

МАЛЫЙ ЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД КАК ОДНО ИЗ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА В ГОЛОЦЕНЕ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (грант НК-547П/1 «Оценка экологических рисков при освоении инвестиционно-привлекательных территорий»).

Малый ледниковый период явился одним из кратковременных похолоданий климата в истории Земли. Признаками похолодания выступали: понижение температуры воздуха, увеличение ледовитости Северной Атлантики и морей Арктики, раннее замерзание и позднее вскрытие рек, продвижение к югу многолетней мерзлоты, рост ледников. Реконструкцию можно использовать в качестве модели воссоздания хода природных процессов в эпохи похолоданий.

Ключевые слова: палеогеография; Малый ледниковый период; изменение климата.

В истории Земли неоднократно отмечались эпохи материковых оледенений, разделенных теплыми эпохами, и каждое из этих событий оказывало влияние на ход природных процессов. В результате возникла необходимость установления естественного тренда будущих изменений климата и природы в целом, базой для получения которых являются палеоклиматические и палеоландшафтные реконструкции, которые могут быть использованы в качестве прообразов будущего.

Изменение глобальной температуры воздуха на планете в течение голоцена приводило к изменению ландшафтов суши и площади их распространения, отражалось в динамике ледников. Малый ледниковый период (МЛП) явился одним из кратковременных похолоданий климата в истории Земли. Переход к нему намечился после климатического оптимума (VIII–XIII вв.). МЛП не привел к существенному изменению ландшафтов, но, тем не менее, проявился достаточно ярко. Признаков похолодания в это время было несколько: увеличилась ледовитость Северной Атлантики и морей Азиатского сектора Арктики, понизилась среднегодовая температура воздуха, отмечался рост ледников, раньше замерзали и позднее вскрывались реки, граница многолетней мерзлоты продвинулась к югу, сезонная глубина протаивания грунтов уменьшилась. Период имел собственные флуктуации, движения, нерегулярные приливы и отливы ледников, но они были вторичными, по сравнению со значительным и непрерывным наступлением. В Малый ледниковый период похолодание, как определяют Е.П. Борисенков и В.М. Пасецкий [1. С. 230], не происходило постепенно год от года, а выражалось в увеличении числа необычайных природных явлений, в усилении межсезонной изменчивости, в длительности группировок особо опасных метеорологических явлений.

Временные границы. Малый ледниковый период носил глобальный характер, но временные границы его в большинстве случаев размыты. В связи с этим установить рубежи Малого ледникового периода как последнего значительного похолодания также непросто. Л.Г. Полозова [2], изучив мнения ученых разных стран мира о времени начала и продолжительности МЛП, пришла к выводу, что они значительно разнятся. Объясняется это различиями в определении степени и характера МЛП, т.к. за основу берутся то динамика ледников, то длительность вегетационного периода, то ледовый режим рек и т.д.

МЛП в разных районах земного шара наступил не одновременно, и существовал определенный «дрейф»

похолодания с запада на восток в северном полушарии. Данные изучения керн льда в Гренландии и Антарктиде свидетельствуют о синхронности процессов МЛП в полярных районах [3].

В целом о временных границах МЛП имеется два представления: первое – расширенное, согласно которому МЛП проявился с XIII до первой половины XIX в., второе – узкое, когда МЛП ограничивается только 1550–1850 гг. с некоторыми колебаниями нижней границы.

Малый ледниковый период как глобальное явление. Похолодание охватило всю планету, но особенно ярко оно проявилось в северном полушарии. Рост ледников в Европе привел к уничтожению поселений и сельскохозяйственных угодий [4]. Реки, замерзающие сейчас только в самые суровые зимы (По, Темза, Рона, Нева), в то время каждую зиму покрывались льдом. Замерзало Балтийское море, датские проливы и пролив Босфор. Из Дании в Норвегию ездили на санях. Ухудшение климатических условий и рост ледовитости северной Атлантики привели к гибели гренландских поселений [1].

Наступление ледников в Северной Америке происходило одновременно с Альпийскими и Скандинавскими: Ледники Баффиновой Земли, Аляски, Передового хребта (современный штат Колорадо, США) максимально продвинулись в XVII–XIX вв. [5, 6].

