

УДК 910.3:551.324

В. С. ШЕЙНКМАН, А. Н. АНТИПОВ

**БАЙКАЛЬСКАЯ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ЛЕТОПИСЬ:
ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ ЕЕ ВОЗМОЖНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ
С ДРЕВНИМИ ОЛЕДЕНЕНИЯМИ ГОР СИБИРИ**

На основе многолетних исследований в горных районах Сибири и обзора опубликованных материалов рассматриваются закономерности и специфика оледенения в глубине Евразии, разбираются возможные сценарии его развития, а также оценивается реальность связи оледенения Сибири с Байкальской палеоклиматической летописью.

Based on many-year research in Siberia's mountainous areas and on a review of published data, we examine the regularities and specific character of glaciation deep within Eurasia, look into the possible scenarios of its development as well as assess the extent to which the connection of Siberia's glaciation with Baikal's paleoclimatic chronicle is realistic.

Вопросы сходства и различия событий, отраженных в международных палеогеографических шкалах и в соответствующих построениях для внутренних частей Евразии, стоят очень остро и активно дискутируются. Основой для комплексного палеогеографического анализа территории в глубине материка стала Байкальская палеоклиматическая летопись [1]. Оледенение оставляет хорошо выраженные в рельефе и осадочных отложениях следы, пригодные для создания на их основе надежных палеогеографических реконструкций.

Учитывая высокую информативность следов оледенения, и стали обсуждать вопросы связи гляциальных событий с данными Байкальской летописи. Байкал, безусловно, репрезентативен в плане фиксации былых обстановок в Центральной Азии. В окружающих Байкал горах в прошлом формировались ледники, развитие которых можно связывать с ходом седиментогенеза в озере. Однако, фиксируя события сменой лимнофаций холодного и теплого спектров в пределах его акватории, седиментогенез не дает прямого ответа на вопрос об участии в нем ледников.

В последние годы на фоне устоявшегося взгляда на характер оледенения в глубине континента стали появляться кардинально иные подходы к рассмотрению данной проблемы. В частности, горячие дебаты развернулись вокруг тезиса о возможности развития крупных оледенений во все холодные эпохи, фиксируемые лимнофациями Байкала, начиная с хроносреза в 2,4 млн лет, т. е. уже с плейстоцена [1–4]. В этом случае начало ледниковья сдвигается на значительно более древнее время, чем принято в горных районах Сибири, где большинство схем развития оледенения традиционно фиксирует начало крупного наступления четвертичных ледников не ранее середины эпохи Брунес (около 700 тыс. л. н.).

Опираясь на многолетний опыт собственных исследований и учитывая опубликованные в российской и зарубежной печати материалы, мы провели анализ гляциальных обстановок в горах Сибири и рассмотрели реалии их привязки к Байкальской летописи. Надеемся, что этот анализ поможет упорядочить знания о четвертичных гляциальных процессах в Центральной Азии.

С появлением шкалы SPECMAP [5], после многолетних споров подтвердившей реальность отражения ритмики Миланковича в палеоклиматических событиях, у многих исследователей возникло желание связать с ней ход изучаемых процессов. Шкала SPECMAP отображает ход климатических событий, фиксируя изменения глобального объема льда через изотопный состав воды в океане (при замерзании в воде накапливаются изотопы тяжелого кислорода, а в жидком состоянии в ней преобладает легкий кислород), однако, поскольку время реакции для формирования льда в глобальных объемах измеряется тысячами лет, ритмика морских изотопных стадий (MIS), т. е. фиксация седи-

ментогенезом инфлюксов талой воды в океан в теплые периоды и консервация влаги льдом в глобальном объеме в холодные, имеет собственный шаг. Его размер тщательно измеряется, и при сравнении с ним событий в конкретном районе необходимо еще более тонкое его определение.

Суть обсуждения заключается в поиске адекватной компоненты, фиксируемой в морфо- и седиментогенезе в пределах материков, с одной стороны, и MIS — с другой, т. е. проблема сводится к сопоставимости динамики процессов, особенно при фиксации событий в летописях, созданных природой в условиях резко континентального климата в глубине Евразии, где протекание экзогенеза имеет свои особенности. Сегодня корреляции оледенений со шкалой SPECMAP, т. е. с изменением глобального объема льда как событием общеземного масштаба, проводятся в отношении явлений и регионального ранга.

Необходимо учитывать, что, несмотря на длительный период изучения, особенности осадконакопления в ледниковой и приледниковой зонах в глубине материка стали понятными только в последние десятилетия. К тому же базой для палеогеографических исследований в Сибири долгое время служили построения, созданные на основе европейских схем [6], где отражены процессы экзогенеза, существенно отличающиеся от сибирских. И лишь в середине прошлого века появились сведения о том, что в горных районах Сибири идут своеобразные осадко- и рельефоформирующие процессы, отражающие холодную климатическую обстановку Северной Азии, которую нельзя напрямую сопоставлять с процессами, характеризующими холодные эпохи европейских схем [7–10].

Актуальность проблемы отражения гляциальных событий в природных летописях не подлежит сомнению, но в ее основе лежит принципиальный вопрос о закономерности развития явлений определенного типа, а также об их различии и сходстве в разных частях Евразии. Причем принципиальность этого вопроса не просто отражает разные мнения исследователей, она обозначает подход к решению ключевых задач в изучении плейстоцена, а следовательно, и прогностики окружающей среды.

