений для территории Русской равнины (обобщенные данные)

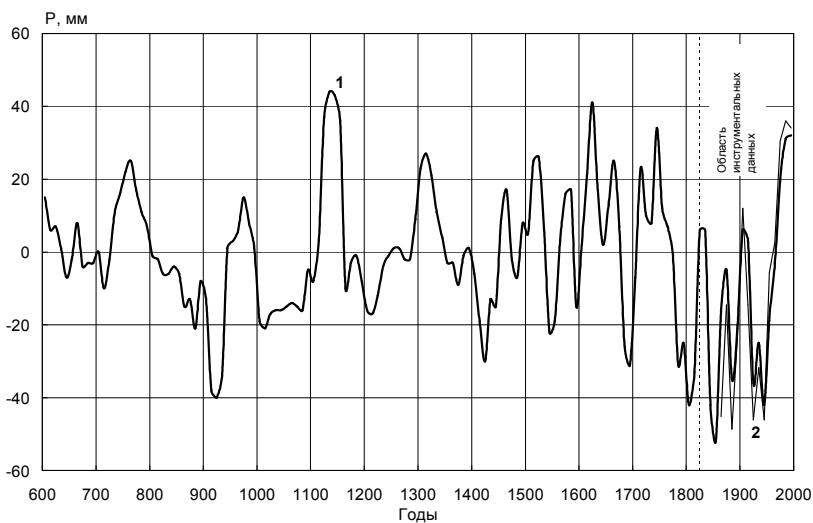


Рис. 4а. Отклонения среднего годового количества осадков (1) от современных значений и их сравнение с инструментальными данными (2) для территории Русской равнины (осреднение по 10-летиям)

Анализ изменений режима увлажненности (рис. 4) и сравнение с ходом среднегодовых температур показывает, что холодные периоды преимущественно являются более сухими. Следует, однако, отметить, что указанная закономерность справедлива лишь для территорий, лежащих к северу примерно от линии Вильнюс–Саратов, в южных же районах наблюдается обратная корреляция. Явно выраженного тренда к иссушению или чрезмерному увлажнению не наблюдается на протяжении всего периода русской истории.

При сравнении температур зимы и лета (рис. 5 и 6) следует отметить, что зимние аномалии имеют практически вдвое большую амплитуду, нежели летние. Кроме того, антропогенное воздействие XX в. практически не изменило естественного хода температуры летнего сезона, однако оказало заметное влияние на повышение температуры зимы. Особо подчеркнем, что лето на протяжении более чем тысячи лет холодает, в то время как тренд зимних температур поменял в последнее столетие знак и наметилась явная тенденция к потеплению. В последние два десятилетия были зафиксированы беспрецедентно высокие значения зимних температур, заметно превосходящие даже абсолютный максимум средневековой теплой эпохи. Есть все основания отнести это явление на счет влияния антропогенного фактора, которое, по нашему мнению, будет усиливаться и в течение всего ближайшего столетия.

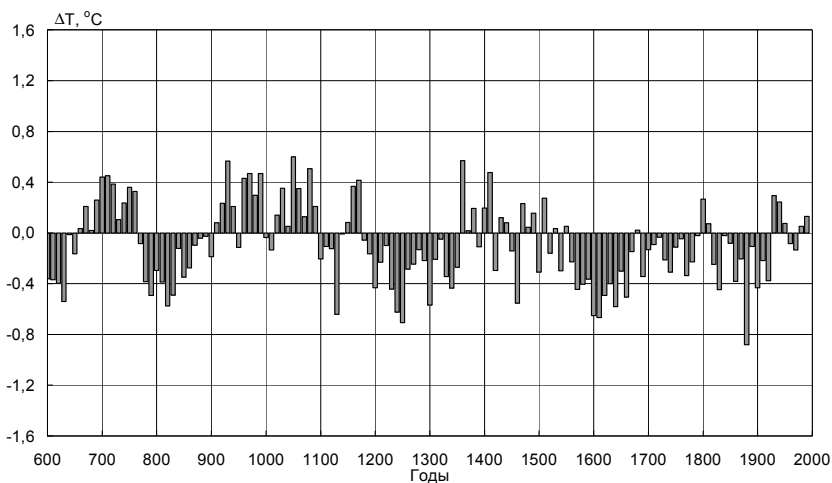


Рис. 5. Отклонения температуры лета (осреднение по 10-летиям) от современных значений для территории Русской равнины (обобщенные данные)