Похолодание МЛП в Восточной Азии довольно четко зафиксировано в Китае и Японии. В Китае суровость климата привела к вымерзанию апельсиновых деревьев. Холодное лето и затяжные периоды дождей в Японии приводили к неурожаю риса и как следствие – голоду и гибели людей [7]. В горах Эфиопии ежегодно выпадал снег и лежал месяцами [5].

В Антарктике изменение температуры благоприятствовало росту паковых льдов. Экспедиция Джеймса Кука в 1772–1775 гг. не достигла материка в связи с большим размером ледяных полей вокруг него. В 1820–1821 гг., когда МЛП находился на исходе, полоса ледяного покрова вокруг Антарктиды уменьшилась, что послужило одной из благоприятных причин открытия материка Ф.Ф. Беллинсгаузеном и М.П. Лазаревым [8].

На Руси экстремальные природные явления стали проявляться с XIII в., в XVI – первой половине XIX в. их количество достигло апогея. Частые засухи, обильные летние дожди, возвраты холодов летом и осенью, суровые зимы, высокие половодья и наводнения летом приводили к неурожаю, голоду и гибели людей [1].

МЛП в Западной Сибири. Изучение литературного и архивного материала по климату Западной Сибири, а также данных спорово-пыльцевых, дендрологических и гляциологических исследований позволили нам прийти к выводу, что временные рамки МЛП в регионе ограничивались 1550–1850 гг. И если в геологических масштабах это похолодание представляло собой, как отмечал П.М. Борисов, «климатическую рябь», то на жизнь и хозяйственную деятельность человека оно оказало значительное влияние [9].

Систематических наблюдений за температурой воздуха в рассматриваемый отрезок времени в Западной Сибири не велось. Поэтому используются косвенные данные: сообщения крестьян о неурожайных годах, летописные источники, разовые наблюдения путешественников за температурой воздуха, дополняемые результатами спорово-пыльцевых, дендрологических и гляциологических исследований.

Прежде чем рассмотреть признаки проявления МЛП на Западно-Сибирской равнине, необходимо охарактеризовать его влияние на евроазиатский сектор Арктики, поскольку природные условия равнины весьма сильно зависят от последнего.

Усиление ледовитости арктических морей (евроазиатский сектор Арктики). Наиболее ярко проявление Малого ледникового периода выразилось в росте ледовитости морей европейского сектора Арктики. Льды у побережья Исландии и Гренландии отсутствовали до X–XI вв. Но в XIV в. площадь их в Северной Атлантике увеличивается и льды достигают 60° с.ш. В XV–XVI вв. наблюдается некоторое отступление паковых льдов. В XVII–XIX вв. отмечалось наибольшее распространение льдов у побережья Гренландии. Льды огибали юг острова, и граница их смещалась вдоль юго-западного побережья на север, где до этого времени они не встречались.

Особенно значительное увеличение площади ледового покрова отмечалось с начала XVII в. Исландские берега были блокированы льдом до 16 недель в году в начале семнадцатого столетия; в период с 1740 по 1750 г. – от 18 до 19 недель; в 1780–1800 гг. – около 6 месяцев [5]. В конце XVIII в. сложная ледовая обстановка являлась причиной множества кораблекрушений [10, 11].

Русскими мореплавателями (поморами) было положено начало в освоении Полярного бассейна. В XIV и XV вв. ледовая обстановка благоприятствовала плаваниям поморов к западу от Северной Двины, в результате морской путь устья этой реки в Западную Европу становится настолько хорошо известен, что вслед за русскими им стали пользоваться датчане [12]. Осваивается и морской путь из Северной Двины на восток к Железным воротам (пролив Карские ворота), на морские острова и на Новую Землю. Также ледовые условия в районе Шпицбергена в конце XV в. благоприятствовали судоходству, что способствовало его открытию и освоению [12–14].

В XVI в. относительно благоприятные ледовые условия способствовали регулярным плаваниям русских через Карское море в Обь и далее в Мангазею [15–19]. В первой половине XVII в. ледовые условия были крайне нестабильными для плавания, благоприятные и неблагоприятные фазы сменяли одна другую [20]. Тем

не менее в первой четверти столетия предполагается освоение русскими промышленниками северных берегов Таймырского полуострова, о чем свидетельствуют найденные в 1940 г. на острове Фаддея и на берегу залива Симса вещи погибшей здесь экспедиции [21].