Неожиданным стал ракурс освещения проблемы оледенений в серии статей, так или иначе затрагивающих ее корреляцию с данными Байкальской летописи наступления ледников в Прибайкалье [1–4, 11–14] при отсутствии в них дискуссии по гляциальной тематике. Практически не анализируются результаты гляциологических проработок по горным районам Сибири, хотя без осознания их сути освещение материалов по оледенению Сибири уже изначально чревато существенными погрешностями.

В упомянутых публикациях все лимнофации холодного спектра Байкала предлагается непосредственно связывать с деятельностью ледников, а начало ледниковья отнести к концу плиоцена. При этом без внимания оставлен очень важный вопрос о том, почему столь древние следы оледенения не выявлены в соседних районах, прежде всего в наиболее изученном в гляциологическом отношении Алтае, где условия для развития ледников намного благоприятнее, чем в Прибайкалье. Кроме того, высказано мнение о существовании в глубине Сибири глобального по объему ледникового массива [3, 4, 11, 12], но геологических свидетельств при этом не приведено. Умалчивается также, как это сочетается с горным характером оледенения, если установлено, что основные массивы льда сосредоточены в циркумполярных ледниковых щитах.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ

Инструментальные наблюдения на ледниках и в приледниковой зоне гор Сибири пока еще единичны, и для оценки оледенения нами использован подход, согласно которому оледенение рассматривается как развитие своеобразных криогляциальных систем [15].

Главным индикатором характера оледенения служит состояние системы ледники/снежники–наледы–подземные льды. Свойства каждого явления в отдельности неплохо изучены, а следы их воздействия содержат много взаимодополняющей информации и хорошо прослеживаются в строении долин, которые могут осложняться другими процессами, например обвалами, селями, но общей картины это не меняет. Таким образом, путем анализа следов совместного или поочередного воздействия различных природных льдов на вмещающие их формы рельефа и отложения можно достаточно детально представить гляциальную обстановку прошлого.

Методически такой подход при изучении гор Сибири весьма важен, поскольку природные льды как продукт конкретных климатических условий стремятся достичь динамического равновесия между своим геологическим воздействием на вмещающие образования и сопротивлением слагающих их горных пород. При этом одни элементы укрепляют стабильность системы, а другие как бы испытывают ее на прочность. Так, наледы, используя избыток зимнего холода на участках миграции воды из зоны положительных температур в зону отрицательных, увеличивают общее количество льда системы и укрепляют ее устойчивость, тогда как ледниково-подпрудные озера, аккумулируя тепло даже в

самый холодный период, направляют его на термоэрозию ледяной плотины, провоцируя паводки, уничтожающие другие элементы системы. Поэтому судить о характере оледенения в горах Сибири можно только по совокупности его следов во всех элементах в целом.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОЛЕДЕНЕНИЯ В ГОРАХ СИБИРИ

Оледенение — сложный процесс, подразумевающий интеракцию влаги и холода. На всем протяжении плейстоцена Сибирь подвергалась существенному охлаждению. Основные закономерности оледенения региона связаны с его расположением в глубине материка, где горные сооружения окаймляют территорию Сибири в виде пояса, следующего от отрогов Алтая на восток, пересекающего Забайкалье, а затем разветвляющегося к северу по направлению к Чукотке и Восточной Якутии (рис. 1). Наиболее высокие горы приурочены к юго-западной части пояса, где многие хребты Алтая превышают 3000 м. В Саянах наиболее высокие горы достигают высоты приблизительно 3500 м, в Забайкалье и Восточной Якутии — около 3000 м и на Чукотке несколько ниже 2000 м. При этом морфологически горы однообразны: с одной стороны, они испытали воздействие единого комплекса экзогенных процессов, с другой — у них сходна история развития, где отражена общая фаза их обновления на последних этапах образования альпийской складчатости, в результате чего максимальной высоты они достигли к концу плейстоцена.

В настоящее время большая часть пояса находится под влиянием Сибирского антициклона, определяющего развитие континентальной обстановки с низкими среднегодовыми температурами воздуха. В силу преобладающего западного переноса воздушных масс основная влага поступает сюда из Атлантики и находящейся под влиянием Гольфстрима Западной Арктики, однако осадки приносятся сюда циклонами, уже изрядно окклюдируемыми, пересекающими большие расстояния. Воздушные массы с Тихого океана на горы Сибири заметно не влияют. Продвигаясь на материк, они испытывают встречное воздействие западного переноса и, отворачивая на восток, оставляют основную влагу в Дальневосточном регионе. Не может проникнуть к горам Сибири и влага с Индийского океана, муссоны которого блокируются горными системами Гиндукуша, Каракорума и Гималаев.