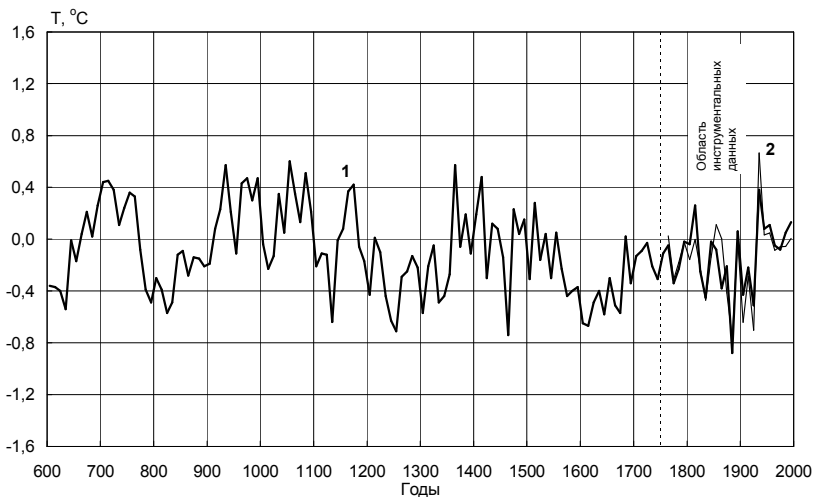


Рис. 5а. Отклонения летней (VI–VIII) температуры воздуха (1) от современных значений и их сравнение с инструментальными данными (2) для территории Русской равнины (осреднение по 10-летиям)

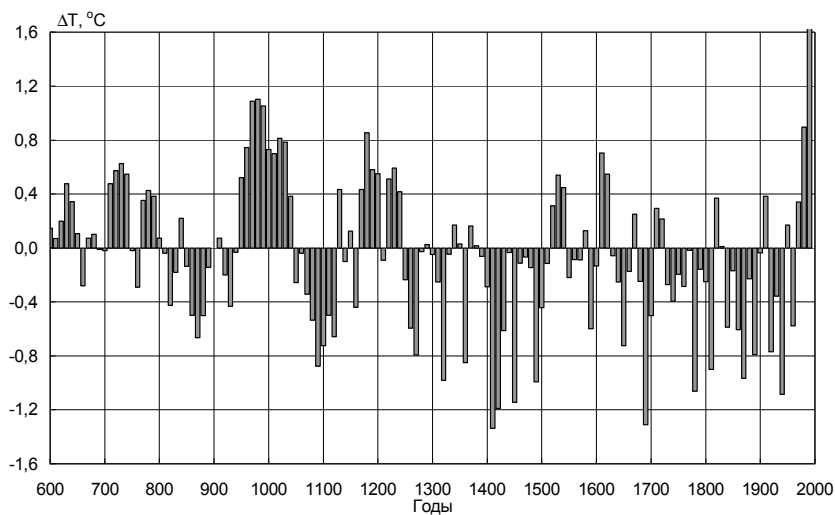


Рис. 6. Отклонения температуры зимы (осреднение по 10-летиям) от современных значений для территории Русской равнины (обобщенные данные)

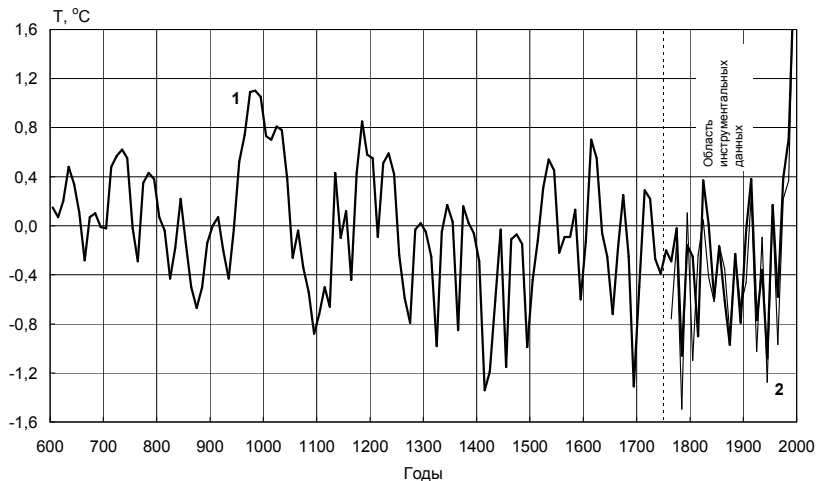


Рис. 6а. Отклонения зимней (XII, I, II) температуры воздуха (1) от современных значений и их сравнение с инструментальными данными (2) для территории Русской равнины (осреднение по 10-летиям)