Со второй половины XVII в. количество плаваний в северных морях заметно уменьшилось. Причины прекращения плавания состояли не только в оскудении запасов пушного зверя, уменьшении запасов «заморского рыбьего зуба», но и вследствие того, что складывались более тяжелые ледовые условия в арктических морях. В конце XVII и начале XVIII в. льды почти постоянно блокировали и побережье Сибири. Сплошной лед явился преградой для экспедиции Д. Вуда в 1676 г. Отмечались и годы с благоприятной ледовой обстановкой. Так, в 1664 г. Флагманн нашел совершенно чистое море к северу и востоку Новой Земли [22]. К началу XVIII в. каботажное плавание, по-видимому, совершенно прекратилось. Ухудшение ледовой обстановки в Баренцевом и Карском морях в начале XVIII в. осложнили работу отрядов Великой Северной экспедиции. В период с 1734 по 1736 г. Обь-Енисейскому отряду под руководством Д.Л. Овцына льды препятствовали выходу из устья Оби, пройти из устья Оби в устье Енисея отряд смог лишь в 1737 г. [23]. Другие восточные отряды Великой Северной экспедиции также столкнулись со сложными ледовыми условиями.

Плавания на Новую Землю в начале XIX в. сопровождалась сложностью ледовой обстановки: неудачная экспедиция А. Лазарева в 1819 г.; Ф.П. Литке в 1821–1823 гг.; П.К. Пахтусова в 1832–1833 гг. [24].

Со второй половины XIX в. в Арктике отмечалось потепление.

Температурный режим. О температуре воздуха в Западной Сибири в МЛП данных немного, т.к. систематических наблюдений в то время не велось, имеются только разрозненные замеры и косвенные данные (сообщения путешественников, крестьян о неурожайных годах и пр.). По этим данным трудно в деталях выявить особенности погодных условий МЛП, но, дополнив их другими источниками информации, можно воссоздать общую картину.

Первая попытка проведения систематических метеорологических наблюдений в Сибири была сделана в 1730 г. по заданию участников Великой Северной экспедиции [25, 26]. Наблюдателями за погодой были назначены в Tobolske «боярский сын» Яков Минович, в Томске – казак Петр Саломатов [26, 27]. Результаты наблюдений, к сожалению, не сохранились.

В МЛП выделяются три фазы, различающиеся по тепло- и влагообеспеченности и особенностям сезонов: 1-я – нисходящая ветвь (от тепла к холоду) – 1550–1600 гг., 2-я – ядро – 1600–1800 гг., 3-я – восходящая ветвь (от холода к теплу) – 1800–1850 гг. [28].

Во вторую фазу МЛП понижение температуры в Западной Сибири коснулось как ее зимних, так летних и среднегодовых значений. Январская температура воздуха в 1772 г. в Томске, по наблюдениям И.П. Фалька (1854), была значительно ниже, чем средняя за период наблюдений 1881–1960 гг., составляющая –19,2°C [29, 30].

Третья фаза отличалась нестабильностью условий и резкими их колебаниями. Г. Спасский [31. С. 85] отмечал суровость зимы 1811 г., когда в январе температура значительно колебалась от $-18,8$ до -50°C . О необычно рано наступившей весне в Барнауле упоминали в 1822 г. К.Ф. Ледебур [32. С. 157]. На неустойчивость зим в переходный период указывают следующие сведения: в Ишимском округе Тобольской губернии зима 1823 г. была одной из жестоких – до 37° по Реомюру ($-46,25^{\circ}\text{C}$), хотя зима следующего, 1824 г., относится к числу умеренных. В 1837 г. зима отличалась поздним началом, и до половины декабря ездили на колесах. Летние температуры в переходный период были несколько выше, чем в среднем за период наблюдений 1881–1960 гг., когда отмечалась температура $17,4^{\circ}\text{C}$. В Барнауле температура в июне 1812 г. колебалась от 25 до $37,5^{\circ}\text{C}$ [31]. Высокая осенняя температура 1842 г. отмечена в Салаире 9 сентября, когда термометр показывал 18°C в тени. Для этого времени года высокой температура была и на Убинских равнинах [33. С. 351].

Таким образом, в переходное время (от холода к теплу) январские температуры воздуха были ниже, чем в среднем за последующий период наблюдений, в северных районах они были ниже на $1,8\text{--}3,1^{\circ}\text{C}$ [34].