Таким образом, Сибирь в пределах окаймляющего ее горного пояса испытывает дефицит тепла и влаги. Ее местоположение в Северной Азии предопределяет ограничение инсоляции, а в глубине материка — адвективного тепла и влаги. Разные части пояса отличаются возрастающей с юго-запада

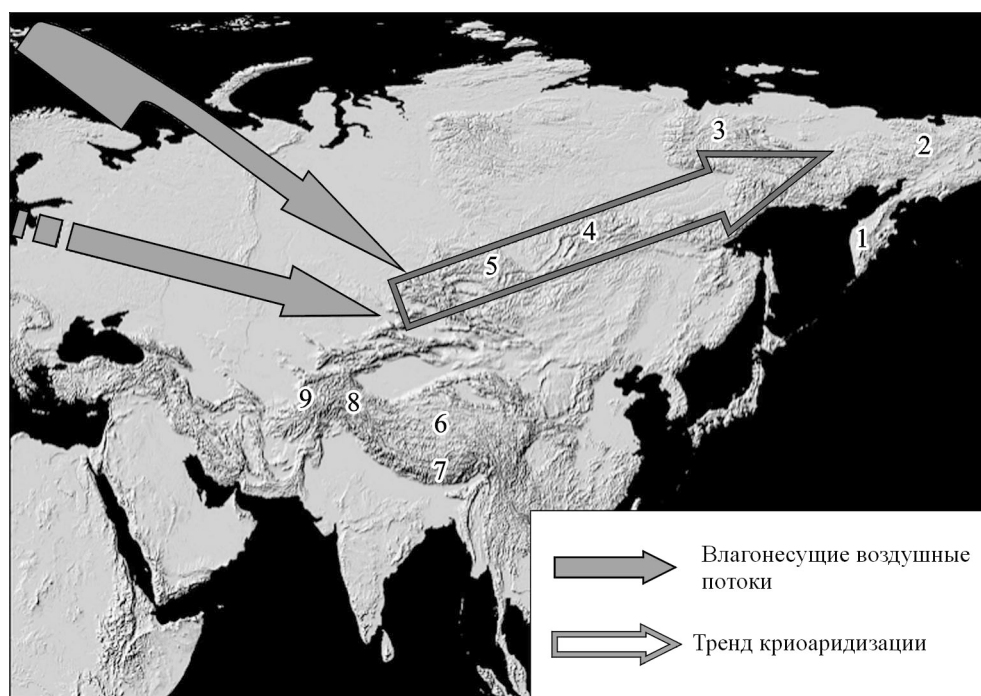


Рис. 1. Горные сооружения Северной Азии и воздействие на них основных влагопотоков.

1 — горы Камчатки, 2 — Чукотское нагорье, 3 — Верхояно-Колымская горная страна, 4 — горы Прибайкалья, 5 — Алтае-Саянская горная страна, 6 — Тибет, 7 — Гималаи, 8 — Каракорум, 9 — Гиндукуш.

на северо-восток степенью криоаридизации — фактора, проявляющегося пространственно (вдоль рассматриваемого пояса) и во времени (от межледниковья к ледниковью) и характеризующего охлаждение территории на фоне усиления климатической континентальности. В настоящее время относительно увлажнены только хребты, еще доступные влиянию воздушных потоков с Атлантики и Западной Арктики. На юго-западной оконечности пояса выпадает 2000–2500 мм осадков, но далее к востоку их количество резко сокращается. Вдоль северного макросклона Алтае-Саянской горной страны и до Прибайкалья в высокогорье выпадает около 1000 мм влаги и 500–700 мм — в ее внутренних районах. На северо-востоке их выпадает лишь 250–400 мм в низкогорьях и 100–200 мм — в межгорных впадинах [16–19]. Среднегодовые температуры воздуха отрицательны вдоль всего пояса — от $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на Алтае до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Восточной Якутии. Как следствие, повсеместно в горах Сибири встречаются многолетнемерзлые породы (ММП) с тенденцией усиления промерзания в том же направлении: на Алтае — спорадическая и островная криолизонная, а начиная с Северной Монголии и далее на северо-восток — сплошная низкотемпературная.

Своеобразно распределены и современные ледники. Самые крупные центры оледенения приурочены к оконечностям горного пояса, где они поддерживаются более низкой температурой (Верхояно-Колымская горная страна с площадью ледников 380 км^2) или более обильными осадками (Алтай с площадью ледников около 1000 км^2). В средней части пояса, в Забайкалье, где высоты хребтов, как и в Якутии, около 3000 м, но теплее, располагаются лишь небольшие ледники общей площадью около 20 км^2 , а в Саянах, где еще теплее несмотря на высоту гор до 3500 м, такие ледники занимают около 30 км^2 .

Хотя все ледники горного пояса существенно охлаждены, период абляции на них, благодаря жаркому лету (характерная особенность Сибири), повсеместно значителен. В Восточной Якутии он составляет 50–60 дней, в Забайкалье — около двух месяцев, а в Алтае-Саянской горной стране (в зависимости от местоположения) — 75–120 дней. Большинство ледников в таких условиях существует благодаря питанию по холодному фирновому и ледяному типу, т. е. используя не столько объем аккумулируемой снежной массы, сколько накапливаемый ледниками запас холода.

Реконструкция ледниковья возможна только путем совмещения данной обстановки с похолоданиями климата. Поиск других сценариев — с активизацией циркуляции атмосферы — нецелесообразен, поскольку активная циклоническая деятельность в Сибири возможна лишь в межледниковье, когда сохраняется ледовитость Арктики, обеспечивающая зональную контрастность. При более же сильном, чем в межледниковье, потеплении климата наряду с ростом поступления в атмосферу влаги (испарение с океана) уменьшается ледовитость Заполярья, снижаются зональная контрастность и связанная с ней циклоническая деятельность. В результате у ледовых комплексов региона увеличивается абляция, но в период действия Сибирского антициклона доступ влаги к ним затруднен. С усилением потепления антициклон разрушится, однако приведет это уже к наступлению теплого и влажного климата неледниковья [20].