Исходя из анализа полученных кривых, можно утверждать, что стандартная концепция СТЭ и МЛП требует пересмотра, так как

эти весьма протяженные эпохи не являлись сплошными интервалами теплых или холодных лет, а представляли собой периоды преимущественно с теплым или холодным климатом, при этом, однако, сопровождаясь значительными колебаниями температуры. В частности, как отмечается в работе В. В. Клименко (см.: Клименко В. В. Климат средневековой теплой эпохи в Северном полушарии. М.: Изд-во МЭИ, 2001), нет никаких оснований говорить о СТЭ как о продолжительном периоде стабильного потепления. Действительно, рассматривая соответствующий средневековому оптимуму временной срез (начиная с X в., которому предшествовало продолжительное похолодание, и заканчивая примерно 1200 г., после которого четко обозначился переход к эпохе малого ледникового периода), становится совершенно ясно, что в течение этого периода на Русской равнине наблюдались довольно заметные похолодания, самым сильным из которых следует признать то, что имело место около 1100 г. Этот холодный эпизод, кстати, зарегистрирован не только в рассматриваемом нами регионе, но и практически по всей территории Евразии. *Таким образом, СТЭ на территории России представляла собой асимметричный двойной теплый эпизод, разделенный весьма продолжительным похолоданием. При этом наиболее ярко выраженное потепление наблюдалось в первой половине этого периода, а максимум приходится примерно на 980 г.*

МЛП также можно охарактеризовать как эпоху с нестабильным климатом. Холодные зимы часто соседствовали с жаркими летними сезонами (что хорошо прослеживается, например, в период конца XIV – первой половины XV вв.) и наоборот. Тем не менее *особенностью этих и ряда последующих является неизменный тренд к похолоданию и стабильные средние температурные аномалии, лежащие в отрицательной области, что, собственно говоря, и дает основания квалифицировать всю эту продолжительную фазу холодного климата как малый ледниковый период.*

В целом, полученные в настоящей работе результаты подтверждают основные известные на сегодня закономерности изменения климата. Более того, есть все основания надеяться, что

использование в нашей работе предложенных методик и наиболее полных и современных данных дало возможность получить более достоверную реконструкцию климатических изменений прошлого. Достаточно хотя бы указать на то обстоятельство, что полученные нами температурные реконструкции не находятся в противоречии ни с одним из известных нам исторических источников как для Восточной, так и для Центральной Европы и не могут быть решительно опровергнуты ни в какой своей части.

Кроме того, полученные в настоящей работе результаты позволяют внести некоторые новые аргументы в дискуссию о влиянии антропогенного фактора на климат нашей планеты. Используя реконструированный тысячелетний температурный ряд, мы построили прогнозы изменения среднегодовой температуры для центра Русской равнины с учетом и без учета антропогенного фактора (рис. 7).

Очевидно, что полученная разность прогнозируемых температур в $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ сейчас и более чем в $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для 2050 г. означает существенное и несомненное влияние человеческой деятельности на климатические условия, которое с нарастающей силой стало проявляться уже после 1950 г. Экстраполяция реконструированного нами температурного ряда после 1875 г. хорошо воспроизводит и региональное потепление 20–30-х годов, и похолодание 40–60-х годов прошлого века. Однако затем в естественном ходе температур в последние 20 лет следовало бы ожидать заметного похолодания, в то время как в действительности было зафиксировано резкое возрастание температуры.



Рис. 7. История (1) и прогноз колебаний среднегодовой температуры на территории Русской равнины с учетом (2) и без учета (3) влияния антропогенного фактора

Из рис. 7 очевидно, что в отсутствие антропогенного фактора в следующие 50 лет температура в центре Русской равнины опустилась бы до значений, соответствующих самому холодному периоду последних двух тысячелетий, а именно последней декаде XVII в., отмеченной катастрофическими неурожаями и голодом не только в России, но и в Финляндии, Эстонии, Шотландии и других европейских странах. В эти трагические годы Финляндия лишилась трети, а Эстония и Ливония – почти четверти своего населения. Не подлежит никакому сомнению, что, случись подобное похолодание сейчас, оно вызвало бы самые тяжелые последствия для всей Европы, а в особенности – для России. Речь идет, конечно, не только о сельском хозяйстве, но и энергетике, которая с большим трудом выдерживает даже отдельные холодные месяцы в отдельных регионах страны.