Изменение температуры в сторону снижения оказало влияние на режим рек.

Ледовый режим рек. Возникновение, развитие и разрушение ледяных образований на реках в основном зависит от температуры воздуха, поэтому сведения о ледовом режиме рек могут быть использованы для реконструкции сроков сезонов года.

Режим рек в зимний сезон имеет специфический характер, связанный с переходом части, а в некоторых случаях и всех русловых масс воды из жидкой фазы в твердую. Формы и продолжительность становления, существования и разрушения ледяного покрова в сочетании с изменениями уровней, расходов воды и тепловых запасов представляют сложный комплекс явлений, резко выделяющих зимний сезон среди остальных сезонов года. Зимний сезон на реках рассматривается как их режимное состояние, свойственное холодной части года. Реки равнинной территории Западной Сибири по зимнему режиму относятся к группе рек с устойчивым ледоставом.

Разновременность вскрытия больших рек определяется климатическими, гипсометрическими и гидрологическими факторами, в число которых входят характер и размер питания грунтовыми водами. Для рек, протекающих в меридиональном направлении, первостепенное значение имеет климатический фактор, для водотоков, стекающих с больших высот, – гипсометрический. За рассматриваемый период времени (1550–1850 гг.) самый продолжительный ряд наблюдений за вскрытием и замерзанием рек имеет р. Обь у Барнаула – 1750–1800 и 1837–1850 гг. Для более раннего периода времени имеются отрывочные сведения.

Сибирские летописи первой половины XVII в. содержат информацию о долгом (до середины лета) лежании снега в низовьях и устье Оби [35]. В мае 1675 г. экспедиция Н.Г. Спафария встретила препятствие во

льдах на Оби в районе современного г. Ханты-Мансийска [36. С. 42–45]. В 1734 г. отряд Великой Северной экспедиции под руководством Дмитрия Овцына достиг Обдорска (ныне Салехард) 11 июля, льды помешали дальнейшему продвижению, 21 сентября встала Обь у Обдорска [12], что раньше среднего на 38 дней [37].

Сведения по вскрытию и замерзанию рек на территории Российской империи, собранные К. Веселовским [38] и М.А. Рыкачевым [39], использованы нами для построения графиков вскрытия и замерзания рек Западной Сибири. Кроме того, проведено сравнение со средними значениями дат замерзания и вскрытия рек за последующие периоды наблюдений (рис. 1, 2).

В замерзании рек Западной Сибири в МЛП отмечалась следующая тенденция: на юге Обь у Барнаула замерзала в сроки, примерно близкие к среднему значению за последующее время наблюдений, при движении на север сроки замерзания рек (Иртыш у Тобольска, Томь у Томска и Обь у Салехарда) становятся ранними. В результате предполагается, что осень в этих районах была несколько короче, а зима за ее счет более продолжительна.

Исходя из данных, представленных на графиках, можно высказать предположение, что на исходе МЛП разница в сроках вскрытия Оби у Барнаула и у Салехарда изменялась в довольно широких пределах. Для завершающей фазы МЛП было характерно более значительное понижение температуры воздуха на севере, что способствовало более позднему вскрытию рек, а на юге эти изменения были не столь значительны, хотя и отличались непостоянством.

В МЛП наблюдалась дружная весна, которая приводила к интенсивному снеготаянию, что вызывало высокие половодья. Объясняется это глубоким промерзанием почвогрунтов в суровую зиму. Очевидно, в начале зимы снег ложился уже на мерзлую почву. Отчасти причиной могли быть заторные явления, которые возникали в тех случаях, когда в верховьях начиналось интенсивное половодье, а в среднем течении и в низовьях рек сохранялся ледостав. Наводнения происходили чаще в южных районах региона. Так, в мае 1793 г. Барнаульский и Павловский заводы сильно пострадали от большого наводнения рек Барнаулки и Касмалы. [40]. Наводнения также отмечены в Томске в 1804, 1820, 1841 и 1843 гг. [41].

Низкие зимние температуры вызывали не только глубокое промерзание почвогрунтов, но и более широкое развитие многолетней мерзлоты.