Сценарий наложения прогрессирующего похолодания на обстановку до- или межледниковья, вызывающего в горах Сибири усиление континентальности климата, должен включать несколько фаз криоаридизации. Вначале похолодание повлечет замерзание всей акватории Восточной Арктики, где средние летние температуры воздуха сейчас лишь несколько выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем и других арктических и субарктических морей. В результате Арктика постепенно покроется сплошным панцирем пакового льда [21], а одновременно на еще хорошо увлажненном северо-западе континента начнут формироваться, перехватывая основной поток влаги и блокируя Гольфстрим, ледниковые щиты.

На этом фоне небольшие в целом ледники в горах Сибири, реагируя на похолодание, смогут лишь постепенно, сохраняя свой горный облик, наращивать длину, поскольку даже неплохо увлажненный Западный Алтай в ходе криоаридизации быстро приобретет общие континентальные черты — не только длинную холодную зиму, но и жаркое, хоть и короткое, лето. Из-за этого ледники, начиная с Большого Саяна и далее на север, летом часто остаются бесснежными (рис. 2), функционируя за счет питания наложенным льдом (ледяной тип). В прошлом, реагируя на увеличение в них запаса холода, они перешли на ледяное питание на всем протяжении окаймляющего Сибирь горного пояса.

Данную ситуацию четко отражают южная граница ММП и ее миграция в плейстоцене. На западе Евразии она идет вдоль полярного круга, затем окаймляет бассейн нижней Оби, резко поворачивает на юг по правобережью Енисея, огибает бассейн верхней Оби, субшироко пересекает Северную Монголию и Приамурье и уходит на север вдоль тихоокеанского побережья. Горное окаймление Сибири, таким образом, оказывается полностью в пределах сибирского массива ММП с его юго-западным форпостом у его окраины. Во время похолоданий южная граница ММП также мигрировала вблизи этой окраины, так как массив ММП наращивался в основном на западе Евразии [22], где уменьшалось влияние Гольфстрима.

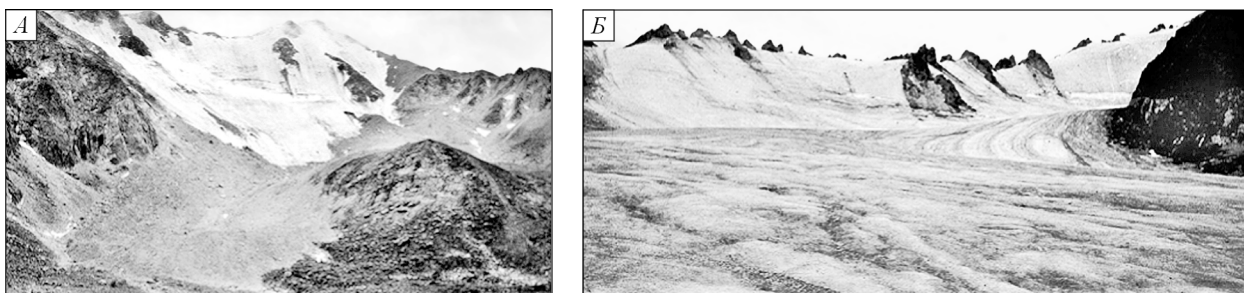


Рис. 2. Бесснежные летом ледники на склонах горы Мунку-Сардык — хр. Большой Саян (А) и в верховьях р. Сатостубут — хр. Черского, Верхояно-Колымская горная страна (Б).

Таким образом, во время плейстоценовых похолоданий климат в пределах гор, окаймляющих Сибирь, становится холодным и континентальным, и лишь на юго-западной оконечности пояса, вблизи которой смыкаются поля растепления, его суровость несколько ослабляется. Следовательно, подходить к анализу гляциальной обстановки прошлого здесь можно лишь исходя из данной ситуации, не выводя закономерности, хотя и хорошо изученного в Европе, оледенения «теплого» типа.

ОБСУЖДЕНИЕ

Оледенение в горном обрамлении Сибири, включая Прибайкалье, весьма специфично и требует особых подходов, необходимых также при сравнении хода оледенения в регионе и кривых климатических колебаний в Байкальской летописи. Ведущей ее компонентой являются флуктуации биогенного кремнезема в составе донных осадков Байкала. В этой связи возникает вопрос, как рассматривать ход этих флуктуаций: как регистратора климатических событий или как фактора, ассоциируемого непосредственно с деятельностью ледников?

Как показывает моделирование среднегодовых температур воздуха в плейстоцене [23, 24], их падение вблизи полюсов ($60-90^\circ$) было наибольшим, причем одинаковым и над поверхностью суши, и над океаном, тогда как на широтах $30-60^\circ$ оно различно — температура понижалась с расстоянием в глубь материка. Особенно заметно это в высоких широтах при формировании массивов льда главным образом в Евразии, в зоне непосредственного влияния Гольфстрима, где падение температур было максимальным. Здесь массивы льда перехватывали основную, идущую со стороны Атлантики влагу, а в глубине Сибири параллельно с их развитием зона ММП расширялась. Поэтому классические альпийские схемы развития оледенения в течение всего плейстоцена изначально находили подтверждение на северо-западе континента, но в его глубине их применение было затруднительным. К середине прошлого века появились обоснованные аргументы не только о горном характере оледенения в глубине материка, но и о его временном сдвиге на вторую половину плейстоцена [7–10].