Таким образом, антропогенно обусловленное потепление вот уже в течение 50 лет не только не принесло нашей стране предрекаемых многими гипотетических бедствий, но напротив – уберегло ее от еще больших экономических и социальных потрясений.

В настоящей работе проведена комплексная реконструкция истории климата Русской равнины за последние 2000 лет, основанная на привлечении широкого массива данных, полученных из независимых источников (инструментальные наблюдения, исторические и архивные сведения, палинологические, дендрохронологические и гидрологические исследования). С помощью предложенных методов обобщения климатических рядов впервые получены реконструкции, с максимально возможной степенью детализации воспроизводящие сложную картину климатических изменений на территории Русской равнины в историческом прошлом в объективных количественных показателях и в стандартной календарной шкале времени. Их анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Изменения климатов прошлого в изученном районе в целом соответствуют имеющимся общим представлениям и количественным оценкам изменения палеоклиматических характеристик Северной Евразии, при этом существенно повышено временное разрешение и уточнены масштабы основных климатических событий.

2. В течение последнего тысячелетия на фоне квазициклических колебаний наблюдалось постепенное снижение среднегодовых и среднесезонных (зима и лето) температур. В XX в. тенденция изменения годовых и зимних температур резко изменилась на противоположную.

3. В течение последних полутора тысяч лет не выявлено определенных тенденций в изменении количества осадков. В указанное время в северной части Русской равнины засушливые годы чаще сопутствовали холодным периодам, а дождливые – теплым.

4. Со второй половины XX в. на территории Центральной России происходит антропогенно обусловленное потепление, максимально выраженное зимой. Каких-либо признаков изменения летних температур в контексте тысячелетней истории климата не наблюдается.

5. Среднегодовые температуры на территории Центральной России в настоящее время находятся на уровне, примерно соответствующем максимуму средневекового оптимума (конец

Х в.). Современные зимние температуры находятся на рекордно высокой отметке за последние полтора тысячелетия, летние – в пределах естественной изменчивости климата последнего тысячелетия.

Приложение 1

Афанасьев, Н. П. 1896. *Очерк метеорологических наблюдений и климатических условий Москвы*. Сборник очерков по г. Москве (1–24). М.

Бастамов, С. Л. 1913. Климатический очерк города Москвы. *Естествознание и география* 4: 23–31.

Берг, Л. С.

1911. Об изменении климата в историческую эпоху. *Землеведение*. Кн. 3: 16–28.

1915. Вопрос об изменении климата в историческую эпоху. *Природа*. Октябрь: 1265–1276.

Бетин, В. В., Преображенский, Ю. В. 1962. *Суровость зим в Европе и ледовитость Балтики*. Л.: Гидрометеиздат.

Боголепов, М. А.

1907. О колебаниях климата Европейской России в историческую эпоху. *Землеведение*. Кн. 3.

1908. Колебания климата в Западной Европе с 1000 по 1500 г. *Землеведение*. Кн. 2.

1911. Колебания климата и истории. М.: Жизнь.

1912. О колебаниях климата. *Землеведение*. Кн. 3.

1928. *Периодические возмущения климата*. М.

Боженянов, И. Н. 1907. *Голодовки русского народа с 1024 по 1906 г.* СПб.

Борисенков, Е. П. (ред.) 1988. Колебания климата за последнее тысячелетие. Л.: Гидрометеиздат.

Борисенков, Е. П., Пасецкий, В. М. 1988. *Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы*. М.: Мысль.

Бучинский, И. Е. 1957. *О климате прошлого Русской равнины*. Л.: Гидрометеиздат.

Вильд, Г. И.

1882. *О температуре воздуха в Российской империи, на основании критического рассмотрения наблюдений*. Вып. 2. СПб.: тип. Имп. Акад. наук.

1894. *Новые нормальные и 5-летние средние температуры воздуха*. СПб.: тип. Имп. Акад. наук.

Воейков, А. И.

1892. Исключительно высокие и низкие месячные средние. *Метеорологический вестник* 2: 2–11.

1907. Погода по многолетним наблюдениям. *Метеорологический вестник* 4: 2–18.

Груза, Г. В., Клещенко, Л. К., Ранькова, Э. Я. 1977. Об изменениях температуры воздуха и осадков на территории СССР за период инструментальных наблюдений. *Метеорология и гидрология* 1: 13–25.