Многолетняя мерзлота. Суровые климатические условия МЛП вызвали прогрессирующее развитие мерзлых пород. Незначительная глубина сезонного промерзания и оттаивания многолетнемерзлых пород, более широкое распространение мерзлоты на юг и низкая, по сравнению с современными, температура пород были отличительными признаками МЛП.

Многолетнемерзлые породы в МЛП оттаивали на меньшую глубину, нежели в 1989 г. А. Миддендорф [34] ссылаясь на наблюдения Д.Л. Овцына, сделанные им в 1734 г.: «...ниже Обдорска находил почву та-

лою» от 0,3 до 0,6 м. В 1843–1845 гг. в Березове почва оттаивала на глубину от 1,2 до 2 м в Салехарде и 2–2,5 м в Березове [42].

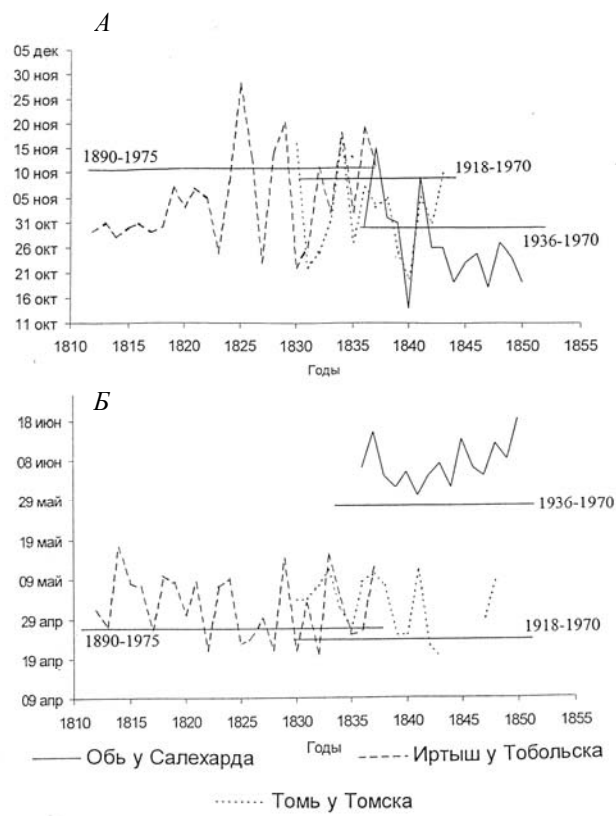


Рис. 1. Графики замерзания (*A*) и вскрытия (*B*) рек.
Горизонтальная линия – средняя дата за указанные годы

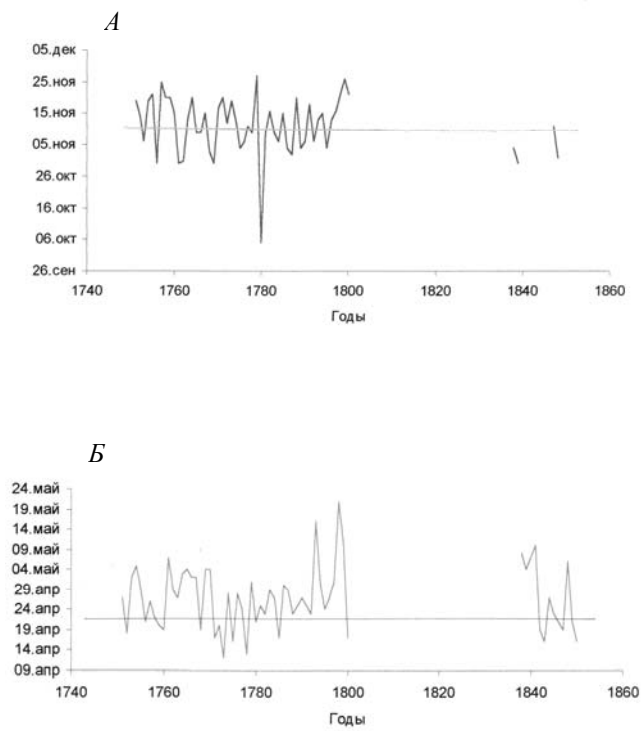


Рис. 2. Графики замерзания (*A*) и вскрытия (*B*) Оби у Барнаула и средние показатели за указанный период (горизонтальная линия)

Таким образом, в МЛП глубина сезонного протаивания многолетнемерзлых пород была меньше, чем ныне. А. Миддендорф приводит замечание Белля, высказанное им в 1763 г., о том, что в Березове почва оттаивает не более чем на 0,76 м [34. С. 469].