В интерпретации Байкальской летописи при обсуждении масштабов оледенения в прошлом выдвигается тезис о соизмеримом с ним ледниковом центре в глубине Сибири [3, 11, 12]. Однако не приводится геологических свидетельств ни о его формировании, ни о механизме питания такого массива льда. Нет также разъяснений, как существование упомянутого массива можно объяснить в гляциологическом аспекте с позиций горного характера оледенения, если глобальные объемы ледникового льда фиксируются в циркумполярных шитах.

Предполагая резкий сдвиг ледниковых событий на конец плиоцена, при интерпретации данных летописи не упоминают материалы о хорошо изученных соседних с Байкалом горных сооружениях, прежде всего Алтая — наиболее благоприятного для развития ледников и гляциологически лучше изученного региона. Не затрагивается даже вопрос о том, почему здесь не фиксируются столь древние следы оледенения.

Иными словами, при обосновании предлагаемого развития гляциальных событий в публикациях прослеживаются не всегда понятное свободное оперирование исходными данными, а также определенная легкость в обращении с инструментом гляциоклиматических показателей [13, 14, 25], причем без ссылок на разработавшего его создателя сибирской гляциологической школы М. В. Тронева [26, 27].

Безусловно отраддно, что после долгого перерыва в горах Прибайкалья вновь идут натурные наблюдения с выходом на количественные оценки оледенения. Настораживает лишь, почему для расчета гляциологических показателей используются [13, 14, 25] не сибирские разработки, а эмпирические формулы, рассчитанные для обстановок, существенно отличающихся от характерных для местностей глубинной Сибири.

Целесообразно коснуться некоторых деталей предлагаемых расчетов. Так, известная формула В. Г. Ходакова—А. Н. Кренке [28] предложена для определения высоты границы питания ледников классического (со снежным питанием) типа. Однако Э. Ю. Осипов применил ее при расчете характеристик холодных сибирских ледников напрямую, без поправочных коэффициентов [25]. При всех достоинствах названной формулы она не учитывает характерное для ледников в горах Сибири питание наложенным льдом, и расчеты на ее основе без соответствующих поправок искажают реальные величины в два-три раза. Особенно это важно при изучении холодных эпох в Прибайкалье. Больше того, для получения количественных оценок плейстоценового оледенения использована известная методика Г. Е. Глазырина [29], хотя ее автор подчеркивает, что она предназначена для усреднения современных гляциоклиматических показателей в конкретном районе. В крайнем случае ее можно применять при краткосрочных (не более 100 лет от современности) расчетах, и совсем непригодна она для использования в глубоких палеогляциологических реконструкциях.

Вернувшись непосредственно к обсуждению интерпретации Байкальской летописи, следует отметить выдвинутый тезис о больших массивах льда в глубине Сибири. Существование их вполне реально, однако не как скоплений ледниковой массы, а в виде льдов криолитозоны. Свидетельства скывания огромных территорий Центральной Азии многолетней мерзлотой в прошлом в отличие от следов ледникового воздействия фиксируются повсеместно, причем именно ММП, а не ледниковые образования отражают непрерывный характер их развития в течение всего плейстоцена [22], что подтверждается ограничением размеров ледников Сибири вообще и отсутствием ледниковых покровов.

В целом, в связи с процессом прогрессирующей криоаридизации, влаги в горах Сибири хватало лишь для формирования горных ледников, которые, находясь в условиях малой увлажненности, компенсировали питание за счет наложенного льда, возникающего как результат их сильного охлаждения. Причем этот процесс налагался на ситуацию, когда горы Сибири, испытывавшие в квартере значительный рост, к концу плейстоцена достигали максимума поднятия. Именно во второй половине плейстоцена горы региона достигли достаточной высоты, чтобы существенно проникнуть в хиносферу и в сочетании с усиливающимся похолоданием климата обусловить формирование ледников на их склонах. Для более ранних холодных эпох конца плиоцена—начала плейстоцена развитие ММП подтверждается, но свидетельств ледникового воздействия не обнаружено.

В Прибайкалье, с его резко континентальным климатом, сегодня имеются лишь небольшие холодные ледники, существующие в обстановке высокогорья с высокой степенью криоаридизации и такими ее характерными индикаторами, как повторно-жильные льды (ПЖЛ) и многолетние наледи. По всем показателям здесь и в плейстоцене могли существовать только типичные для гор Сибири холодные гляциальные системы. Однако охлаждение шло постепенно, и, начавшись в плиоцене на северо-востоке Сибири, волна холода, распространяясь на юг, обеспечивала вначале развитие явлений только в южной зоне ММП. Первые в Прибайкалье псевдоморфозы по ПЖЛ, фиксируя усиление криоаридизации, обнаруживаются только в среднеплейстоценовых слоях [30], тогда как происхождение системы ПЖЛ на северо-востоке Сибири смещено в глубь многих тысячелетий [31, 32]. Следовательно, степень охлаждения, достаточная для ощутимого развития ледников на склонах гор, была достигнута не ранее середины плейстоцена.

Отражая криоаридизацию обстановок, гляциальные системы в горах Сибири на протяжении всего плейстоцена включали большой объем разнообразных льдов криогенного генезиса. Их современным аналогом (по составу естественно, так как по размерам ледовых тел они отличаются) для основной части рассматриваемых горных сооружений служат не циркумполярные ледниковые щиты, а гляциальные комплексы глубоко замороженного высокогорья Восточной Якутии (рис. 3). Исходя из этих данных, вывод о крупном оледенении уже 2,4 млн л. н. и периодическом продвижении к Байкалу ледников до эпохи Брюнес нуждается или в пересмотре, или в обоснованном подтверждении фактическим материалом.