Воронов, А. М. 1992. Оценка региональных изменений гидроклиматических условий Европейской территории СССР по историческим данным. *Водные ресурсы* 4: 97–105.

Клиге, Р. К., Воронов, А. М., Селиванов, А. О. 1993. *Формирование и многолетние изменения водного режима Восточно-Европейской равнины*. М.: Наука.

Кренке, А. Н., Чернавская, М. М. 1998. Пространственные и временные изменения повторяемости экстремальных климатических явлений на Русской равнине. *Изв. АН СССР. Сер. географ.* 5: 53–61.

Леонтович, Ф. И. 1892. Голодовки в России до конца прошлого века. *Северный Вестник*. Март: 2–35.

Лихачев, Д. С. 1947. *Русские летописи*. М.: Изд. АН СССР.

Ляхов, М. Е. 1984. Климатические экстремумы в центральной части Европейской территории СССР в XIII–XX вв. *Изв. АН СССР. Сер. географ.* 6: 68–74.

Рыбаков, Б. А. 1963. *Древняя Русь. Сказания, былины, летописи*. М.: Изд. АН СССР.

Словцов, И. А. 1858. Историческое и статистическое обозрение неурожая в России. В: *Сборник статистических сведений о России*. Кн. 3: 467–473. СПб.

Спасский, М. Ф. 1847. *О климате Москвы. Критические исследования*. М.: унив. тип.

Bradzil, R., Kotyza, O. 1995. History of Weather and Climate In the Czech Lands I. Period 1000–1500. *Zürcher Geographische Schriften* Heft 62.

Glaser, R., Hagedorn, H. 1991. The Climate of Lower Franconia Since 1500. *Theoretical and Applied Climatology* 4: 101–104.

Koslowski, G., Gläser, R. 1995. Reconstruction of the winter severity since 1701 in the Western Baltic. *Climatic Change* 31 (1): 79–98.

Pfister, C., Schwarz-Zanetti, G., Wegmann, M. 1996. Winter Severity in Europe: The Fourteenth Century. *Climatic Change* 34 (1): 91–108.

Pfister, C., Luterbacher, J., Schwarz-Zanetti, G., Wegmann, M.

1998. Winter air temperature variations in western Europe during the Early and High Middle Ages (AD 750–1300). *The Holocene* 8 (5): 535–552.

1994. Observed and expected climate change in the European region / G. V. Gruza, E. Ya. Ran'kova, L. V. Korovkina, E. V. Rocheva and E. A. Semenyuk // Climate variation in Europe. R. Heino (ed.), Academy of Finland 3: 56–48.

Räcs, L. The climate of Hungary during the Late Maunder Minimum (1675–1715). / In: Frezel B., Pfister C., Gläser R (eds). *Climatic Trends and Anomalies in Europe 1675–1715*. Stuttgart, Fischer. 95–108.

Sadowski, M. 1991. Variability of extreme climatic events in Central Europe since the 13th century. *Zeitschrift für Meteorologie* 41 (5): 350–356.

Приложение 2

Клиге, Р. К., Воронов, А. М., Селиванов, А. О. 1993. *Формирование и многолетние изменения водного режима Восточно-Европейской равнины*. М.: Наука.

Климанов, В. А., Хотинский, Н. А., Благовещенская, Н. В. 1995. Колебания климата за исторический период в центре Русской равнины. *Изв. РАН. Сер. географ.* 1: 89–96.

Клименко, В. В., Климанов, В. А., Сирин, А. А., Слепцов, А. М. 2001. Изменения климата на западе европейской части России в позднем голоцене. *Доклады РАН*. Т. 376. 5: 679–683.

Ловелиус, Н. В. 1979. *Изменчивость прироста деревьев*. Л.: Наука.

Ляхов, М. Е. 1984. Климатические экстремумы в центральной части Европейской территории СССР в XIII–XX вв. *Изв. АН СССР. Сер. географ.* 6: 68–74.

Chernavskaya, M.

1995. *Intrasecular air temperature changes in the North European Russia over the last Millennium*. International Conference on Past, Present and Future Climate. 22–25 August Helsinki, Finland.

1999. Chronology of vegetation and paleoclimatic stages of Northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene / Kh. A. Arslanov, Savelyeva, L. A., Gey, N. A., Klimanov, V. A., Chernov, S. B., Chernova, G. M., G. F. Kuzmin, T. V. Ternoghnaya, D. A. Subetto, V. P. Denisenkov. *Radio-carbon* 41 (1): 25–45.