Граница многолетней мерзлоты в МЛП продвигалась к югу. А. Миддендорф [Там же] отмечал: «Тобольск лежит, очевидно, вне ледяной почвы, хотя и там не редки места, где почва на небольшой глубине остается мерзлой во все лето». Ныне в районе Тобольска не встречается участков, где в течение всего лета почва была бы мерзлой [42].

О том, что многолетняя мерзлота продвигалась к югу в МЛП, свидетельствует ее наличие еще в 1909 г. в Завасюганье, что было отмечено В. Рубчевским на Иксинском, Бакчарском, Кенгинском и Кенго-Чузакском болотах. В. Рубчевский [43. С. 9] отмечал: «...болота эти дают во многих случаях указания на то, что даже ложе их еще находится в пределах распространения вечной мерзлоты. Таежные жители... путешествуя летом... по болотам, замечали... что иногда шест, пройдя сквозь толщу мха, попадает в илова-

тую жижу, за которой упирается в совершенно твердую каменистую поверхность. Ощупывая конец вынутаго шеста, они ощущали ледяную температуру. А так как в пределах этой низменности нигде не замечено близкого к поверхности залегания пластов горнокаменных пород, то... предположение о нахождении здесь вечной мерзлоты становится более чем вероятным. Кроме того, здесь замечено, что на болотах весенний снег стаивает довольно быстро, и моховая поверхность их освобождается от верхней воды. Но к концу июня и началу июля... на поверхности моховых впадин скопляется значительное количество свободной воды... оттаивающее к этому времени ледяное ложе мха выделяет массу воды, которая... подымается по войлочной толще мха кверху и сливается в моховые ложбины и впадины».

Режим атмосферных осадков. Отличительной особенностью МЛП являлась характерная динамика осадков. Сообщения о количестве осадков и их распределении по территории и во времени немногочисленны. Многие сообщения содержат указания на многоснежность зим и засушливость летних сезонов:

Год	События	Источник
Многоснежность зим		
1736	Сибирь	[44. С. 55]
1784	Тобольское наместничество	[45. С. 307]
1826	В Змеиногорске: «...здесь ежегодно выпадает много снега... что все улицы и дома... покрываются сугробами до верхушек крыш, и жителям приходится проделывать ходы в снегу»	[32. С. 27]
Засушливость летних сезонов		
1627	По сообщениям Тобольского воеводы	[46]
1769	В Исетской провинции	[47]
1789	Среднее Прииртышье	[48. С. 233]
1791	Тобольское наместничество	[49]
1795	Пространство от Тюмени до Рудного Алтая: «стояла летом такая засуха, что земля потрескалась, а трава и хлеб в поле совсем засохли, погибли»	[50. С. 13]
1820–1825	Отмечалась особая засушливость как для Европейской территории России, так и для Западной Сибири	[51]

Особенности сезонов Западной Сибири в Малый ледниковый период. Структура погод и особенности сезонов года в МЛП различались в зависимости от фаз МЛП. Для нисходящей ветви МЛП данных по температуре, режиму осадков и зимнему режиму рек для Западной Сибири нет, но дендрологические, спорово-пыльцевые и изотопные данные фиксируют эту фазу в регионе. О синхронности проявления МЛП на европейской территории России и в Западной Сибири говорить сложно, но именно со второй половины XVI в. на Руси учащаются количество экстремальных природных явлений и их непостоянство (раннее наступление холодов, суровость зим, поздние весны, наводнения и т.д.).

Для второй фазы МЛП свойственны максимальная суровость и относительная стабильность погодных условий сезонов. Осень отличалась ранним наступлением холодов, о чем свидетельствуют челобитные крестьян, жалующихся на неурожай хлеба. Причинами неурожая служили раннее наступление морозов и выпадение снега [52]. В это время раньше замерзали реки. Вскрытие рек происходило позже как на севере, так и на юге. Зима была более длительной (за счет ее распространения в сторону весны и, реже, за счет раннего наступления холодов осенью), многоснежной и отличалась особой суровостью. О «студеной зиме» сообщается в челобитных томских кре-

стьян в середине XVII в. Устойчивый снежный покров формировался раньше, чем в среднем за более поздний период наблюдений. В 1734 г., по наблюдениям С.П. Крашенинникова, в Томске устойчивый снежный покров установился 20 октября, что ранее на 10 дней, чем в среднем за более поздний период наблюдений (1838–1978 гг.). Весна была короткая, сдвинута в сторону лета, теплая, чем вызывала быстрое таяние снегов, о чём свидетельствуют многочисленные сообщения о высоких половодьях на реках [41]. Лето было непродолжительным, засушливым, часто даже жарким.