Таким образом, важность Байкальской летописи неоспорима. Тем не менее, проведенный анализ не позволяет выделить Прибайкалье в особый гляциологический район, где ход оледенения резко выделялся бы среди других сооружений горного пояса, окаймляющего Сибирь.

Индикатором холодных эпох в байкальских осадках служат глины с примесью алеврита и более крупнозернистых включений. Глины считаются результатом осадконакопления в режиме приледникового озера [1–4], и все их слои, начиная с позднего плиоцена, коррелируются с оледенениями. Главный аргумент сводится к тому, что глины сартанского (MIS 2) криохрона накапливались в период, для которого наличие древних ледников в горном обрамлении Байкала твердо установлено. При этом включения в глинах крупнозернистого материала однозначно считаются следами айсбергового разноса. В свете современных знаний о криологии региона такой аргументации явно недостаточно, к тому же далеко неясно, насколько эти глины характеризуют именно приледниковые условия.

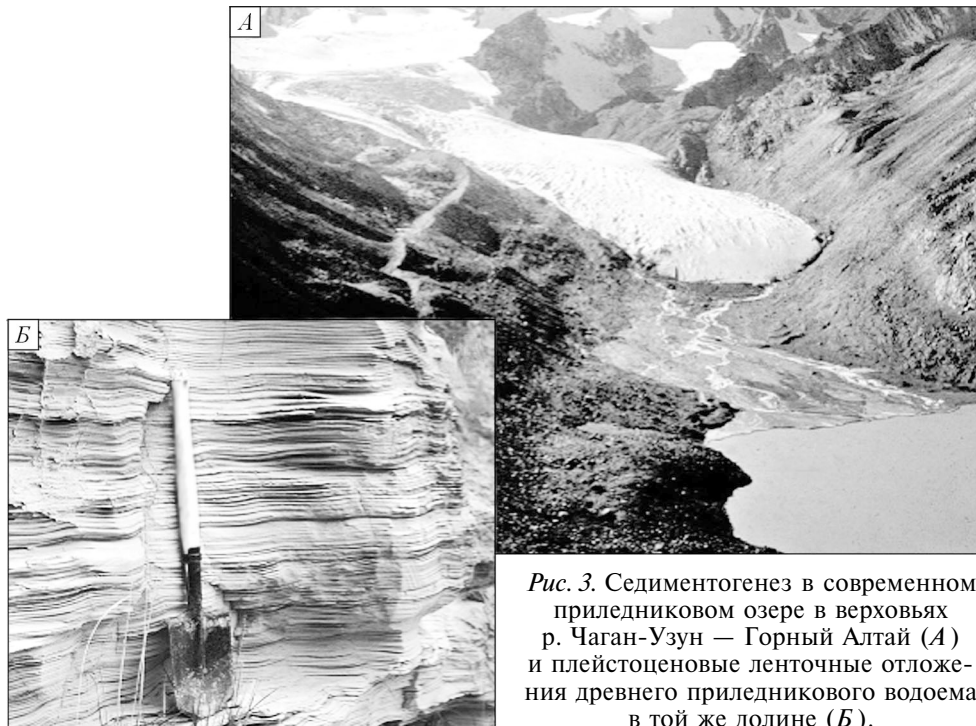


Рис. 3. Седиментогенез в современном приледниковом озере в верховьях р. Чаган-Узун — Горный Алтай (А) и плейстоценовые ленточные отложения древнего приледникового водоема в той же долине (Б).

Во-первых, тонкослойные глины горных озер — результат, как правило, накопления осадка в застойных условиях, а в приледниковых водоемах, в том числе и в горах Сибири, наблюдается иное строение отложений [33, 34]. Дело в том, что приносимый ледниково-речными потоками крупный материал (гравий, галька) осаждается в прибрежной зоне озера и в его донной фации не обнаруживается. Исключение составляет вынос водотоками в ледоход вмерзшего в лед материала, с чем скорее всего и связано появление грубодисперсных отложений в слоях байкальских глин, поскольку в случае выхода перенасыщенных мореной ледников в воду айсберговый разнос обеспечит широкое распространение не только мелкозема, но и валунно-галечного материала, включая крупные дробстоуны.

Кроме того, летом материал, наиболее разносимый по акватории приледниковых озер, обычно песчаный, а зимой, когда сток с ледников резко сокращается, — наиболее тонкий, супесчаный. В результате типичной для осадков на основной части дна приледникового озера становится ленточная текстура с четким выделением летних и зимних слоев и характерной для данных условий годичной мощностью около сантиметра (рис. 4). Что касается выносимой тальми потоками пелитовой фракции, т. е. ледниковой муки из морен, она в осадках приледникового озера обычно не доминирует и в случае его проточности уносится. Весь этот тонкий материал не уносится даже р. Ангарой, в

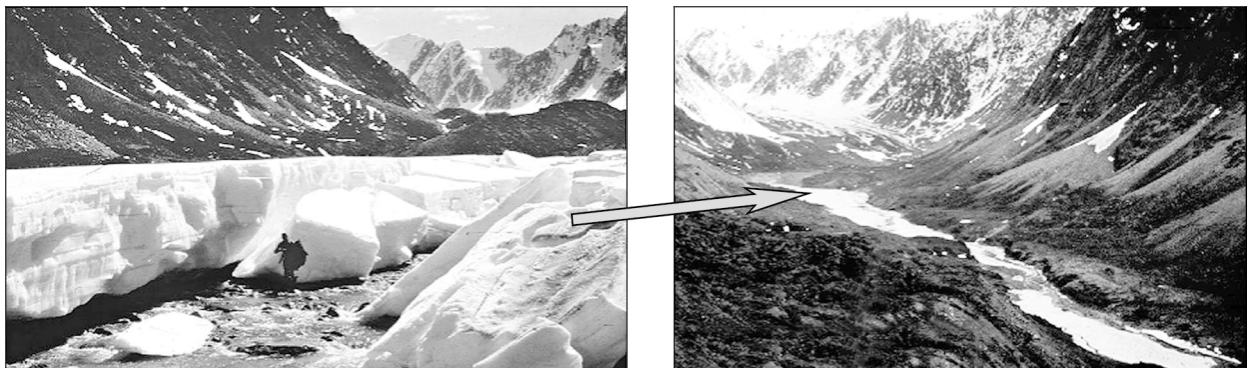


Рис. 4. Гляциальный комплекс в верховьях р. Люнкиде — хр. Черского, Верхояно-Колымская горная страна. На заднем плане ледник Обручева, на переднем — крупная многолетняя приледниковая наледь.

любом случае он должен быть в едином литогенетическом ряду морена–флювиогляциал–лимногляциал и входить в состав отмеченных выше ленточных текстур.

Во-вторых, отмечается, что «...глины сложены очень тонким пелитовым материалом... Частицы имеют остроугольный обломочный вид. Химический и минералогический анализы глин показывают, что их состав очень близок к составу горных пород, окружающих озеро... Фактически эти отложения можно назвать глинами только из-за очень мелкого размера частиц. На самом деле они сложены в основном продуктами физического разрушения горных пород» [4, с. 52]. Следовательно, это ледниковый детрит, т. е. ледниковая мука, однако продуцирование подобного пелита в условиях криохрона — характерный на юге Сибири результат повторяемости промерзания или протаивания отложений на склонах. Это типичные для региона криогенно-элювиальные осадки холодных эпох. Им соответствуют приведенные характеристики, и в ледниковые эти осадки вполне могли приноситься в озеро с поверхностным смывом. Кроме того, похолодание в регионе — фактор инсоляции, на него геологически мгновенно реагируют и промерзание пород, и содержание в осадках биогенного кремнезема. Ход обеих компонент практически совпадает, тогда как рост оледенения требует времени и, повторяя инсоляционную кривую, его влияние на озерный седиментогенез должно запаздывать по крайней мере на тысячи лет.

В-третьих, в межгорных впадинах соседнего с Байкалом Алтая, где находятся наиболее репрезентативные для горных районов юга и востока Сибири разрезы ледниковых отложений, молодые позднеплейстоценовые (изредка среднеплейстоценовые) морены лежат непосредственно на доледниковых отложениях. В менее благоприятных гляциологических условиях Прибайкалья ситуация просто не могла принципиально отличаться от этой.

Таким образом, как свидетельствует приведенный материал, динамика оледенения в пределах окаймляющего Сибирь горного пояса связана с изменениями климата, определяемыми внутриматериковым положением региона. Оледенение было горным и в наибольшей степени зависело от колебаний инсоляции. Проведенный анализ не позволяет выделить Прибайкалье в особый гляциологический район, где формирование природных льдов могло резко отличаться от его хода в других частях окаймляющего Сибирь горного пояса.

Следы крупного наступания ледников отчетливо фиксируются в горах Сибири, начиная с середины эпохи Брюнес, когда на фоне прогрессирующего похолодания высота горных хребтов становилась достаточной для существенного проникновения в хиносферу. Прямых геологических свидетельств более ранних ледниковых экспансий, иногда предполагаемых с учетом холодных эпох Байкальской летописи (даже в конце плейстоцена), в горах Сибири не выявлено.

В любом случае следует признать, что криоаридизация характеризует охлаждение территории на фоне усиления климатической континентальности. С этим связано оледенение в горах Сибири в течение всего плейстоцена, включая современность. Следует подчеркнуть, что необъективный учет этого фактора, определяющего своеобразие оледенения в горах Сибири, мешает достоверно оценивать события и приводит к их существенным искажениям при различных палеогеографических реконструкциях. При всей важности Байкальской летописи использовать ее можно только как палеоклиматическую запись хода инсоляционной кривой, но не как прямую фиксацию ледниковых и межледниковых событий, хотя корреляция этих событий с летописью возможна. Поэтому вопрос сопоставления геологических свидетельств, фиксируемых деятельностью ледников и отражаемых в летописи, пока окончательно не решен. Ответ сможет дать лишь временная привязка морфо- и литокомплексов к установленному ледниковому генезису, тем более что современные методы хронометрии позволяют создать для этого надежную базу на основе перехода от единичного к серийному определению возраста пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин М. И., Карабанов Е. Б., Каван Т. и др. Глубоководное бурение на Байкале — основные результаты // Геол. и геофиз. — 2001. — Т. 42.
2. Кузьмин М. И., Ярмолюк В. В. Горообразующие процессы и вариации климата в истории Земли // Геол. и геофиз. — 2006. — Т. 47.
3. Карабанов Е. Б., Прокопенко А. А., Кузьмин М. И. и др. Оледенения и межледниковья Сибири — палеоклиматическая запись из озера Байкал и ее корреляция с западно-сибирской стратиграфией // Геол. и геофиз. — 2001. — Т. 42.
4. Karabanov E. B., Prokopenko A. A., Williams D. F., Colman S. M. Evidence from Lake Baikal for Siberian glaciation during oxygen-isotope substage 5d // Quaternary Res. — 1998. — № 50.