В третью фазу сезоны отличались нестабильностью погодных условий. Морозные зимы чередовались с относительно теплыми, отличались многоснежностью и нередко суровыми буранами, продолжавшимися иногда в течение нескольких суток. Погодные условия весны также отличались нестабильностью. Весна наступала в это время (1800–1850 гг.) несколько раньше, чем в «ядре» МЛП, но позже, чем ныне. Лето было жарким и часто засушливым. Особенно засушливыми были 1810–1812, 1820–1832 гг. [51]. Но в иные годы проявлялись черты, свойственные сути периода: летом выпадал иней или погода была холодная и дождливая. Осень отличалась ранним началом и довольно быстрым переходом к зиме. Санный путь в первой половине XIX в. устанавливался раньше, чем ныне.

В 1842 г. П.А. Чихачев [33] отмечал, что в начале сентября в Томске устанавливался санный путь. Контрастность метеоусловий в последующем в Западной Сибири проявлялась вполне определенно.

В столь суровых природных условиях Малого ледникового периода происходили освоение Западной Сибири русскими и адаптация пришлого населения к условиям региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Экстремальные природные явления в русских летописях XI–XVII вв. Л., 1983. 240 с.
2. Полозова Л.Г. Климатические условия Малого ледникового периода, восстановленные по дендрохронологии // Колебания климата за последнее тысячелетие. Л., 1988. С. 168–176.
3. Имбри Дж., Имбри К.П. Тайны ледниковых эпох. М., 1988. 264 с.
4. Ладюри Э. Ле Руа. История климата с 1000 года. Л., 1971. 280 с.
5. Мотин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л., 1979. 408 с.
6. Флинт Р.Ф. Ледники и палеогеография плейстоцена. М., 1963. 576 с.
7. Аракава Х. Изменение климата Л., 1975. 112 с.
8. Магидович И.П., Магидович В.И. Очерки по истории географических открытий. М., 1984. Т. III. С. 320.
9. Борисов П.М. К проблеме коренного улучшения климата // Известия ВГО. 1962. Т. 94, вып. 4. С. 304–320.
10. Бадигин К. По студеным морям. М., 1956. 424 с.
11. Шнитников В.А. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария // Записки Географического общества СССР. 1957. Т. 16. 340 с.
12. История открытия и освоения Северного Морского пути. М., 1956. 592 с.
13. Фрумкин П.А. К истории открытия Шпицбергена // Летопись Севера. 1957. Т. II. С. 142–147.
14. Обручев С.В. Русские поморы на Шпицбергене в XV веке и что написал о них в 1493 г. нюрнбергский врач. М., 1964. 144 с.
15. Боднарский М.С. Великий Северный Морской Путь. М.; Л., 1926. 254 с.
16. Визе В.Ю. История исследования Советской Арктики. Архангельск, 1934. 212 с.
17. Английские путешественники в Московском государстве / Пер. с англ. Ю.В. Готье. Л., 1938. 310 с.
18. Берг Л.С. Уровень Каспийского моря и условия плавания в Арктике // Известия Всесоюзного географического общества. 1943. Т. 75, вып. 4. С. 16–21.
19. Старков В.Ф. Очерки истории освоения Арктики. Т. 2: Россия и Северо-Восточный проход. М., 2001. 116 с.
20. Окладников А.П. Русские полярные мореходы XVII в. у берегов Таймыра. М., 1957. 120 с.
21. Старков В.Ф. Исторические, археологические и геоморфологические источники об изменении климата в XVI–XVII вв. // Междисциплинарные исследования в археологии и этнографии Западной Сибири. Томск, 2002. С. 51–61.
22. Литке Ф.П. Четырехкратное путешествие в Северный Ледовитый океан на военном бриге «Новая Земля» в 1821–1824 гг. М., 1948. 334 с.