5. **Imbrie J., Hays J. D., Martinson D. G. et al.** The orbital theory of Pleistocene climate: Support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record // *Milankovich and Climate*. — Boston, 1984. — Pt 1.
6. **Сакс В. Н.** Четвертичный период в Советской Арктике. — М.; Л.: Гидрометеоздат, 1953.
7. **Кинд Н. В., Колпаков В. В., Сулержицкий Л. Д.** О возрасте оледенений Верхоянья // *Изв. АН СССР, сер. геол.* — 1971. — Вып. 10.
8. **Шейнкман В. С.** Особенности верхнеплейстоценового оледенения Верхояно-Колымской горной страны // *Матер. гляциол. исследований*. — 1978. — № 34.
9. **Шейнкман В. С.** О характере древнего оледенения в горах Сибири // *Изв. РГО*. — 1992. — Т. 124, вып. 2.
10. **Заморуев В. В.** Об основных вопросах четвертичного оледенения горных стран // *География и природ. ресурсы*. — 1995. — № 4.
11. **Прокопенко А. А., Карабанов Е. Б., Кузьмин М. И., Вильямс Д. Ф.** Причины раннего оледенения Сибири при переходе от казанцевского оптимума к зырянскому ледниковому периоду // *Геол. и геофиз.* — 2001. — Т. 42.
12. **Prokopenko A. A., Karabanov E. B., Williams D. F. et al.** Biogenic silica record of the Lake Baikal response to climatic forcing during the Brunhes // *Quaternary Res.* — 2001. — № 55.
13. **Осипов Э. Ю., Грачев М. А., Хлыстов О. М. и др.** Палеогляциологическая реконструкция максимума последнего плейстоценового оледенения северной части Баргузинского хребта // *Матер. гляциол. исследований*. — 2003. — № 95.
14. **Osipov E. Y.** Equilibrium-line altitudes on reconstructed LGM glaciers of the northwest Barguzinsky Ridge, Northern Baikal, Russia // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* — 2004. — № 209.
15. **Sheinkman V. S.** Quaternary Glaciation in the High Mountains of Central and North-east Asia // *Quaternary Glaciations-Extent and Chronology*. — 2004. — Pt 3.
16. **Ревякин В. С.** Природные льды Алтае-Саянской горной страны. — Л.: Гидрометеоздат, 1981.
17. **Шейнкман В. С.** Гляциология и палеогляциология горной системы Черского и сопредельных районов Северо-Востока СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1987.
18. **Корейша М. М.** Оледенение Верхояно-Колымской области. — М.: Изд-во РАН, 1991.
19. **Севастьянов В. В.** Климат высокогорных районов Алтая и Саян. — Томск, 1998.
20. **Величко А. А., Борисова О. К., Зеликсон Э. М.** Парадоксы последнего межледниковья // *Пути эволюционной географии (итоги и перспективы)*. — М., 2002.
21. **Томирдиаро С. В.** Оледенение Арктического бассейна в плейстоцене и его связь с наземным оледенением суши // *Гляциологические исследования в полярных странах*. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — Т. 294.
22. **Лисицына О. М.** Хронология криогенных событий на земле в позднем кайнозое // *Материалы Второй конференции геокриологов России*. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. — Т. 3.
23. **Kutzbach J., Gallimore R., Harrison S. et al.** Climate and biome simulations for the past 21,000 years // *Quaternary Sci. Rev.* — 1998. — № 17 (6/7).
24. **Manabe S., Broccoli A.** A comparison of climate model sensitivity with data from the last glacial maximum // *Journ. of Atmos. Sci.* — 1985. — № 42.
25. **Осипов Э. Ю.** Реконструкция оледенения последнего ледникового максимума плейстоцена на северо-западе Баргузинского хребта (Северное Прибайкалье): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 2003.
26. **Тронов М. В.** Факторы оледенения и развития ледников. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972.
27. **Тронов М. В.** Проблема гляциоклиматических показателей. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1978.
28. **Ходаков В. Г.** Водно-ледниковый баланс районов современного и древнего оледенения СССР. — М.: Наука, 1978.
29. **Глазырин Г. Е.** Горные ледниковые системы, их структура и эволюция. — Л.: Гидрометеоздат, 1981.
30. **Слагода Е. А., Медведев Г. И.** Палеокриогенные образования, стратиграфия, георхеология четвертичных отложений Байкальской Сибири // *Криосфера Земли*. — 2004. — Т. 8, № 1.
31. **Васильчук Ю. К., Котляков В. М.** Основы изотопной геокриологии и гляциологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000.
32. **Meyer H., Dereviagin A., Siebert C. et al.** Palaeoclimate Reconstruction on Big Lyakhovsky Island, North Siberia — Hydrogen and Oxygen Isotopes in Ice Wedges // *Permafrost and Periglacial Process*. — 2002. — № 13.
33. **Волков И. А.** Ледниково-подпрудные озерные бассейны // *Палеогеография Западно-Сибирской равнины*. — Новосибирск: Наука, 1980.
34. **Шейнкман В. С.** Гляциогенные подпрудные озера в горах Сибири: причины и факторы возникновения и развития // *Матер. гляциол. исследований*. — 1997. — № 82.