23. Лессафт Э. Леды Северного Ледовитого океана и морской путь из Европы в Сибирь. СПб., 1913. 240 с.
24. Черняковский Ф.И. Петр Кузьмич Пахтусов. Архангельск, 1957. 56 с.
25. Хргиан А.Х. Очерки развития метеорологии. Л., 1959. 348 с.
26. Слуцкий В.И. История метеорологии в Томском университете. Томск, 1998. 100 с.
27. Тихомиров Е.И. Из истории метеорологических наблюдений в Сибири в XVIII в. // Климат и погода. 1929. № 4. С. 101–111.
28. Малолетко А.М. Западная Сибирь в Малую ледниковую эпоху (1550–1850 гг.) // География и природопользование Сибири. Барнаул. 2003. Вып. 6. С. 8–25.
29. Фальк И.П. Записки путешествия Академика Фалька // Полное собрание путешествий по России, издаваемое Императорской академией наук. СПб., 1854. 354 с.
30. Справочник по климату СССР. Л., 1965а. Вып. 17, ч. II. 390 с.; Вып. 20, ч. II. Л., 1965б. 396 с.
31. Спасский Г. Замечания хозяйственные и до климата относящиеся, учиненные в 1811 и 1812 году в Барнауле // Технологический журнал. 1814. Т. 11, ч. 4. С. 82–89.
32. Ледебур К.Ф., Бунге А.А., Мейер К.А. Путешествие по Алтайским горам и Джунгарской Киргизской степи. Новосибирск, 1993. 415 с.
33. Чихачев П.А. Путешествие в Восточный Алтай / Пер. с фр. В.В. Цибульского. М., 1974. 360 с.
34. Миддендорф А. Путешествие на север и восток Сибири. СПб., 1862. Ч. I. Отдел III. С. 315–489.
35. Полное собрание русских летописей. Т. 36: Сибирские летописи. Ч. 1: Группа Есиповской летописи. М., 1987. 382 с.
36. Спафарий Н.М. Сибирь и Китай. Кишинев, 1960. 516 с.
37. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 15: Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Вып. 1: Верхняя и Средняя Обь. Л., 1975. 620 с.
38. Веселовский К.С. О климате России. СПб., 1857. 736 с.
39. Рыкачев М.А. Вскрытие и замерзание вод в Российской Империи. СПб., 1886. 307 с.
40. Юдин М.А. Барнаульский сереброплавильный завод // Судьбы. Барнаул. 2001. С. 191–244.
41. Зайков Б.Д. Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. Л., 1954. 138 с.
42. Кашиперюк П.И., Трофимов В.Т. Сезонное оттаивание и промерзание пород // Геокриология СССР. Западная Сибирь. М., 1989. С. 76–82.
43. Рубчевский В. Леса и население Завасюганья. Томск, 1909. 70 с.
44. Татищев В.Н. Общее географическое описание всей Сибири // Избранные труды по географии России. М., 1950. С. 36–76.
45. Описание Тобольского наместничества. (1789–1790 гг., по ответам на вопросы анкеты 1784 г.). Новосибирск, 1982. 322 с.
46. Шунков В.И. Очерки по истории колонизации Сибири в XVII – начале XVIII веков. М.; Л., 1946. 228 с.
47. Паллас П.С. Путешествие по разным местам Российского государства по велению Санкт-Петербургской императорской академии наук. СПб., Ч. 2, кн. 1. 1786а. 492 с.
48. Кондрашенков А.А. Крестьяне Зауралья в XVII–XVIII веках. Челябинск, 1969. Ч. II. 276 с.
49. ТФ ГАТО (Тобольский филиал Государственного архива Тюменской области). Ф. 341. Оп. 1. Д. 150. Л. 9–45.
50. Миненко Н.А. Экологические знания и опыт природопользования русских крестьян Сибири в XVIII – первой половине XX в. Новосибирск, 1991. 210 с.
51. Раунер Ю.А. Синхронность засух в зерновых районах северного полушария // Известия АН СССР. Сер. географ. 1979. № 1. С. 5–19.
52. Бояришинова З.Я. К вопросу о развитии русского земледелия в Томском уезде в XVII в. // Материалы по истории земледелия. М., 1952. С. 247–278.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 25 мая 2010 г.